# ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

**IX Национальная научно-практическая конференция, посвященная 55-летию КГЭУ (Казань, 7-8 декабря 2023 г.)**

**МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ**



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»

# ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

IX Национальная научно-практическая конференция,
посвященная 55-летию КГЭУ
(Казань, 7–8 декабря 2023 г.)

Электронный сборник материалов конференции

Казань
2024

УДК 621.313
ББК 31.261
П75

Рецензенты:
д-р техн. наук, зав. кафедрой электропривода и электротехники
ФГБОУ ВО «КНИТУ» В. Г. Макаров
канд. техн. наук, зав. кафедрой электроэнергетических систем и сетей
ФГБОУ ВО «КГЭУ» В. В. Максимов

П75 **Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве :** материалы IX Национальной научно-практической конференции (Казань, 7–8 декабря 2023 г.) / редколлегия : Э. Ю. Абдуллазянов (главный редактор), И. Г. Ахметова, О. В. Козелков, О. В. Цветкова. – Казань : КГЭУ, 2024. – 976 с.

ISBN 978-5-89873-662-0
Электронный сборник материалов конференции

Опубликованы материалы IX Национальной научно-практической конференции «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве» по следующим научным направлениям:

1. Приборостроение и управление объектами мехатронных и робототехнических систем в ТЭК и ЖКХ.
2. Электроэнергетика, электротехника и автоматизированный электропривод в ТЭК и ЖКХ.
3. Инновационные технологии в ТЭК и ЖКХ.
4. Актуальные вопросы инженерного образования.
5. Промышленная электроника на объектах ЖКХ и промышленности.
6. Светотехника.
7. Энергосберегающие технологии в сфере ЖКХ.
8. Эксплуатация и перспективы развития электроэнергетических систем. Контроль, автоматизация и диагностика электроустановок, электрических станций и подстанций.
9. Теплоснабжение в ЖКХ.

Предназначен для научных работников, аспирантов и специалистов, работающих в сфере энергетики, а также для обучающихся энергетического профиля.

Материалы докладов публикуются в авторской редакции. Ответственность за их содержание возлагается на авторов.

УДК 621.313
ББК 31.261

ISBN 978-5-89873-662-0 © КГЭУ, 2024

# Направление 1. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТАМИ МЕХАТРОННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ТЭК И ЖКХ

УДК 62-503.54

## РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО БЕЗЭКИПАЖНОГО КАТЕРА – ИННОВАЦИИ НА СЛУЖБЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ

Абдурасулов Шокирбек Абдумуталибович[1], Корнилов Владимир Юрьевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]shokirabdurasulov382@gmail.com

За последние годы технологии в области судостроения значительно продвинулись вперед, и одной из самых перспективных разработок является создание безэкипажных катеров. Эти суда предназначены для выполнения различных функций и задач, обеспечивая безопасность, эффективность и экономию ресурсов. В данной статье мы рассмотрим основные этапы разработки многофункционального безэкипажного катера и его преимущества перед традиционными судами. Разработка многофункционального безэкипажного катера представляет собой перспективное направление в судостроении, которое позволяет создавать суда, способные выполнять различные функции и задачи с высокой эффективностью и безопасностью.

**Ключевые слова:** безэкипажный катер, ресурсы, этапы разработки, судна.

## DEVELOPMENT OF A MULTIFUNCTIONAL UNMANNED BOAT – INNOVATIONS IN THE SERVICE OF SAFETY AND EFFICIENCY

Abdurasulov Shokirbek Abdumutalibovich[1], Kornilov Vladimir Yurievich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]shokirabdurasulov382@gmail.com

In recent years, technologies in the field of shipbuilding have made significant progress, and one of the most promising developments is the creation of unmanned boats. These vessels are designed to perform various functions and tasks, ensuring safety, efficiency and resource savings. In this article, we will consider the main stages of the development of a multifunctional unmanned boat and its advantages over traditional vessels. The development of a multifunctional unmanned boat is a promising direction in shipbuilding, which allows you to create vessels capable of performing various functions and tasks with high efficiency and safety.

**Keywords:** Unmanned boat; resources; stages of development; vessels.

**Определение функций и задач.** На первом этапе разработки безэкипажного судна необходимо определить его функции и задачи. Это может быть патрулирование водных территорий, перевозка грузов, проведение спасательных операций и многое другое. Исходя из этого, разрабатывается техническое задание для катера, а также определяется набор оборудования и систем, которые будут установлены на судне.

**Проектирование и строительство.** Проектирование безэкипажного катера включает в себя разработку его конструкции, определение основных характеристик судна, таких как скорость, маневренность, автономность и т. д. Строительство катера осуществляется с использованием современных материалов и технологий, что позволяет создать судно, устойчивое к воздействию внешних факторов и обладающее высокой надежностью.

**Оборудование и системы управления.** Для обеспечения выполнения функций и задач безэкипажный катер оснащается соответствующим оборудованием и системами:

– системы навигации и связи, обеспечивающие точное определение местоположения судна и передачу информации на удаленный пункт управления;

– средства обнаружения объектов, позволяющие обнаруживать различные объекты, такие как корабли, лодки или подводные объекты;

– автоматические системы управления, которые обеспечивают выполнение команд, поступающих от пункта управления, и выполнение задач без участия экипажа.

**Удаленное управление и контроль.** Одним из ключевых аспектов разработки безэкипажного катера является создание системы удаленного управления и контроля. Эта система позволяет оператору на удаленном пункте управления контролировать работу судна, изменять его маршрут, выполнять различные задачи и получать информацию о состоянии катера.

**Интеграция с другими системами и устройствами.** Безэкипажные катера могут быть интегрированы с другими системами и устройствами, такими как беспилотные летательные аппараты, системы мониторинга окружающей среды и т.п. Это позволяет повысить эффективность работы судна и расширить его функциональные возможности.

## Источники

1. Пинский А.С. Е-навигация и безэкипажное судовождение // Транспорт Российской Федерации. 2016. Вып. 65. С. 50–54.

2. Справочник по катерам, лодкам и моторам / под общ. ред. Г.М. Новака. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Судостроение, 1982. С. 5–106, 129–134.

3. Хейфец Л.Л. Гребные винты для катеров. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Судостроение, 1980. С. 85–107.

УДК 621.317.7

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ И ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯТОРОВ

Абдурашитов Самир Фуадович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
abdurashitov.samir@gmail.com

В данной статье предлагается использовать метод свободных колебаний с применением лазерных технологий для определения технического состояния изоляторов. Этот метод позволяет дистанционно возбуждать и измерять характеристики затухающих свободных колебаний изделий, анализировать их изменения зависимости от состояния изделия. Результаты исследований подтверждают, что метод свободных колебаний эффективен в обнаружении дефектов изоляторов и определении их состояния. В статье также обсуждаются потенциальные области применения этого метода в электроэнергетических системах и его вклад в повышение надежности и безопасности.

**Ключевые слова:** диагностика изоляторов, свободные колебания, лазерные технологии, анализ данных, дефекты, состояние изоляторов, надежность, безопасность.

# UTILIZING LASER TECHNOLOGIES BASED ON FREE VIBRATION METHOD FOR DIAGNOSING THE TECHNICAL CONDITION OF INSULATORS: DEFECT DETECTION AND ENHANCING RELIABILITY OF POWER SYSTEMS

Abdurashitov Samir Fuadovich
KSPEU, Kazan
abdurashitov.samir@gmail.com

The article proposes the utilization of the free vibration method with the application of laser technologies for determining the technical condition of insulators. This method enables remote excitation and measurement of the characteristics of damping free vibrations, as well as analysis of their state. The research results confirm the effectiveness of the free vibration method in detecting insulator defects and determining their condition. The article also discusses potential areas of application of this method in power systems and its contribution to enhancing reliability and safety.

**Keywords:** Insulator diagnostics, free vibrations, laser technologies, data analysis, defects, insulator condition, reliability, safety.

Изоляторы в электрических системах играют важную роль в обеспечении безопасности и надежности работы оборудования. Они предназначены для разделения проводов и обеспечивают изоляцию от токов высокого напряжения. Однако, как и любая техническая система, изоляторы могут быть подвержены дефектам и выходить из строя.

Когда изолятор считается дефектным, то требуется его замена или ремонт. Это важно для предотвращения аварийных ситуаций, происходящих из-за неправильной работы изоляторов. Проверка технического состояния изоляторов является неотъемлемой частью регулярного обслуживания электрических систем и способствует обеспечению их безопасной и надежной работы [1].

Для обнаружения дефектов и оценки технического состояния изоляторов применяются различные методы, основанные на различных физических принципах и технологиях. Одним наиболее точных, чувствительных и объективных методов контроля технического состояния изоляторов является метод свободных колебаний. Однако он имеет ряд нерешенных проблем, одними из которых являются необходимость обеспечение нормированного механического удара, обеспечение доступности для нанесения удара, снятие характеристик свободных колебаний на значительных расстояниях. Эти проблемы решаются при использовании лазерных технологий [2].

В ходе разработки метода свободных колебаний с применением лазерных технологий предусматривается создание комплекса для лазерной диагностики. Данный комплекс будет служить для генерации и регистрации свободных колебаний. Также будет разработан соответствующий алгоритм и программное обеспечение, которые позволят анализировать полученные измерения и принимать решения на основе полученных результатов о техническом состоянии изолятора [3].

Методика проведения измерений разрабатывается с учетом особенностей лазерно-диагностического комплекса и целей диагностики. Эта методика определит последовательность шагов и параметры измерений, необходимые для получения достоверных результатов. Она также будет включать выбор оптимальных параметров для лазерного возбуждения, методы регистрации колебаний и обработки результатов испытаний [4].

После проведения измерений будет осуществляться обработка результатов, включающая анализ полученных данных, сравнение их с эталонными значениями и оценку технического состояния объектов. Результаты обработки могут быть представлены в виде отчетов или графических визуализаций, упрощающих восприятие информации и принятие решений.

Отличительной особенностью предлагаемого метода является дистанционное возбуждение колебания лазерным импульсом и дистанционный прием колебаний лазерным виброметром. Комбинированное применение лазерных приборов для возбуждения и приема колебаний позволит:

– контролировать техническое состояние всех типов изоляторов в рабочем режиме без отключения напряжения, не зависимо от места расположения;

– получить нормированный по силе источник для возбуждения свободных колебаний, позволяющий сканировать точки удара по поверхности объекта исследований;

– дистанционно осуществлять возбуждение и прием свободных колебаний;

– проводить контроль технического состояния в автоматизированном режиме.

Применять IT технологии для принятия решений о техническом состоянии изделия и делать прогноз его состояния.

Таким образом, разрабатываемый метод свободных колебаний с использованием лазерных технологий будет включать комплексное решение, состоящее из лазерно-диагностического комплекса, алгоритмов и программного обеспечения, методики проведения измерений и обработки результатов [5, 6].

Использование метода свободных колебаний с лазерными технологиями позволит обеспечить безопасность работ на подключенном оборудовании, сокращение времени диагностики и принятия решений о состоянии изоляторов, а также расширяет применимость данного метола для других электротехнических изделий электроэнергетического комплекса [7].

## Источники

1. Ившин И.В., Гимадеев Р.А., Билалов Ф.Ф. Применение лазерных виброметров для контроля технического состояния стержневых опорных изоляторов // Сб. матер. Докл. Нац. конгресса по энергетике. Казань, 2014. С. 193–200.

2. Исследование влияния дефектов на собственные частоты колебаний деталей энергетических установок / И.В. Ившин [и др.] // Известие вузов. Проблемы энергетики. 2015. № 5-6. С. 66–74

3. The analysis of frequencies of own insulators fluctuations for the solution of a problem of their control / I.V. Ivshin [et al.] // Procedia Engineering. 2016. Vol. 150. Pp. 2334–2339.

4. Измерительно-диагностический комплекс для контроля технического состояния электротехнического оборудования / И.В. Ившин [и др.] // Электрика. 2015. № 6. С. 18–25.

5. Басенко В.Р., Галиев Р.Р. Измерительно-диагностический комплекс для бесконтактного контроля технического состояния трансформаторного оборудования // Тинчуринские чтения: матер. XIV Междунар. молод. конф.: в 3 т. / под общ. ред. Э.Ю. Абдуллазянова. Казань, 2019. Т. 1, ч. 1. С. 182–187

6. Диагностика трансформаторов электротехнических комплексов с использованием бесконтактных лазерных виброметров / В.Р. Басенко [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 5. С. 97–109.

7. Низамиев М.Ф., Ившин И.В. Контроль технического состояния электротехнического оборудования // Энергетическая безопасность: сб. науч. ст. III Междунар. конгресса. Курск, 2020. С. 297–300.

УДК 543.632.9

# РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ПРОТОЧНОГО ПМР-АНАЛИЗАТОРА

Арсланов Амир Динарович[1], Козелков Олег Владимирович[2],
Кашаев Рустем Султанхамитович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]arslanovad97@gmail.com, [2]ok.1972@list.ru, [3]kashaev2007@yandex.ru

В данной работе рассмотрена специализированная программа управления и контроля проточного ПМР-анализатора. Данная программа предназначена для обработки и визуализации данных о параметрах нефти, исследуемой с помощью протонного магнитного резонанса. Также данное программное обеспечение позволяет управлять системой пробоотбора, использующей микроконтроллер.

**Ключевые слова:** ПМР-метод, нефтяная промышленность, новые технологии, цифровые месторождения, обработка данных, автоматизация нефтепромыслов.

# DEVELOPMENT OF A CONTROL AND CONTROL SYSTEM FOR A FLOW PMR ANALYZER

Arslanov Amir Dinarovich[1], Kozelkov Oleg Vladimirovich[2],
Kashaev Rustem Sultankhamitovich[3]
[1,2,3]KSPEU, Kazan
[1]arslanovad97@gmail.com, [2]ok.1972@list.ru, [3]kashaev2007@yandex.ru

This paper discusses a specialized program for controlling and monitoring a flow-through PMR-analyzer. This program is developed for processing and visualizing data on oil resources recorded using proton magnetic resonance. Also, this software allows to control system of oil sampling using a microcontroller.

**Keywords:** PMR method, oil industry, new technologies, digital fields, data processing, oil field automation.

В настоящее время экономика России переходит на цифровой путь развития. В свою очередь это также затрагивает нефтяную промышленность, что актуализирует создание новых производственных технологий, одной из которых является «цифровое месторождение нефти». Эксплуатация данного типа скважин приводит к снижению капитальных затрат и минимизации воздействия на окружающую среду [1]. Однако в настоящее время отечественные месторождения не соответствуют требованиям методического обеспечения и приборно-программного оснащения необходимого для «умных цифровых месторождений»,

что приводит к необходимости усовершенствования технологий на цифровом нефтепромысле. Особенно актуальной является разработка экспресс-методов анализа нефти.

Для осуществления проточного экспресс контроля достаточными возможностями обладает неразрушающий метод ядерного протонного магнитного резонанса (ПМР), что позволяет получить характеристики жидкости, в скважине используя ряд ПМР-параметров [2].

На основе данного метода, учеными из ФГБОУ ВО «КГЭУ» был разработан приборно-программный комплекс осуществляющий проточный экспресс контроль характеристик скважинной жидкости (рис. 1) [3].

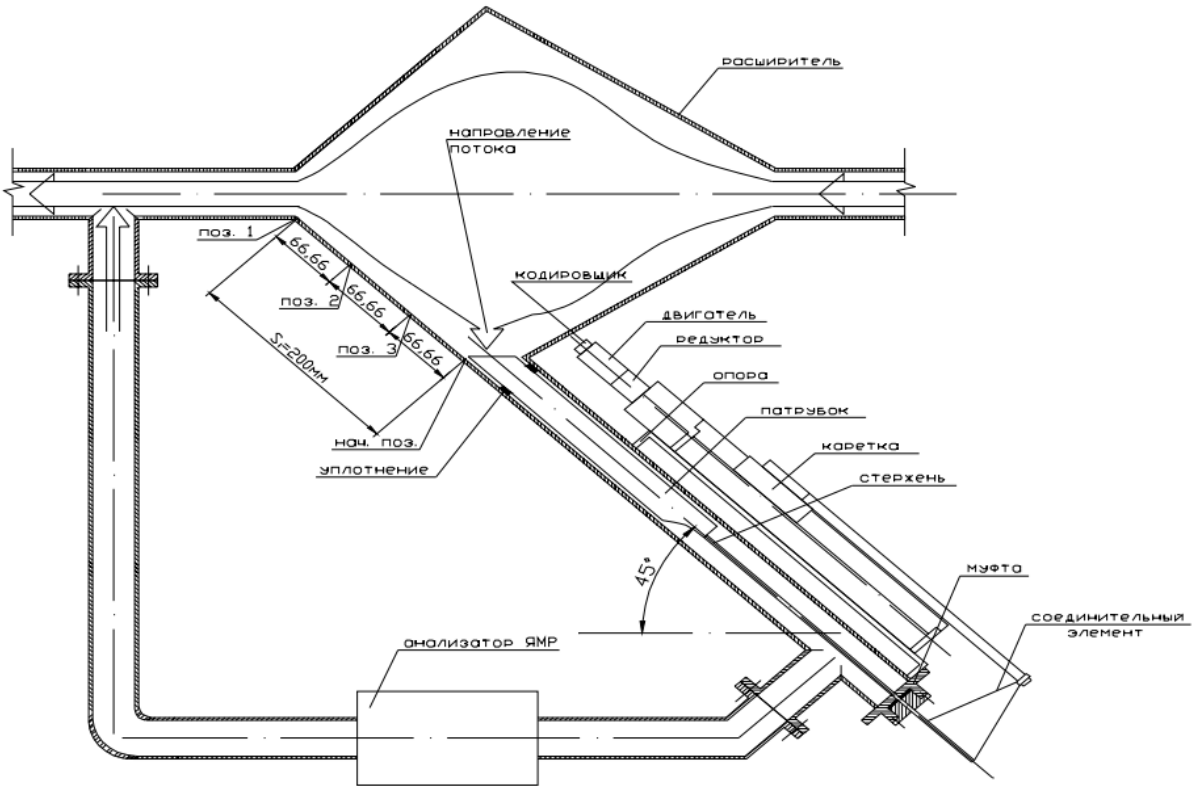



Рис. 1. Система пробоотбора и анализа параметров проточной жидкости методом ПМР-релаксометрии

Устройство позволяет брать пробы нефти и исследовать их с помощью протонно-магнитной релаксометрии. ПМР-параметры сначала передаются на персональный компьютер, а затем обрабатываются вручную, для получения характеристик нефти.

В настоящий момент для автоматизации обработки полученных данных ведется разработка компьютерного приложения, позволяющего также осуществлять и визуализацию полученных данных. Блок схема работы программы представлена на рисунке (рис. 2).

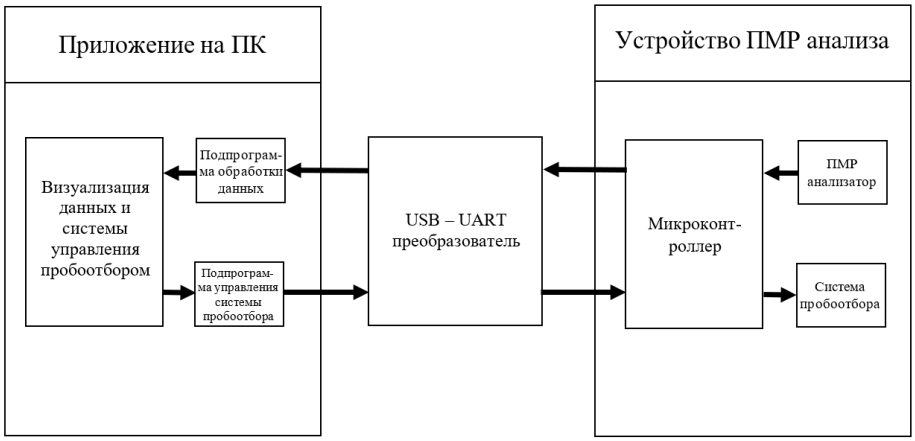



Рис. 2. Блок схема работы программы визуализации

Данные, полученные с ПМР анализатора (ПМР – параметры проб нефти), передаются на микроконтроллер (МК), где при помощи преобразователя направляются на ПК. Данные поступают в подпрограмму обработки данных. Здесь, по известным формулам, происходит их преобразование, в различные характеристики нефти. Далее данные визуализируются. Также программа позволит управлять пробоотбором, осуществляя управление механической частью системы, с помощью микроконтроллера.

## Источники

1. Технологии экспресс-контроля и очистки нефти от примесей в мехатронной установке с управлением от приборно-программного комплекса на базе ПМР-релаксометрии / О.В. Козелков [и др.] // Химическая технология. 2022. Т. 23, № 3. С. 131–137.

2. Козелков О.В. Методы и средства экспресс-контроля характеристик скважинной жидкости и нефти на базе протонной магнитной резонансной релаксометрии: автореферат дис. ... д-ра техн. наук. Казань, 2021. 40 с.

3. Киен Н.Т., Кашаев Р.С. Стенд ПМР-анализатора для измерения вязкости и состава многокомпонентных жидкостей методом ПМР-релаксометрии // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 2. С. 108–116.

УДК 621.396

# СИСТЕМА ЗАЩИТЫ И МОНИТОРИНГА ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Баиуа Даниэль Лелу[1], Кашаев Рустем Султанхамитович[2], Тарасов Илья Олегович[3]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]danielbaiua@gmail.com, [2]kashaev2007@yandex.ru, [3]ilya125490@gmail.com

В статье рассмотрена система защиты и мониторинга переменного напряжения на базе Arduino выполняющая функцию защиты от пониженного и повышенного напряжения в сети.

**Ключевые слова:** напряжение, мониторинг, перенапряжение, пониженное напряжение, повышенное напряжение, аналоговый

# AC VOLTAGE PROTECTION AND MONITORING SYSTEM

Baiua Daniel Lelo[1], Kashaev Rustem Sultankhamitovich[2], Tarasov Ilya Olegovich[3]
KSPEU, Kazan
[1]danielbaiua@gmail.com, [2]kashaev2007@yandex.ru, [3]ilya125490@gmail.com

The article considers the system of protection and monitoring of alternating voltage on the basis of Arduino, which performs the function of protection from undervoltage and overvoltage in the network.

**Keywords:** voltage, monitoring, overvoltage, under voltage, overvoltage, analog.

Для создания схемы был использован датчик напряжения ZMPT101B для измерения переменного напряжения и Arduino в качестве управляющего микроконтроллера, в случае обнаружения пониженного и повышенного напряжения на реле, вся система автоматически отключается в целях сохранения ее целостности. Когда значение напряжения возвращается в норму система запускается обратно.

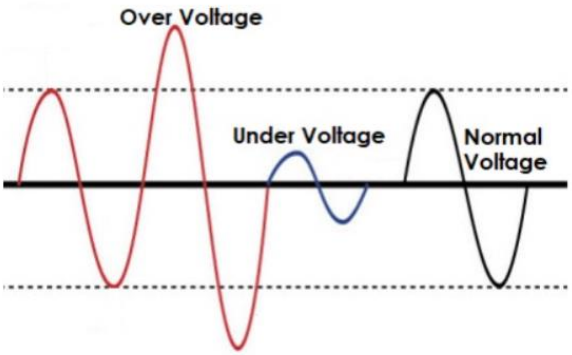



Рис. 1. Повышенное и пониженное напряжение

Перенапряжения – это напряжения, которые превышают нормальные или номинальные значения и повреждают изоляцию электроприборов, что приводит к коротким замыканиям. По сути, это означает, что напряжение питания выше номинального на десять процентов. перенапряжения может быть временным (скачок напряжения) или постоянным, приводящим к скачку напряжения, в зависимости от продолжительности события [1].

Пониженное напряжение возникает, когда среднее напряжение устройства ниже номинального напряжения. Частое понижение напряжения может привести к ухудшению надежности и производительности оборудования [2].

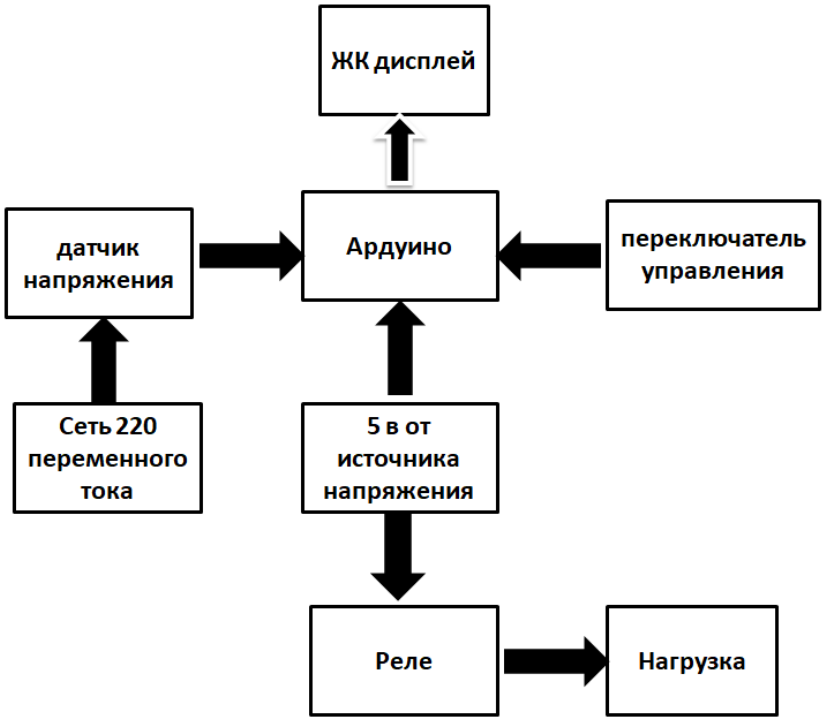



Рис. 2. Блок-схема

В схеме использован ЖК-дисплей 16×2 для отображения значения напряжения, а также условий пониженного, нормального и повышенного напряжения. Если напряжение находится в пределах 220–190 В, на ЖК-дисплее отображается «Нормальное напряжение». Всякий раз, когда напряжение превышает 220 В, возникает состояние перенапряжения, и реле отключает все электроприборы. На ЖК-дисплее отобразится сообщение «перенапряжение», аналогично в случае с пониженным, но сообщение уже выводится «пониженное напряжение».

**Расчет времени отключения [3].** Время отключения рассчитывается по формуле:

$$T = \frac{t}{V/V_S - 1},$$

где $T$ – время отключения; $t$ – множитель времени; $V$ – напряжение на $A_0$; $V_S$ – напряжение источника.

## Источники

1. Monitoring of Industrial Electrical Equipment using IoT / Marcos Aurélio Fabrício [et al.] // IEEE Latin America Transactions. 2020. Vol. 18, Iss. 8. Pp. 1425–1432.

2. Arduino AC Voltage Protection & Monitoring System | Under, Normal & Over Voltage [Электронный ресурс]. URL: https://how2electronics.com/ac-voltage-protection-monitoring-system-using-arduino/ (дата обращения: 10.11.2023).

3. Almeida P.S. Industry 4.0 – Basic Principles, Applicability and Implementation in the Industrial Area'. São Paulo, 2019. 136 p.

УДК 336.13

# РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ЦИФРОВОГО УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ПОТОЛОЧНЫХ ПОДЪЕМНИКОВ

Валеев Алан Алекович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
valeevalan44@gmail.com

В статье представлен принцип работы модуля цифрового управления системой потолочных подъемников на базе микроконтроллера Arduino UNO. Интерфейс выведен на сенсорный экран Nextion NX8048T070.

**Ключевые слова:** микроконтроллеры, Arduino, сдвиговые регистры, электропривод, сенсорный экран, автоматизация.

# DEVELOPMENT OF A DIGITAL CONTROL MODULE FOR AN ARDUINO-BASED CEILING LIFT SYSTEM

Valeev Alan Alekovich
KSPEU, Kazan
valeevalan44@gmail.com

The article presents the principle of operation of the digital control module of the ceiling lift system based on the Arduino UNO microcontroller. The interface is displayed on the Nextion NX8048T070 touch screen.

**Keywords:** Microcontrollers, Arduino, shift registers, electric drive, touch screen, automation.

Для разработки модуля были использованы следующие компоненты: микроконтроллер *Arduino UNO*, сдвиговые регистры 74HC595, транзисторы КТ815Г, сенсорный дисплей NX8048T070, а также потолочные подъемники, предоставленные фирмой ООО «ПрофЛабМеб».

В основе системы лежит микроконтроллер *Arduino UNO*, который выполняет роль центрального управляющего устройства. Arduino генерирует управляющий сигнал, который посылается на сдвиговые регистры модели 74HC595 (рис. 1).

74HC595 – восьмиразрядный сдвиговый регистр с последовательным вводом, последовательным или параллельным выводом информации, с триггером-защелкой и тремя состояниями на выходе. Другими словами, этот регистр позволяет контролировать 8 выходов, используя всего несколько выходов на самом контроллере, что решает проблему нехватки

цифровых выводов на контроллере. При этом несколько таких регистров можно объединять последовательно для каскадирования. Эти регистры служат для последовательной передачи данных и управляются Arduino.

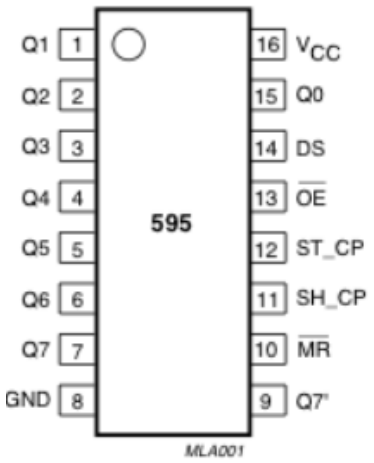



Рис. 1. Распиновка сдвигового регистра

Сигнал со сдвиговых регистров наводится на базы определенных транзисторов.

Транзисторы выполняют функцию электронных ключей, которые могут открываться и закрываться под воздействием сигналов от сдвиговых регистров. В вашем случае транзисторы используются для управления подачей управляющего напряжения номиналом 12 В к конкретному потолочному подъемнику. Каждый транзистор соответствует определенному подъемнику, что позволяет точно управлять каждым из них независимо.

Когда Arduino отправляет управляющий сигнал, сдвиговые регистры последовательно передают соответствующие сигналы транзисторам, что приводит к их открытию и подаче напряжения на выбранный подъемник. Этот процесс обеспечивает точное и эффективное управление каждым из подъемников с использованием цифровых технологий.

Взаимодействие между пользователем и мироконтроллером осуществляется посредством графического интерфейса, выводимом на сенсорный экран Nextion NX8048T070. *Nextion* NX8048T070 (рис. 2) – это программируемый дисплеи с тачскрином и интерфейсом *UART* для связи. Для программирования используется относительно простая среда разработки *Nextion Editor*, которая позволяет быстро создавать графические интерфейсы для самой разной электроники. Управление дисплеем происходит через интерфейс *UART* (рис. 3) с *Arduino*, любого микроконтроллера или компьютера.



Рис. 2. *Nextion* NX8048T070

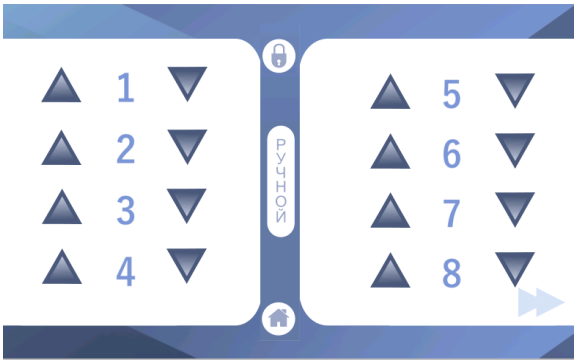



Рис. 3. Пример страницы интерфейса

Таким образом, наша система позволяет реализовать цифровое управление потолочными подъемниками с помощью *Arduino*, с использованием сдвиговых регистров и транзисторов для точного и независимого управления каждым подъемником. Этот подход обеспечивает высокую гибкость и автоматизацию в управлении подъемниками, что может быть полезным в различных сценариях применения.

## Источники

1. Муравьева Е.А. Автоматизированное управление промышленными технологическими установками на основе многомерных логических регуляторов: автореф. дис. … д-ра техн. наук. Уфа, 2013. 12 с.

2. Джереми Блум. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства. 2-е изд. СПб.: БХВ-Петербург, 2020. 87 с.

3. Краткий обзор и перспективы применения микропроцессорной платформы Arduino / Е.Я. Омельченко [и др.] // ЭС и К. 2013. № 21. С. 28–33.

4. Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и аналогово-цифровых устройств. 4-е изд. М.: ДМК Пресс, 2018. 636 с.

УДК 681.5

# ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Габдрахманов Фаиль Фанилевич[1], Малев Николай Анатольевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]trustfoogle@gmail.com, [2]maleeev@mail.ru

Данная статья посвящена проблемам и перспективам оптимизации управления мехатронными системами в контексте железнодорожного транспорта. В условиях стремительного развития технологий и постоянно растущих потребностей в эффективности и устойчивости транспортных систем, оптимизация становится критическим аспектом современной железнодорожной инфраструктуры.

**Ключевые слова:** оптимизация, мехатронные системы, железнодорожный транспорт, эффективность, технологии, управление, электропоезда.

# CONTROL OPTIMIZATION OF MECHATRONIC SYSTEMS OF RAILWAY TRANSPORT

Gabdrakhmanov Fail Fanilevich[1], Malev Nikolay Anatolievich[2]
[1,2]Kazan State Energy University, Kazan
[1]trustfoogle@gmail.com, [2]maleeev@mail.ru

This article addresses the challenges and prospects of optimizing the management of mechatronic systems in the context of railway transport. In the face of rapid technological advancements and ever-growing demands for the efficiency and sustainability of transportation systems, optimization becomes a critical aspect of modern railway infrastructure.

**Keywords:** Optimization, mechatronic systems, railway transport, efficiency, technologies, management, electric trains

Мехатронные системы в сфере железнодорожного транспорта играют важную роль в обеспечении эффективного и безопасного движения электропоездов [1]. Развитие технологий в области мехатроники открывает новые возможности для оптимизации систем управления и повышения эффективности перевозок [2].

**Современные вызовы и требования**. Рост пассажиропотока, увеличение скорости движения, а также неотъемлемые требования к экологичности и энергоэффективности предъявляют высокие требования к системам управления мехатронными компонентами электропоездов [3].

**Методы оптимизации мехатронных систем**. Использование методов имитационного моделирования, алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта предоставляет возможность оптимизировать системы управления в реальном времени, а также предсказывать и устранять возможные неисправности [4].

**Эффективное энергосбережение**. Внедрение регенеративного торможения, систем энергосбережения и современных методов мониторинга энергопотребления содействует снижению общей энергозатраты электропоездов, делая транспортную систему более устойчивой и экологически безопасной.

**Безопасность и надежность**. Вопросы безопасности и надежности остаются приоритетными в области железнодорожного транспорта. Резервирование и внедрение автономных систем способствуют предотвращению аварий и обеспечению бесперебойной работы систем управления.

**Перспективы и будущие направления.** Развитие новых технологий, таких как автономные системы и интернет вещей, предоставляет новые возможности для дальнейшей оптимизации систем управления мехатронными компонентами в железнодорожном транспорте.

**Заключение.** Оптимизация эффективности управления мехатронными системами в железнодорожном транспорте является необходимым шагом в направлении создания более устойчивой и эффективной транспортной системы. Интеграция современных технологий и методов оптимизации открывает новые горизонты для развития железнодорожного транспорта в будущем.

## Источники

1. Сторожев В.В., Феоктистов Н.А. Системотехника и мехатроника технологических машин и оборудования. М.: Дашков и К, 2018. 412 с.

2. Подураев Ю.В. Мехатроника: основы, методы, применение: учеб. пособие для студентов вузов. 2-е изд., стер. М.: Машиностроение, 2007. 256 с.

3. Мехатроника. Компоненты, методы, примеры / Б. Хайманн [и др.]; под ред. О.В. Репецкого; пер. с нем.: И. В. Блем [и др.]. Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения Российской академии наук, 2010. 601 с.

4. Смирнов А.Б. Мехатроника и робототехника. Системы микроперемещений с пьезоэлектрическими приводами: учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. 160 с.

УДК 62-7

# РАЗРАБОТКА МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОГО КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ВЛАЖНОСТИ

Галяутдинова Анастасия Вадимовна[1], Малёв Николай Анатольевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]lupitupism@yandex.ru, [2]maleeev@mail.ru

Приведено описание структуры датчика влажности и способов его применения.
**Ключевые слова:** разработка прибора, датчик протечки, Arduino, схема прибора, уровень влажности, звуковой сигнал

# DEVELOPMENT OF A CONDUCTOMETRIC MICROCONTROLLER-BASED HUMIDITY SENSOR

Galyautdinova Anastasia Vadimovna[1], Malev Nikolay Anatolyevich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]lupitupism@yandex.ru, [2]maleeev@mail.ru

A description of the structure of the humidity sensor and methods of its application is given.
**Keywords:** device development, leak sensor, Arduino, device circuit, humidity level, sound signal

Протечки воды могут привести к серьезным последствиям, таким как повреждение имущества, коррозия оборудования, повреждение электрических систем, а также угроза безопасности людей. Датчик затопления является важным элементом системы безопасности для защиты от непредвиденных аварийных ситуаций, связанных с протечкой воды. В данной статье будет рассмотрена разработка датчика протечки на базе Arduino.

Arduino – это открытая платформа для создания электронных устройств на основе микроконтроллеров. Она позволяет создавать различные устройства, в том числе и датчики протечки. Прибор на базе Arduino состоит из нескольких компонентов: датчика влажности, платы Arduino, двух резисторов и динамика. Ниже на рисунке показана схема прибора.

Датчик влажности используется для обнаружения протечки воды. Он имеет сенсор, который нужно поместить в место, где может возникнуть протечка. Когда сенсор попадает в контакт с водой, он изменяет свое сопротивление. Это изменение сопротивления можно измерить с помощью платы Arduino.

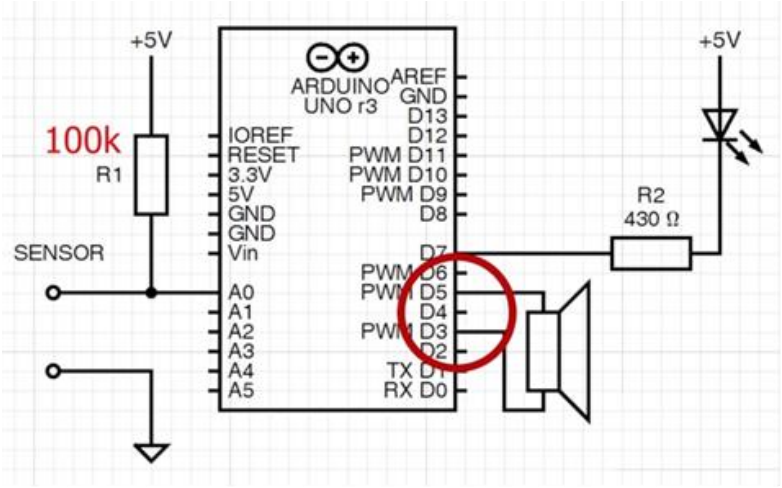



Схема подключения

Плата Arduino используется для обработки данных, полученных от датчика влажности. Она принимает сигналы от датчика и, в зависимости от уровня влажности, отправляет сигнал на динамик. Если уровень влажности превышает заданный порог, включается динамик, предупреждая о возможной аварийной ситуации.

Разработка датчика влажности на базе Arduino является актуальной задачей, которая позволяет обеспечить безопасность и защиту имущества в различных сферах деятельности. Датчик влажности на базе Arduino является надежным и точным устройством, которое может быть использовано в жилых и коммерческих помещениях, складах и производственных объектах. Он позволяет оперативно обнаружить протечку воды и принять меры для ее предотвращения или устранения. Разработка датчика влажности на базе Arduino - это перспективное направление, которое может быть использовано для создания новых и более эффективных систем безопасности.

## Источники

1. Минигалиев Г.Б., Долганов А.В. Выбор датчиков уровня: учеб. пособие, 2015. Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2015. 58 с.

2. Краузе В. Конструирование приборов: в 2 кн. / под ред. В. Краузе; пер. с нем. В.Н. Пальянова; под ред. О.В. Тищенко. Кн. 1. М.: Машиностроение, 1987. 384 с.

3. Кравченко Н.С., Ревинская О.Г. Методы обработки результатов измерений и оценки погрешностей в учебном лабораторном практикуме: учеб. пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. 120 с.

УДК 621.43

# ЛАБИРИНТНЫЕ УПЛОТНИТЕЛИ ГТД: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Гильмутдинов Рамиль Рафисович[1], Саитов Станислав Радикович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]rr6683054@gmail.ru, [2]caapel@mail.ru

В докладе приведен обзор проблем лабиринтных уплотнителей, представлены разработки для их решения.

**Ключевые слова:** лабиринтные уплотнители, газотурбинные двигатели

# LABYRINTH SEALS GTD. PROBLEMS AND SOLUTIONS

[1]Gilmutdinov Ramil Rafisovich, Saitov Stanislav Radikovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]rr6683054@gmail.ru, [2]caapel@mail.ru

The report gives an overview of the problems of labyrinth seals and the developments for their solution have presented.

**Keywords:** labyrinth seals, Gas Turbine Engines.

Лабиринтные уплотнители – это устройства, которые используются для уменьшения утечки газов и жидкостей из газотурбинных двигателей. Лабиринтные уплотнители состоят из множества плотно прилегающих к друг другу элементов, которые создают сложные пути для предотвращения утечек [1].

Для обеспечения эффективной работы лабиринтных уплотнителей часто используются материалы с теплоизоляционными свойствами. Обычно это специальные компоненты, такие как графитовые кольца и силиконовые прокладки, которые могут быть установлены в уплотнительных устройствах различного диаметра.

Важным аспектом является защита лабиринтных уплотнителей от коррозии и воздействия окружающей среды. Для этой цели часто используются покрытия, такие как антикоррозионные краски и лаки.

Преимущества лабиринтных уплотнителей: высокая степень герметичности, устойчивость к агрессивным средам, надежная защита от внешних воздействий, продолжительный срок службы (до 20 лет).

К недостаткам лабиринтных уплотнителей можно отнести: ограничения в применении при высоких температурах и давлениях, необходимость регулярного обслуживания и замены при износе, сложность монтажа и настройки.

На данный момент лабиринтные уплотнители чаще всего используются в областях, где требуется высокая степень герметичности, таких как машиностроение, нефтегазовая промышленность и энергетика.

Лабиринтные уплотнители обычно реализуются через создание сложной системы «кольцо в кольце». Эта технология включает в себя установку нескольких уплотняющих колец или элементов между поверхностями, которые требуется защитить. Лабиринтные уплотнители могут быть использованы в диапазоне температур окружающей среды от –50 до +250 °C, что делает их универсальными для различных условий эксплуатации.

Рассмотрим также перспективные разработки для лабиринтных уплотнителей ГТД, находящиеся в стадии исследования и создания прототипов.

Ученый Джосеф Альфорд провел исследования [2] и разработал метод защиты ротора с лабиринтным воздушным уплотнением от самовозбуждения вибрации и усталости. Он предложил использовать дополнительное демпфирование, где это необходимо. В частности, применение разрезных демпфирующих колец, а также разрезных демпфирующих втулок.

Разрезные демпфирующие кольца позволили предотвратить усталостные разрушения, которые обычно возникали на вершине крайних зубьев, примыкающих к свободному концу консольного уплотнения. Затем эти разрушения распространялись вдоль оси за счет изгибно-узловой вибрации тонких стенок ротора уплотнения.

Дополнительный анализ выявил наличие акустомеханической связи и резонансных явлений при определенных режимах. Важным моментом стало то, что разрезанные кольца имеют положительную фиксацию и не могут выпасть. Радиально расширяющееся внутрь кольцо вблизи свободного конца было необходимо для увеличения жесткости и предотвращения переходной деформации вне круга, вызванной нагревом, возникающим при трении по дуге примерно 90°. Это оказалось особенно важным, поскольку трение при низких скоростях приводит к наибольшим искажениям уплотнения.

Следующая перспективная разработка [3] ученых в области аппроксимации и суррогатного моделирования включает два ключевых метода: универсальный анизотропный кригинг и метод скользящих наименьших квадратов. Универсальный кригинг представляет собой комбинацию полиномиальной модели в качестве базиса и остатков тренировочных точек для прогнозирования.

Этот метод компенсирует эффекты кластеризации данных и оценивает ошибку аппроксимации, что позволяет аппроксимировать зашумленные задачи. В ходе исследования было выявлено, что все суррогатные модели для каждого выхода обладают высокой точностью, с прогнозами, точность которых превышает 95 %.

Это также свидетельствует о возможности заменять реальные гидрогазодинамические расчеты с использованием суррогатных моделей в задачах оптимизации. Анализ чувствительности позволяет идентифицировать важные параметры и нелинейные корреляции, что демонстрирует высокую эффективность исследования.

Исследования и перспективные разработки в области лабиринтных уплотнителей в газотурбинных двигателях (ГТД) могут значительно снизить тепловые потери и улучшить эффективность работы этой важной технической системы. Внедрение современных технологий в уплотнения позволит газотурбинным двигателям работать более эффективно и снизить финансовые издержки генерирующих компаний на монтаж и обслуживание уплотнений.

## Источники

1. Саитов С.Р., Карачурин Б.Р., Сидоров М.В. Прогнозирование пиковых часов энергосбытовых компаний, входящих в реестр гарантирующих поставщиков АО «АТС» // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4 (56). С. 59–68.

2. Alford J. S. Nature, causes, and prevention of labyrinth air seal failures // Journal of Aircraft. 1975. Vol. 12. Pp. 313–318.

3. Samad and K. Kwang-Yong. Surrogate based optimization techniques for aerodynamic design of turbomachinery // International Journal of Fluid Machinery and Systems. 2009. Vol. 2. Pp. 179–184.

УДК 621.928

# РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА С СЕПАРАЦИОННЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Гильмутдинова Резеда Исхаковна[1], Попкова Оксана Сергеевна[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
Gilmutdinovarezeda@mail.ru

В работе предложено сепарационное устройство для улавливания частиц в реакторе с псевдоожиженным слоем. Представлена отрисованная модель устройства. Показаны достоинства и недостатки циклонных сепараторов. Предложена схема размещения сепарационных устройств в реакторе с псевдоожиженным слоем.

**Ключевые слова:** сепаратор, реактор с псевдоожиженным слоем, улавливание частиц, циклонный сепаратор.

# DEVELOPMENT OF A DEVICE WITH SEPARATION ELEMENTS

Gilmutdinova Rezeda Iskhakovna[1], Popkova Oksana Sergeevna[2]
KSPEU, Kazan
Gilmutdinovarezeda@mail.ru

The paper proposes a separation device for capturing particles in a reactor with a fluidized bed. A rendered model of the device is presented. The advantages and disadvantages of cyclone separators are shown. A scheme for placing separation devices in a reactor with a fluidized bed is proposed.

**Keywords:** separator, fluidized bed reactor, particle capture, cyclone separator.

Процесс псевдоожижения представляет собой гидродинамическое взаимодействие псевдоожижающего потока со слоем твердых частиц, при котором твердые частицы обретают способность передвигаться относительно друг друга благодаря обмену энергией с псевдоожижающим потоком. При этом процессе возникает псевдоожиженый слой, который имеет ряд преимуществ как выравнивание полей температур и концентраций в объеме технологических аппаратов, увеличение поверхности взаимодействия газа и зернистого материала, способность перемешать зернистые материалы в псевдоожиженном состоянии, наличие постоянного гидравлического сопротивления слоя во всем диапазоне скоростей псевдоожижения, возможность автоматизации работ аппаратов с псевдоожиженым слоем и их конструктивная простота. Псевдоожиженный слой получил свое название благодаря сходству с жидкостями, как обычная жидкость ему свойственно текучесть, вязкость. Псевдоожижение применяют в химических, гидромеханических, тепловых, механических

процессах. Также псевдоожиженный слой имеет большое значение в реакторах. Они характеризуются высокой эффективностью при проведении химических реакций с высокой интенсивностью контакта фаз. Кроме того, имеется также ряд недостатков при использовании реакторов с псевдоожиженным слоем, которые отражаются в быстром истирании частиц в слое, большом уносе катализатора газом из реактора. В процессе псевдоожижения образуются мелкодисперсные частицы, которые приводят к истиранию частиц. Эти частицы уносятся из реактора газовым потоком, тем самым снижается эффективность работы реактора и уменьшается запасы катализатора. В реакторах применяются циклоны, которые устанавливаются для улавливания частиц. Циклоны для улавливания частиц имеют достоинства: простота обслуживания, эксплуатация, надежность и относительно низкую стоимость. Однако, циклонные сепараторы имеют высокое гидравлическое сопротивление. В связи с этим стоит задача их модернизации или замены с целью снижения гидравлического сопротивления и сохранения эффективности.

В качестве замены предлагается устройство с сепарационными элементами (рис. 1). Оно представляет собой простую конструкцию. Внутри находится несколько рядов сепарационных элементов [1–3].

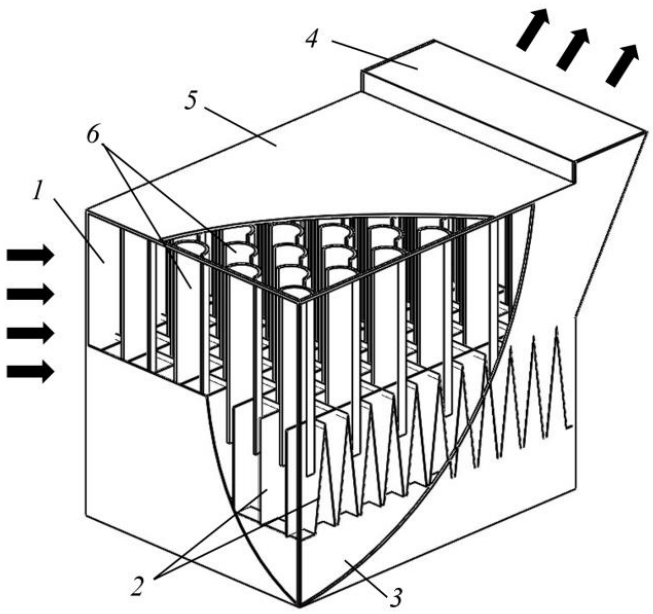



Рис. 1. Модель устройства с сепарационными элементами: *1* – подача газа с частицами; *2* – решетка; *3* – дно; *4* – выход очищенного газа; *5* – обечайка; *6* – сепарационные элементы

Сепарация частиц из газа осуществляется при резком изменении направления потока при огибании им сепарационных элементов.

Важной задачей при замене циклонных сепараторов на предлагаемое оборудование является их компоновка в реакторе с псевдоожиженном слоем. Авторами работы предлагается разместить сепарационные устройства внутри реакторе последовательно с определенным шагом (рис. 2).

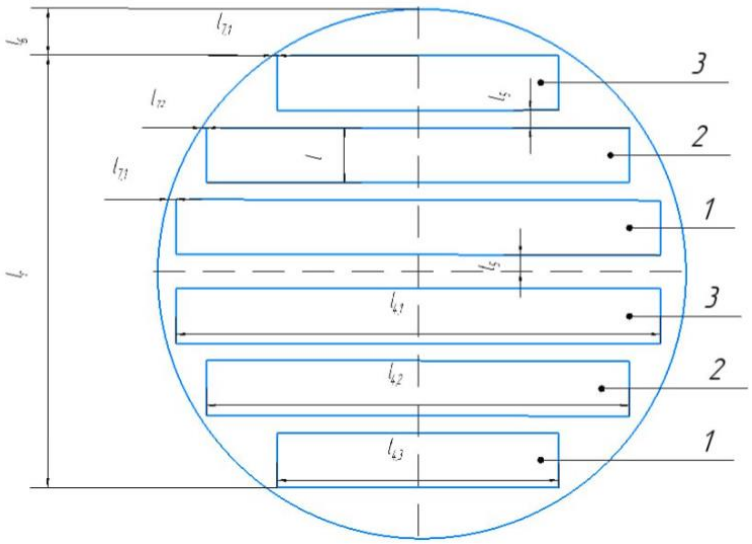



Рис. 2. Расположение сепарационных устройств в реакторе (вид сверху)

В докладе показаны расчетные формулы, на основе которых можно рассчитать конструктивные параметры сепарационных устройств, их количество и расположение относительно друг друга в реакторе.

## Источники

1. Влияние сепарационной решетки на эффективность улавливания твердых частиц в устройстве с дугообразными элементами / Э.И. Салахова [и др.] // Вестник Технологического университета. 2023. Т. 26, № 8. С. 41–46.

2. Салахова Э.И., Дмитриев А.В., Зинуров В.Э. Исследование структуры газового потока в сепарационном устройстве с дугообразными элементами // Вестник Технологического университета. 2022. Т. 25, № 5. С. 60–64.

3. Пылеулавливающее устройство для блоков дегидрирования парафиновых углеводородов с кипящим слоем катализатора / Э.И. Салахова [и др.] // Катализ в промышленности. 2022. Т. 22, № 2. С. 57–64.

УДК 621.313

# ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ СЕРВОПРИВОДОМ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

Гонзалез Хуертас Роджер Смит[1], Малёв Николай Анатольевич[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
maleeev@mail.ru

В работе приведены элементы конструкции и основные характеристики асинхронных серводвигателей с короткозамкнутым ротором. Рассматриваются особенности векторного управления мехатронной системой и условия получения оптимального вращающего момента с минимальными пульсациями в переходных режимах.

**Ключевые слова:** мехатронная система, сервопривод, асинхронный двигатель, векторное управление.

# FEATURES CONTROL OF ASYNCHRONOUS SERVO DRIVE ELECTROMECHANICAL MECHATRONIC SYSTEMS

Gonzalez Huertas Roger Smith[1], Nikolay Anatolievich Malev[2]
KSPEU, Kazan
maleeev@mail.ru

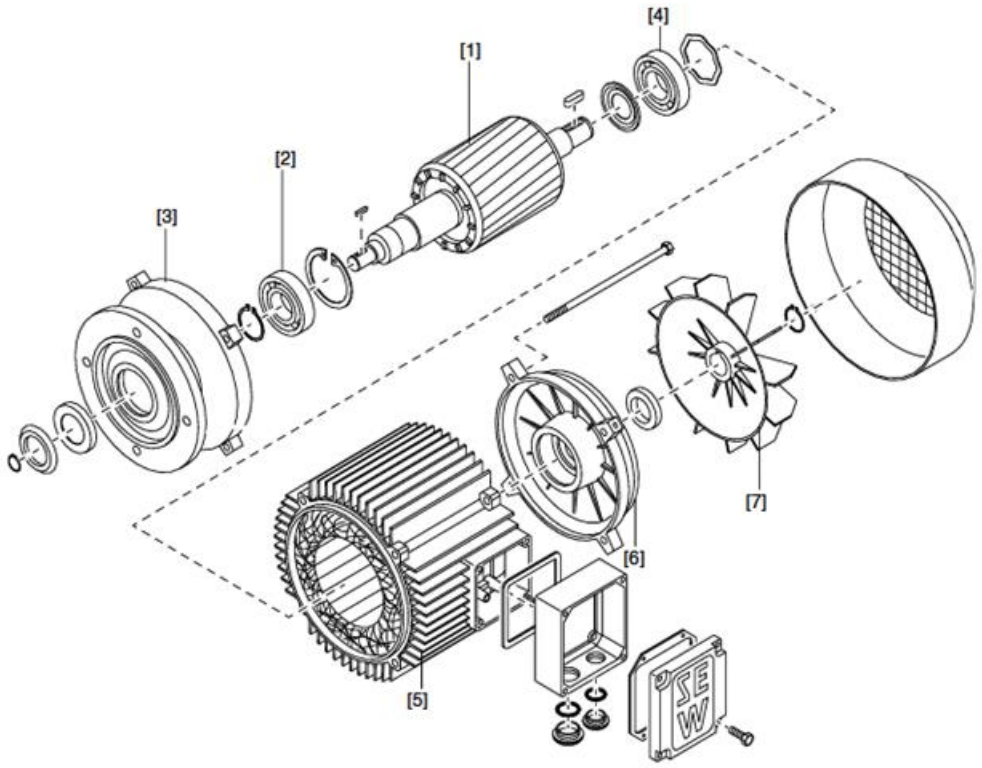
The work presents the design elements and main characteristics of asynchronous servomotors with a squirrel-cage rotor. The features of vector control of a mechatronic system and the conditions for obtaining optimal torque with minimal pulsations in transient modes are considered.

**Keywords**: mechatronic system, servo drive, asynchronous motor, vector control.

В электромеханических мехатронных системах в качестве исполнительных элементов широкое применение находят асинхронные серводвигатели с управлением потокосцеплением ротора по вектору тока, обладающие высокими перегрузочной способностью и качеством регулирования частоты вращения, широким диапазоном регулирования и практически полным отсутствием пульсаций вращающего момента [1, 2].

Конструктивные элементы асинхронного серводвигателя с короткозамкнутым ротором показаны на рисунке.

Рассмотренный типоразмер асинхронных серводвигателей обладает трехкратной перегрузочной способностью, может работать при больших моментах инерции нагрузки, не имеет трущихся контактных поверхностей, вследствие чего имеет повышенную надежность функционирования [3, 4].




Конструктивные элементы асинхронного серводвигателя CT: 1 – ротор; 2, 4 – подшипники; 3 – пошипниковый щит с фланцем; 5 – статор; 6 – задний подшипниковый щит; 7 – крыльчатка

Для работы с векторным управлением двигатели комплектуются датчиком положения ротора.

Рассмотрим режим векторного управления CFC (*Current Flux Control*), позволяющий формировать магнитное поле статора с заданными характеристиками, которое наводит в роторе ток с ортогонально направленным магнитным полем.

Алгоритм управления состоит в следующем.

1. В начальный момент времени на статоре формируется произвольно направленный ток. При этом наведенный в роторе ток создает магнитный поток, противодействующий изменению магнитного поля статора, т. е. токи статора и ротора протекают в противофазе друг к другу.

2. Наличие активной составляющей импеданса роторной цепи приводит к затуханию тока ротора в общем случае по экспоненциальному закону с электромагнитной постоянной времени ротора. По истечении временного промежутка, равного пяти постоянным времени ротора асинхронный серводвигатель можно считать намагниченным.

3. На статор подается ток, направление которого перпендикулярно первоначальному. Данный ток вновь индуцирует ток в роторе и вызывает его намагничивание. Взаимодействие тока ротора с полем статора формирует вращающий момент, направление которого соответствует повернутой

на 180° поперечной составляющей тока статора. Результирующее магнитное поле начинает ориентироваться на угол тока статора со скоростью, зависящей от постоянной времени ротора. Чтобы не потерять ориентацию поля время подачи тока на статор должно быть значительно меньше постоянной времени роторной цепи. В современных мехатронных системах период дискретности не превышает 250 мкс.

4. По истечении периода дискретности происходит переориентация тока статора, а вслед за ним и тока ротора, причем угол переориентации весьма мал. В результате переориентации на малый угол обеспечивается малое изменение магнитного потока, чем обеспечивается минимальная пульсация вращающего момента.

## Источники

1. Герман-Галкин С.Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. М.: Корона-Век, 2014. 368 с.

2. Погодицкий О.В., Малёв Н.А. Проектирование мехатронных систем: в 2 ч. Ч. 1. Анализ и синтез: учеб. пособие. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. 312 с.

3. Butterworth J.A., Pao L.Y. and Abramovitch D.Y. Analysis and comparison of three discrete-time feedforward model-inverse control techniques for nonminimum-phase systems // Mechatronics. 2012. Vol. 22, Iss. 5. Pp. 577–587.

4. Malev N.A., Mukhametshin A.I. and Pogoditsky O.V. Analysis and Study of the Dynamic Processes of a Permanent Magnet Synchronous Motor with a Wide Range of Parameter Variations Using the Reference Model // Proc. of the International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). Vladivostok, Russia, 2019. 6 p.

УДК 336.13

# ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПОЖАРНОГО РОБОТА ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

Дуанла Чуала Иван[1], Козелков Олег Владимирович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]yvandouanla@mail.ru, [2]ok.1972@list.ru

В данной научной статье представлено исследование и разработка пожарного робота, предназначенного для эффективного тушения пожаров в различных ситуациях. Робот обладает передовыми технологиями и функциями, которые позволяют ему быстро и безопасно оперировать в опасных пожарных условиях. Используя разнообразные сенсоры и алгоритмы, робот способен определять и классифицировать пожарные источники, а также автоматически выбирать оптимальные стратегии тушения пожара. В статье рассматриваются основные компоненты пожарного робота, его работа в реальном времени, полученные результаты и возможные области применения.

**Ключевые слова:** мехатроника, робототехника, пожарные роботы, технологии, маневренность, безопасность, искусственный интеллект, перспективы.

# RESEARCH AND DEVELOPMENT OF A FIRE FIGHTING ROBOT FOR EFFECTIVE FIRE EXTINGUISHING

Douanla Tchouala Yvan[1], Kozelkov Oleg Vladimirovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]Yvandouanla@mail.ru, [2]ok.1972@list.ru

This scientific article presents the research and development of a fire robot designed to effectively extinguish fires in various situations. The robot has advanced technology and features that allow it to operate quickly and safely in dangerous fire conditions. Using a variety of sensors and algorithms, the robot is able to identify and classify fire sources, as well as automatically choose the best fire extinguishing strategies. The article examines the main components of the fire robot, its operation in real time, the results obtained and possible applications.

**Keywords**: mechatronics, robotics, fire robots, technologies, maneuverability, safety, artificial intelligence, prospects.

Пожары являются серьезной угрозой для жизни, зданий и окружающей среды. Экстренные службы всегда ищут новые инновационные способы борьбы с возгораниями, и пожарные роботы стали одним из наиболее перспективных направлений разработки.

Традиционные методы тушения пожаров часто ограничены физическими возможностями пожарных бригад, а также могут представлять опасность для их жизни и здоровья. В этом отношении пожарные роботы являются эффективным и безопасным решением.

**Описание системы пожарного робота.** Пожарный робот, разработанный в данном исследовании, состоит из нескольких ключевых компонентов: навигации, детектирования и тушения пожаров.

1. Навигация: робот оснащен точными датчиками и алгоритмами для определения своего положения в пространстве. Он способен перемещаться по пожарному участку, учитывая препятствия и оптимальные пути.

2. Детектирование: робот оснащен сенсорами для обнаружения пожарных источников, включая тепловизоры, газоанализаторы и видеокамеры. Система использует комплексные алгоритмы обработки изображений и данных, чтобы точно классифицировать типы пожаров и предсказывать их динамику.

3. Тушение пожаров: робот имеет интегрированную систему тушения, включая водяные струи, огнетушители и генераторы пены. Система тушения оптимизируется с использованием алгоритмов машинного обучения, чтобы эффективно бороться с различными типами пожаров.

**Результаты и обсуждение.** Исследование проводилось на различных экспериментальных площадках, где было смоделировано разнообразие пожарных ситуаций и условий. Результаты показали, что пожарный робот обладает высокой эффективностью в тушении пожаров и способен оперировать в разных обстановках, включая ограниченные пространства. Он демонстрировал быструю реакцию на обнаружение пламени, а также адаптируемость к переменным условиям пожарных сценариев.

**Заключение.** В данной научной статье был представлен исследованный и разработанный пожарный робот, обладающий современными функциями навигации, детектирования и тушения пожаров. Полученные результаты демонстрируют его потенциал в эффективной борьбе с пожарами и способность оперировать в разнообразных сценариях. В будущем, пожарные роботы могут играть важную роль в снижении риска для пожарных бригад и эффективном реагировании на пожарные чрезвычайные ситуации.

## Источники

1. Smith J. Advances in Firefighting Robots // International Journal of Robotics and Automation. 2022. Vol. 35, Iss. 2. Pp. 45–63.

2. Johnson A. Robotic Systems for Firefighting Applications // Fire Technology. 2021. Vol. 78, Iss. 4. Pp. 512–529.

3. Autonomous Firefighting Robots: A Comprehensive Review / M. Rodriguez [et al.] // IEEE Robotics and Automation Magazine. 2020. Vol. 27, Iss. 3. Pp. 72–88.

4. Brown C. Firefighting Robotics: State of the Art and Future Perspectives // Journal of Fire Protection Engineering. 2019. Vol. 33, Iss. 6. Pp. 543–557.

УДК 620.92

# МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА ПРЕДПРИЯТИЯМИ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Еранов Искандер Муталханович[1], Будникова Иветта Константиновна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]eranoviskander@gmail.com, [2]ikbudnikov@yandex.ru

В статье представлен мониторинг выбросов вредных веществ промышленными предприятиями в атмосферу. Исследование охватывает текущее состояние экологии региона, выявляя основные источники загрязнения и их воздействие на окружающую среду.

**Ключевые слова:** мониториг, воздушный бассейн, выбросы вредных веществ, источники загрязнения, парниковые газы.

# MONITORING OF AIR POLLUTION BY ENTERPRISES OF THE FUEL AND ENERGY COMPLEX

Eranov Iskander Mutalkhanovich[1], Budnikova Ivetta Konstantinovna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]eranoviskander@gmail.com, [2]ikbudnikov@yandex.ru

The article presents environmental monitoring of emissions of harmful substances into the atmosphere by industrial enterprises. The study covers the current state of the region’s ecology, identifying the main sources of pollution and their impact on the environment

**Keywords:** monitoring, air basin, emissions of harmful substances, sources of pollution, greenhouse gases..

Промышленное развитие тесно взаимосвязано с экологическими вопросами. Исследование выбросов вредных веществ становится важной частью стратегии устойчивого развития. Объектом исследования является Республика Татарстан – ключевой промышленный регион России [1]. Республика с разнообразным промышленным комплексом, представляет интерес для изучения динамики выбросов вредных веществ от разных отрасей промышленности.

Цель исследования заключается в проведении анализа доли выбросов в атмосферу от разных отраслей топливно-энергетического комплекса для разработки перспективных стратегий по улучшению экологической ситуации в регионе [2].

В Татарстане более ста предприятий топливноной промышленности, которые ответственны за более чем 33 % общих выбросов. Сюда входят добывающие подразделения «Татнефти» и обширная группа мелких нефтяных компаний, а также «ТАИФ-НК» и «Газпром трансгаз Казани».

Показан сравнительный анализ по объему выбросов в аимосферу от предприятий разных отраслей промыщленности (рис. 1) [2, 3].

| Промышленная отрасль | Масса выбросов, тыс. т/год | | | | | Доля выбросов, % от общей массы |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | |
| **Топливная** | 156,635 | 156,251 | 160,051 | 109,491 | 108,179 | 33,5 |
| **Химическая** | 37,148 | 36,987 | 36,630 | 34,877 | 37,411 | 11,6 |
| **Теплоэнергетическая** | 89,633 | 34,769 | 35,116 | 38,647 | 31,337 | 9.7 |
| **Строительная** | 11,491 | 18,237 | 5,069 | 11,498 | 0,179 | 0,05 |
| **Машиностроительная** | 11,237 | 12,654 | 11,102 | 11,343 | 4,904 | 1,5 |
| **Сельское хозяйство** | 3,785 | 5967 | 5,026 | 11,948 | 6,874 | 2,1 |
| **ЖКХ** | 11,9 | 23,153 | 24,076 | 23,665 | 28,831 | 8,9 |
| **Пищевая** | 6,148 | 8,089 | 5,077 | 5,227 | 3,573 | 1,1 |
| **Транспорт и связь** | 2,062 | 2,978 | 2,826 | 39,282 | 25,129 | 7,8 |
| **Лесная** | 4,171 | 3,906 | 4,327 | 4,928 | 3,489 | 1,0 |
| **Легкая промыш.** | 0,148 | 0,236 | 0,205 | 0,101 | 0,026 | 0,01 |
| **Прочие** | 5,869 | 10,891 | 2,070 | 33,461 | 43,489 | 13,4 |
| **Всего по Республике** | 338,277 | 316,118 | 291,575 | 324,468 | 322,545 | 100 |

Рис. 1. Выбросы вредных веществ в атмосферу предприятиями

Химический и нефтехимический комплекс объединяет более 16 предприятий. Для предприятий характерны выбросы в атмосферу таких специфических веществ, как предельные и непредельные углеводороды, бензол, аммиак и другие.

Предприятия теплоэнергетического комплекса, являются одним из основных источников загрязнения атмоферы оксидами углерода, диоксидами серы и окислами азота. Наибольший вклад в общее количество выбросов за 2021 г. вносит CO2 (76,31 %).

Основной вклад в суммарные выбросы парниковых газов на территории Татарстана в 2021 г. вносил сектор «Энергетика» (67,13 %), а наименьший – сектор «Отходы» (3,87 %).

Линейчатая диаграмма с накоплением (рис. 2) наглядно отображает изменения масссы выбросов по отраслям в динамике с 2017 по 2021 гг.

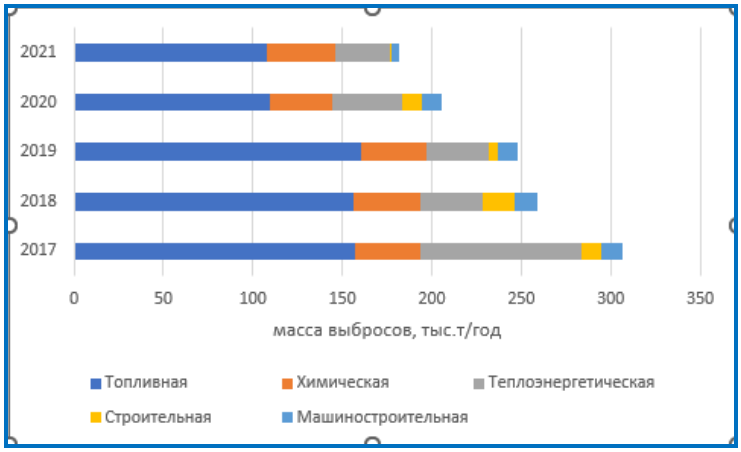


Рис. 2. Диаграммы выбросов в атмосферу по разным отраслям промшленности

Общее количество выбросов вредных веществ в атмосферный воздух Татарстана к концу 2022 г. сократилось на 4 %, или на 19,1 тыс. т, в сравнении с 2021 г., составив 423,1 тыс. т.

Развитие цифровых технологий в экологическом секторе позволит автоматизировать процесс непрерывного мониторинга атмофсеры для быстрого реагирования на чрезвычайные ситуации [4–7].

## Источники


1. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс]: Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474. URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726 (дата обращения: 10.11.2023).

2. Официальный сайт Министерства экологии и природных ресурсов республики Татарстан [Электронный ресурс]. URL: https://eco.tatarstan.ru/kollegiya-po-itogam-raboti-za-2022-god.htm (дата обращения: 31.10.2023).

3. Годовые отчеты Татнефть [Электронный ресурс]. URL: https://www.tatneft.ru/ (дата обращения: 10.11.2023).

4. Об утверждении Стратегии в области цифровой трансформации отраслей экономики, социальной сферы и государственного управления Республики Татарстан [Электронный ресурс]: Постановление Кабинета Министров Республики Татарстан от 18 августа 2021 г. № 748. URL: https://pravo.tatarstan.ru/npa_kabmin/post/?npa_id=828963 (дата обращения: 31.11.2023).

5. Будникова И.К., Котков М.А. Мониторинг индекса промышленного производства АО «Татэнерго» // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VIII Нац. Науч.-практ. конф. Казань, 2022. С. 152–161.

6. Зорина Т.Г., Прусов С.А. Совершенствование методологии оценки цифровой трансформации объединенной энергетической системы Республики Беларусь. Проблемы и перспективы // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2021. Т. 13, № 3 (51). С. 99–113.

7. Белобородов С.С., Дудолин А.А. Повышение системной эффективности ТЭЦ как фактор перехода к ресурсосберегающей и экологически безопасной энергетике // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2021. Т. 13, № 3 (51). С. 135–145.

УДК 621

# АНАЛИЗ И СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ЛАЗАЮЩИМИ РОБОТАМИ НА ОПОРАХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Зараев Артём Викторович[1], Ломакин Игорь Владимирович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]a.zaraev@internet.ru

Роботы, способные перемещаться по вертикальным поверхностям, включая опоры линий электропередач, представляют собой инновационную область робототехники. Они могут использоваться в различных сферах, включая обслуживание инфраструктуры, ремонтные работы на высоте и инспекции. В данной статье проведен анализ и сравнение нескольких существующих решений для управления лазающими роботами на подобных опорах, оценим их преимущества и недостатки.

**Ключевые слова:** лазающие роботы, опоры линий электропередач, мобильные роботы на высоте

# ANALYSIS AND COMPARISON OF CONTROL ALGORITHMS FOR CLIMBING ROBOTS ON ELECTRIC TRANSMISSION LINES SUPPORTS

Zaraev Artem Viktorovich[1], Lomakin Igor Vladimirovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]a.zaraev@internet.ru

Robots capable of moving on vertical surfaces, including electric transmission lines supports, represent an innovative field of robotics. They can be used in various areas, including infrastructure maintenance, high-altitude repairs, and inspections. In this article, we will conduct an analysis and comparison of several existing solutions for controlling climbing robots on such supports, assessing their advantages and disadvantages.

**Keywords**: Climbing robots, electric transmission lines supports, high-altitude mobile robots.

В последние десятилетия робототехника сделала огромные шаги в разработке лазающих роботов, способных передвигаться по вертикальным поверхностям. Эти роботы открывают новые перспективы для выполнения задач, которые ранее были труднодоступны или опасны для человека. В данной статье мы рассмотрим несколько существующих решений

и проведем анализ их характеристик, функциональности и потенциальных областей применения.

**Существующие решения.**

1. Робот HB1 обладает способностью перемещаться по вертикальным поверхностям, включая стены, колонны и потолки. Его принцип работы базируется на использовании четырех прорезиненных колес, обеспечивающих стабильность и предотвращающих повреждение поверхности. Для удержания на вертикальных поверхностях используется система электровентиляторов, создающая область низкого давления. HB1 может использоваться в различных сферах, включая покраску стен, обслуживание зданий, оценку инфраструктуры и ремонтные работы на высоте. Однако его недостатками являются необходимость физического подключения к наземному блоку дистанционного управления через провод и зависимость от типа поверхности [1].

2. Робот Treebot, разработанный в Китайском университете Гонконга, способен взбираться на деревья и стебли бамбука. Его принцип работы основан на использовании датчиков для определения оптимального маршрута и механизмов «когтей» для сцепления с поверхностью. Treebot может использоваться для различных задач, требующих перемещения по вертикальным структурам. Его недостатками являются ограниченная способность перемещения только по вертикальным поверхностям и ограниченная грузоподъемность [2].

3. Робот Rise, разработанный компанией Boston Dynamics, представляет собой робота с шестью ногами и микрозацепами. Он способен перемещаться по вертикальным поверхностям, используя микрозацепы для сцепления и хвост для поддержания стабильности. Робот имеет компактные размеры и высокую скорость передвижения. Его недостатками являются ограниченная грузоподъемность и некоторые ограничения в эффективности микрозацепов [3].

4. Робот StickyBot III разработан учеными из Стэнфордского университета и использует механизмы, имитирующие лапы гекконов, для сцепления с вертикальными поверхностями. Он оснащен датчиками для определения расстояния до поверхности и поддержания баланса. Его недостатками являются зависимость от влажности для эффективной работы и ограничения при наличии загрязнения на поверхности [4].

**Анализ и сравнение.** Каждый из рассмотренных роботов имеет свои уникальные характеристики и области применения. HB1 обладает широким спектром применения, но требует физического подключения через провод. Treebot подходит для вертикальных поверхностей, но ограничен грузоподъемностью. Rise обеспечивает высокую скорость перемещения,

но также имеет ограничения в грузоподъемности. StickyBot III зависит от влажности и может иметь ограничения при наличии загрязнения.

**Заключение.** Анализ существующих решений для управления лазающими роботами на опорах линий электропередач показывает, что каждый робот имеет свои преимущества и ограничения. Выбор конкретного решения должен зависеть от конкретной задачи и условий эксплуатации. Для оптимального решения необходимо учитывать такие факторы, как тип поверхности, грузоподъемность, скорость и надежность работы.

Исследования в области управления лазающими роботами на опорах линий электропередач продолжают развиваться, и новые технологии могут привести к появлению более эффективных решений в будущем. Эти роботы могут иметь значительное воздействие на области, связанные с обслуживанием и инспекцией вертикальных структур, что делает их важными объектами исследования и разработки.

## Источники

1. HB1 by HausBots [Электронный ресурс]. URL: https://hausbots.com/hb1/ (дата обращения: 12.10.2023).

2. Robot TreeBot [Электронный ресурс]: Project Specification. URL: https://www.wevolver.com/specs/treebot (дата обращения: 18.10.2023).

3. The RiSE Climbing Robot: Body and Leg Design [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/249665906_The_RiSE_climbing_robot_Body_and_leg_designt (дата обращения: 28.10.2023).

4. Stickybot III [Электронный ресурс]. URL: http://bdml.stanford.edu/twiki/bin/view/ Rise/StickyBotIII.html (дата обращения: 06.10.2023).

УДК 004.032.26

# ВНЕДРЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Ишмуратов Эдвин Артурович[1], Мухаметгалеев Танир Хамитевич[2],
Львова Татьяна Николаевна[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]edvin2425@yandex.ru,[2]banzay-13-13@yandex.ru,[3]tn.lvova@yandex.ru

В данной статье рассматриваются вопросы предотвращения проникновения вооружённых лиц на территории учебных заведений (школы, ВУЗы и др.), путём применения нейронных сетей для обработки изображений с камер видеонаблюдения. В период с 2014 по 2022 гг. наблюдается высокий рост террористических актов в учебных заведениях с применением огнестрельного оружия («скулшутинг»).

**Ключевые слова:** нейронные сети, алгоритм, безопасность.

# INTRODUCTION OF NEURAL NETWORKS INTO THE SECURITY OF EDUCATIONAL INSTITUTIONS

Ishmuratov Edvin Arturovich[1], Mukhametgaleev Tanir Khamitevich[2],
Lvova Tatyana Nikolaevna[3]
KSPEU, Kazan
edvin2425@yandex.ru

This article discusses the issues of preventing the penetration of armed persons on the territory of educational institutions (schools, universities, etc.) by using neural networks to process images from CCTV cameras. In the period from 2014 to 2022, there is a high increase in terrorist acts in educational institutions with the use of firearms (“schoolshooting”).

**Keywords:** neural networks, algorithm, security.

С развитием информационных технологий наблюдается и рост распространённости террористических идеологий и их последователей, одной из них является «скулшутинг» [1], но несмотря на профилактические действия и техническую оснащённость учебных заведений, всегда остаётся вероятность человеческого фактора: человек не может в постоянном режиме наблюдать за несколькими видеокамерами на протяжении нескольких часов, тем более, если изображение сильно уменьшено и на нём множество объектов. В таких условиях тяжело вовремя обнаружить угрозу, например – оружие. С преодолением подобных сложностей способны помочь сверточныенейронные сети [2], упростив наблюдение и увеличив скорость реагирования в случае угрозы безопасности.

Целью работы является обучение и внедрение нейронных сетей для раннего оповещения охраны и администрации учебного заведения о наличии вооружённого лица/группы лиц около, либо на, территории учебного заведения.

Первостепенно для решения поставленной задачи необходимо определиться с платформой для разработки и языком программирования. Наиболее удобными для данной задачи, с точки зрения соотношения производительности и скорости, являются онлайн-платформа Google Collab и язык программирования Python.

Нет необходимости создавать алгоритм с нуля, достаточно использовать любой готовый алгоритм, нацеленный на распознание тех или иных объектов на изображении. После выбора алгоритма необходимо произвести обучение алгоритма с помощью учителя и проверить точность работы нейронной сети [3]. Пример распознания объектов в видеопотоке приведен на рис. 1.



Рис. 1. Пример применения нейронной сети к изображению

Нейронная сеть должна работать на ресурсах сервера, обрабатывающего все потоки данных с видеокамер. При обнаружении на изображении оружия на компьютере в комнате охраны и в кабинете директора воспроизводится звуковой сигнал для привлечения внимания человека за монитором.

На рис. 2 изображена функциональная схема предполагаемой системы.

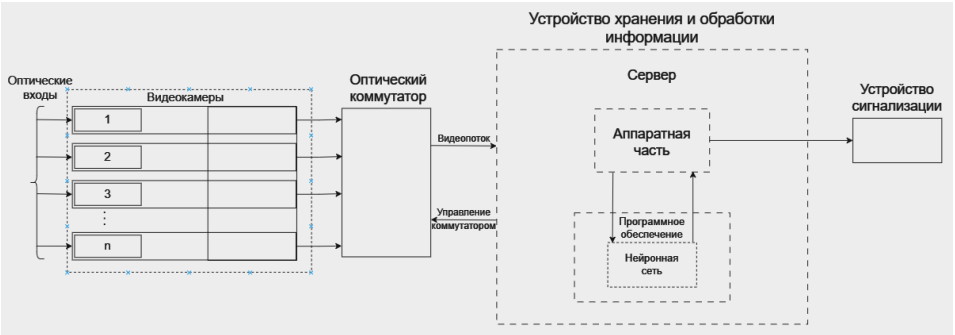



Рис. 2. Функциональная схема предполагаемой системы

В результате внедрения нейронной сети в механизм обработки информации с камер видеонаблюдения ожидается повышение точности выявления вооруженных лиц иувеличение времени реагирования на внешние угрозы в образовательном процессе.

## Источники

1. Голихин И.С. Скулшутинг в образовательных учреждениях: мотивы, причины, профилактика в условиях современных реалий // E-Scio. 2021. № 11 (62). С. 713.

2. Bishop C. Pattern Recognition and Machine Learning (Information Science and Statistics). Springer-Verlag New York Inc., 2007. Pp. 738.

3. Goodfellow Ian, Yoshua Bengio, Aaron Courville. Deep Learning (Adaptive Computation and Machine Learning series) // The MIT Press. 2016. Nov. 18th. Pp. 800.

УДК 62-503.54

# ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ РАЗРАБОТКИ РОБОТА ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ МЕСТНОСТИ НА БАЗЕ СТЕРЕОКАМЕРЫ

Кордияк Глеб Владимирович[1], Козелков Олег Владимирович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]kordiakg90@gmail.com, [2]ok.1972@list.ru

В данной статье рассматривается проблема разработки робота для картографирования местности с использованием стереокамеры. Авторы обсуждают основные задачи, связанные с созданием эффективной системы картографирования, а также предлагают методы решения этих задач. Основное внимание уделяется использованию стереокамер для получения трехмерных данных о местности и создания детальных карт. Также обсуждаются алгоритмы обработки изображений и методы совмещения данных с разных ракурсов для получения точной и надежной информации о рельефе и структуре поверхности. В статье представлены результаты экспериментов и оценки точности разработанной системы, а также перспективы развития данного направления.

**Ключевые слова:** робот, картографирование, стереокамера, трехмерные данные, карты местности, алгоритмы обработки изображений, совмещение данных, рельеф, структура поверхности, эксперименты, точность системы.

# STATEMENT OF THE TASK OF DEVELOPING A ROBOT FOR MAPPING TERRAIN BASED ON A STEREO CAMERA

Kordiyak Gleb Vladimirovich[1], Kozelkov Oleg Vladimirovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]kordiakg90@gmail.com, [2]ok.1972@list.ru

This article discusses the problem of developing a robot for mapping terrain using a stereo camera. The authors discuss the main tasks associated with the creation of an effective mapping system, and also propose methods for solving these problems. The main focus is on the use of stereo cameras to obtain three-dimensional terrain data and create detailed maps. Image processing algorithms and methods of combining data from different angles to obtain accurate and reliable information about the relief and structure of the surface are also discussed. The article presents the results of experiments and estimates of the accuracy of the developed system, as well as the prospects for the development of this direction.

**Keywords.** Robot, mapping, stereo camera, three-dimensional data, terrain maps, image processing algorithms, data combination, relief, surface structure, experiments, system accuracy.

В современном мире робототехника играет важную роль в различных сферах жизни, включая сельское хозяйство, строительство, медицину и картографию. Одной из актуальных задач в области картографии является создание роботов, способных быстро и точно картографировать местность. В данной статье мы рассмотрим разработку робота, который будет использовать стереокамеру для создания карт местности.

**Основные принципы работы робота.** Робот будет работать на основе стереокамеры, которая позволяет определять расстояние до объектов в поле зрения. Камера будет установлена на роботе, который будет перемещаться по исследуемой территории. Робот будет собирать данные о расстоянии до различных объектов и формировать карту местности в реальном времени.

Стереокамера состоит из двух камер, которые снимают одну и ту же сцену с небольшим смещением. Это позволяет системе определить расстояние до объекта, анализируя разницу между изображениями, полученными двумя камерами. Для обработки изображений используются алгоритмы стереоскопической визуализации, которые позволяют получить трехмерное представление сцены и рассчитать расстояние до каждого объекта.

Для перемещения робота используются различные типы мобильные платформы включая колесные, гусеничные, шагающие и другие. В нашем случае робот будет перемещаться на колесном ходу, что обеспечит высокую скорость и маневренность.

**Алгоритм работы:**

1. Определение расстояния до объектов.
2. Создание карты местности.
3. Обновление карты в реальном времени.

На первом этапе робот определяет расстояние до различных объектов на основе данных, полученных стереокамерой. Затем он использует эти данные для создания карты местности. Карта представляет собой набор точек с определенными координатами и расстояниями до них. Робот обновляет карту в реальном времени, добавляя новые точки и корректируя старые при изменении расстояния до объектов.

**Реализация робота**. Для реализации робота необходимо решить ряд технических задач. Во-первых, нужно выбрать стереокамеру, которая будет обеспечивать достаточное разрешение и точность определения

расстояния. Во-вторых, необходимо выбрать подходящий тип мобильной платформы для перемещения робота. В-третьих, нужно разработать алгоритм для обработки данных от стереокамеры и создания карты.

## Источники

1. Andrew Ng, Michael Jordan, Yair Weiss. On Spectral Clustering: Analysis and an algorithm [Электронный ресурс] // Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS 2001) / Ed. by: T. Dietterich and S. Becker and Z. Ghahramani. 2001. Vol. 14. URL: https://proceedings.neurips.cc/paper/2001 (дата обращения: 29.10.2023).

2. Dijkstra E.W. A note on two problems in connexion with graphs // Numerische Mathematik. 1959. Vol. 1, Iss. 1. Pp. 269–271.

УДК 681.513.6

# ОСОБЕННОСТИ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ МЕХАТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ

Куликов Родион Васильевич[1], Малёв Николай Анатольевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]rodion.clash@gmail.com

В данной работе отражена актуальность мехатроники в современном мире, рассмотрены существующие виды мехатронных систем, описаны адаптивные мехатронные системы.

**Ключевые слова**: мехатроника, мехатронная система, робототехника, адаптивное управление.

# FEATURES OF ADAPTIVE CONTROL OF MECHATRONIC SYSTEMS

Kulikov Rodion Vasil'evish[1], Malev Nikolay Anatolievich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]rodion.clash@gmail.com

This article reflects the relevance of mechatronics in the modern world, examines the existing types of mechatronic systems, describes adaptive mechatronic systems.

**Keyword:** mechatronics, mechatronic systems, robotics, adaptive control.

Мехатроника является одним из ключевых направлений развития науки в современном мире. Это наука, которая включает в себя механику, электронику и программирование, и позволяет создавать инновационные устройства и системы [1]. С развитием технологий и увеличением роли автоматизации, мехатроника стала укреплять свое положение и заняла стратегическое положение в различных сферах жизни, включая промышленность, медицину, автомобильную и космическую индустрии, а также в сферу обслуживания [2]. Одним из ключевых преимуществ мехатронных систем является их высокая точность и эффективность. Благодаря интеграции механических, электронных и программных компонентов, мехатроника позволяет создавать устройства, которые выполняют сложные задачи с высокой степенью точности. Это особенно важно в промышленности, где мехатронные системы способны увеличить производительность и качество продукции, снизить затраты на производство [3]. Мехатроника

также занимает важное место в космической индустрии. Создание и управление космическими аппаратами требует обеспечения бесперебойной работы соответствующих технических систем в условиях высокой нагрузки и экстремальных условий космического пространства, зачастую автономно, без прямого участия человека. Мехатронные системы позволяют решить эти проблемы, обеспечивая стабильность и эффективность работы космических аппаратов.

В настоящее время в различных сферах промышленности реализовано несколько поколений мехатронных устройств.

Представителями первого поколения мехатронных устройств являются программные мехатронные системы – системы, поведение которых меняется напрямую человеком в результате изменения заложенной в устройство программы. Примером могут послужить промышленные роботы, которые выполняют циклически одни и те же действия.

Представителями второго поколения мехатронных устройств являются адаптивные мехатронные системы – это устройства, которые реагируют на изменения внешней среды. В таких системах недостаток информации о внешней среде компенсируется более полным, в сравнении с неадаптивными системами, использованием текущей информации, доступной для измерения либо того или иного способа идентификации [4]. Подобные системы в сравнении с неадаптивными системами обладают свойством универсальности и позволяют обеспечить высокую степень автоматизации проектирования, производства и наладки, работать в условиях недостаточного количества информации. Также преимуществом данных мехатронных систем является их способность приспосабливаться к изменениям во внешней среде, обеспечивая эффективность работы в соответствии с выбранными критериями, более точное и надежное выполнение задач. В отличие от мехатронных устройств первого поколения, мехатронные устройства второго поколения могут быть использованы в различных наукоемких отраслях промышленности, медицине, сфере обслуживания людей и т. д. Примерами адаптивных мехатронных устройств являются автоматизированные производственные линии, способные подстраиваться под различные типы продукции и условия работы, медицинские устройства, способные адаптироваться к индивидуальным особенностям и потребностям пациентов.

Таким образом, использование адаптивных мехатронных систем является перспективным направлением, обеспечивающим эффективность, гибкость и надежность функционирования сложных технологических

процессов. Применение этих систем открывает широкие возможности для повышения качества выполнения задач и оптимизации работ в различных сферах народного хозяйства.

## Источники

1. Кориков А.М. О развитии понятия «мехатроника» // Доклады «Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники». 2010. № 1-2. С. 199–202.

2. Теряев Е.Д., Филимонов Н.Б., Петрин К.В. Мехатроника как компьютерная парадигма развития технической кибернетики // Мехатроника, автоматизация, управление. 2009. № 6. С. 2–10.

3. Горбенко Т.И, Горбенко М.В. Основы мехатроники и робототехники: учебное пособие: Томск: Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2012. 126 с.

4. Красовский А.А. Справочник по теории автоматического управлениия. М.: Наука, 1987. 467 с.

УДК 533.16

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ПОТОК

Кучкарова Маълума Рустамовна[1], Никифоров Илья Валерьевич[2]
ФИЦ КазНЦ РАН, г. Казань
КНИТУ–КАИ, г. Казань
[1]maluma2507@mail.ru, [2]ilya.nkfrv1@gmail.com

В работе представлено описание разработанной авторами экспериментальной установки для исследования влияния пристеночных импульсных струй на интегральные характеристики потока в прямоугольном канале. Конструкция установки позволяет измерять перепад давления и трение по длине канала и их изменение под влиянием динамических воздействий при различных числах Рейнольдса.

**Ключевые слова**: турбулентность, управление потоком, неравновесный поток, импульсное воздействие, пристеночная импульсная струя, интенсификация теплоотдачи, снижение сопротивления.

# EXPERIMENTAL FACILITY FOR THE STUDY OF TRANSFER PROCESSES IN FLOWS SUBJECTED TO PULSED EXCITATION

Maluma Rustamovna Kuchkarova[1], Ilya Valeryevich Nikiforov[2]
FIC KazanSC of RAS, Kazan
KNRTU–KAI, Kazan
[1]maluma2507@mail.ru, [2]ilya.nkfrv1@gmail.com

This work presents experimental setup developed by the authors for studying the near-wall pulsed jet effect on the integral characteristics of flows in rectangular channels. The design of the facility makes it possible to measure the pressure drop and friction along the channel depending on the Reynolds number.

**Keywords**: turbulence, flow control, non-equilibrium flow, pulsed action, near-wall pulsed jet, heat transfer enhancement, drag reduction.

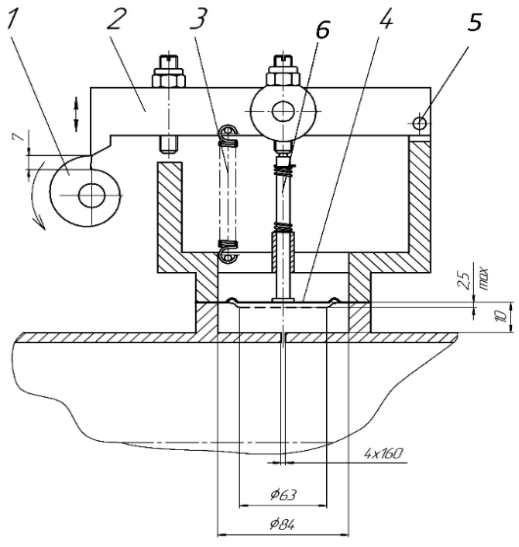
Формирование фундаментальных основ управления турбулентным потоком для целенаправленного изменения интенсивности процессов турбулентного переноса импульса и теплоты является актуальной задачей, которая связана с ключевой ролью этих процессов в задачах интенсификации конвективного теплообмена в теплообменном оборудовании и системах охлаждения элементов тепловых машин, в задачах снижения сопротивления трения обтекаемых поверхностей в авиации, водном

и наземном транспорте, в проточных трактах энергетического оборудования и при транспортировке энергоносителей.

В литературе по проблеме активного управления турбулентным потоком можно найти немногочисленные работы, в которых предлагается использовать импульсный газовый разряд [1], ижектирование струи через кольцевой зазор вдоль канала [2], радиальные струи [3].

В настоящей работе представлено описание разработанной авторами установки для исследования влияния пристеночных импульсных струй на интегральные характеристики потока в прямоугольном канале. Установка представляет собой прямоугольный канал длиной 2,2 м, шириной 180 мм. Высоту канала можно изменять от 10 мм до 40 мм. На верхней стенке размещено устройство импульсного вдува (рис.1). На этой же стенке заподлицо с ней с шагом 140 мм по всей длине канала расположены отверстия отбора статического давления и датчики трения. Канал присоединен к компрессорной установке, обеспечивающей прокачку воздуха, расход которого дозируется и измеряется при помощи набора эталонных критических сопел. Предел неопределенности расхода – не более 0,25 %.

Устройство импульсного вдува, схема которого представлена на рисунке, работает следующим образом: специально профилированный кулачковый механизм *1* приводится в движение электродвигателем и заставляет совершать колебательные движения шток *6*, который жестко присоединен к мембране *4*. При перемещении штока изменяется объем, примыкающий к щели сечением 4×160. Через эту щель медленно засасывается некоторый объем газа из основного потока и импульсно инжектируется обратно в поток.




Устройство импульсного вдува

Преимуществом данного механизма перед другими способами получения струй является отсутствие расхода через устройство, т. е. средний расход через щель раняется нулю.

Выполнены методические эксперименты в установке, которые показали ее работоспособность.

## Источники

1. Duong A., Corke T., Thomas F. Active Turbulent Boundary Layer Drag Reduction using Pulsed-DC DBD Plasma Actuators [Электронный ресурс] // 72nd Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics. Seattle, Washington, 2019. Vol. 64. URL: https://meetings.aps.org/Meeting/DFD19/Session/S26 (дата обращения: 29.10.2023).

2. Destabilizing turbulence in pipe flow / Kühnen J. [et al.] // Nature Physics. 2018. Vol. 14, Iss. 4. Pp. 386–390.

3. Duong A.H., Corke T.C., Thomas F.O. Characteristics of drag reduced turbulent boundary layers through pulsed-DC actuation // AIAA Scitech 2020 Forum. 2020. DOI: http://dx.doi.org/10.2514/6.2020-0098.

УДК 621.81

# ОБЗОР АВТОМАТИЧЕСКИХ КАНАЛОВ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ МИКРОКЛИМАТА В ТЕПЛИЦАХ

Ломакин Игорь Владимирович[1], Шабаева Регина Рафисовна[2],
Ахметзянов Ильдар Инсафович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]lomakin_igor@mail.ru, [2]srr1809@mail.ru, [3]ahmetzyanov.ildar@litsey79.ru

Статья посвящена исследованию автоматического канала управления параметрами микроклимата теплицы. В статье выполнен анализ микропроцессорных устройств автоматического канала контроля управления микроклимата теплицы. Сформулированы требования к универсальному прибору управления температурой и влажностью в садовых теплицах, определены для него переменные функций преобразования и коммуникации.

**Ключевые слова:** теплица, температура, влажность, туманообразование, автоматический полив, функция преобразования, функция коммуникации, функция надежности.

# REVIEW OF AUTOMATIC CHANNELS FOR MONITORING AND CONTROL OF MICROCLIMATE PARAMETERS IN GREENHOUSES

Lomakin Igor Vladimirovich[1], Shabaeva Regina Rafisovna[2],
Ildar Insafovich Akhmetzyanov[3]
[1,2,3]KSPEU, Kazan
[1]lomakin_igor@mail.ru, [2]srr1809@mail.ru, [3]ahmetzyanov.ildar@litsey79.ru

The article is devoted to the study of an automatic channel for controlling microclimate parameters of a greenhouse. The article analyzes microprocessor devices for an automatic channel for monitoring the microclimate control of a greenhouse. The requirements for a universal temperature and humidity control device in garden greenhouses are formulated, and the variables of the conversion and communication functions are determined for it.**Keywords:** greenhouse, temperature, humidity, fogging, automatic watering, transformation function, communication function, reliability function.

Одной из ключевых отраслей экономики, оказывающей непосредственное влияние на уровень и качество жизни людей, является сельское хозяйство. Как и другие отрасли данная отрасль экономики непрерывно развивается, и постепенно в неё внедряются новые инструменты и технологии. В данной статье будет рассмотрен один из таких инструментов – теплица с автоматическим управлением параметрами микроклимата.

Теплица – специальное помещение с покрытием из светопрозрачного материала для круглогодичного выращивания тепличных культур и рассады [1]. С помощью теплиц обеспечивается выращивание культур, требующих определённых внешних условий, таких как температура воздуха, влажность, освещённость. В качестве объекта анализа выбраны садовые теплицы классифицируемые как рассадные (защищенного вида), весенние (эксплуатируемые весной, летом и осенью), бесстеллажные (грунтовые) и ангарные [2], площадью от 10 до 50 кв. м.

В настоящее время управление температурой и влажностью в теплицах осуществляется с помощью контроллеров и системы туманообразования, что обеспечивает поддержание стабильных климатических условий в зоне работы. В работе выполнен анализ алгоритмов функционирования следующих устройств автоматизированного управления параметрами микроклимата:

1) контроллер одноканальный Туман-1 (Т-1), предназначенный для управления работой одного контура или сектора туманообразователей. Применяется в установках туманообразования грибниц, рассадников, не больших до 0,25 га теплиц, и т. п., где не требуется разбивать систему туманообразования на несколько секторов [3];

2) полуавтомат управления системой испарительного охлаждения теплиц СИОТ-8, используемый для управления работой системы испарительного охлаждения теплиц, систем увлажнения грибниц и рассадников в полуавтоматическом режиме без обратной связи по влажности и температуре воздуха [3];

3) туманообразователь «Вихрь-4», предназначеный для увлажнения воздуха и при этом снижении его температуры в камерных помещениях и локальных зонах [3].

Анализ работы контроллеров показал, что все они обеспечивают выставленные вручную периоды работы туманообразователя и паузы. Однако обратные связи по температуре и влажности у них отсутствуют.

Наличие микроконтроллеров позволяет организовать эти связи в автоматическом режиме. Кроме того, наличие туманообразователя предполагает возможность использования их для опрыскивания растений удобрениями или защитными препаратами.

Для получения функциональной структуры [4] прибора была определена совокупность функциональных элементов и функциональных отношений между ними, называемых связями.

Функция преобразования прибора позволяет обеспечить формирование выходных переменных «туманообразования», «пауза» в зависимости от выходных переменных температуры и влажности.

В качестве входных переменных основной функции преобразования прибора управления можно выбрать следующие параметра микроклимата в теплице:

EVT – температура воздуха;

EVH – относительная влажность;

В качестве вспомогательного параметра возможно использование текущей даты EVdate и времени EVtime.

Выходные переменные для функции преобразования будут определяться совокупностью элементов требующих сигналов управления. В качестве исполнительных элементов предполагается использовать:

AVP – насос;

AVK1 – электромагнитный клапан подачи воды на фоггеры;

AVK2 – электромагнитный клапан подачи воды на капельницу для полива;

AVB – вентилятор.

Для обеспечения связи прибора управления с оператором необходимо определить функции коммуникации. В качестве входных коммуникационных переменных можно предложить:

EKR – включение режима работы или настройки параметров системы;

EKN – задание численных значений выбранных параметров, в том числе даты и времени;

EKP – запуск внеочередного режима «Корневая подкормка»;

EKO – запуск внеочередного режима «опрыскивание»;

Выходными коммуникационными переменными будут:

Aki – отображение режима работы или настраиваемого параметра;

AKj – отображение количественных значений настраиваемых параметров;

AKDT – отображение текущих даты и времени.

Исходя из перечня коммуникационных переменных, после выбора вычислительного устройства датчиков и модуля времени можно будет определить сигналы управления W и контроля V.

В качестве функции надежности выбираем размещение во влагозащищенном корпусе с обеспечением теплоотвода от микроконтроллера и защитой от внешних механических воздействий.

## Источники

1. Теплицы. Их характеристика [Электронный ресурс]: URL: https:// lektsii.net/3-60814.html/ (дата обращения: 28.09.2023).

2. Классификация теплиц [Электронный ресурс]: URL: https:// mydocx.ru/5-98403.html (дата обращения: 28.09.2023).

3. Контроллеры для систем ирригации. Автоматизация туманообразования и раздачи питательных растворов [Электронный ресурс]: URL: https: //fakel-dn.ru/fsu7/ (дата обращения: 28.09.2023).

4. Основы проектирования приборов и систем: метод. пособие / сост.: Л.К. Генералов. Владимир: ВлГУ, 2013. 123 с.

УДК 621.438

# ВЛИЯНИЕ ЧИСЛА МАХА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО КОМПРЕССОРА

Лысов Федор Дмитриевич[1], Саитов Станислав Радикович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]flysov@gmail.com

В данном докладе рассматривается влияние числа Маха на характеристики двухступенчатого компрессора.

**Ключевые слова**: двухступенчатый компрессор, число Маха, газотурбинная установка.

# THE EFFECT OF THE MACH NUMBER ON THE CHARACTERISTICS OF A TWO-STAGE COMPRESSOR

Lysov Fedor Dmitrievich[1], Saitov Stanislav Radikovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]flysov@gmail.com

This report examines the influence of the Mach number on the characteristics of a two-stage compressor.

**Keywords**: two-stage compressor, Mach number, gas turbine installation.

В современных инженерных разработках, особенно в области авиации, эффективность и производительность двигателей являются ключевыми факторами. В поисках более эффективных методов компрессии воздушного потока, ученые и инженеры обратили свое внимание на числа Маха, которые играют важную роль в характеристиках двухступенчатых компрессоров.

Число Маха – это отношение скорости движения объекта к скорости звука в среде, в которой он движется. В случае компрессора, число Маха определяет, насколько быстро движется воздушный поток через компрессор и как это влияет на его характеристики. Для достижения оптимальной производительности и эффективности двигателя, необходимо правильно подобрать число Маха для данного компрессора.

Влияние числа Маха на характеристики двухступенчатого компрессора имеет несколько важных аспектов. Первым и, пожалуй, самым значимым является эффект подачи воздуха. Число Маха определяет, как быстро воздух поступает в компрессор и как это влияет на его работу. Слишком высокое число Маха может вызвать потерю энергии

во время столкновения воздуха с лопатками компрессора, в то время как слишком низкое число Маха может привести к недостаточной подаче воздуха и снижению производительности [1].

Другой важный аспект влияния числа Маха на характеристики компрессора – это его влияние на сжатие воздушного потока. Скорость движения воздуха через компрессор определяет, насколько сильно он будет сжат. При высоких числах Маха сжатие будет более интенсивным, что может привести к повышенному износу лопаток и ухудшению производительности компрессора. Дополнительно, число Маха также влияет на обратный поток воздуха, происходящий в компрессоре. При определенных условиях и значении числа Маха, может возникать обратный поток воздуха, что может приводить к нестабильной работе компрессора и снижению его эффективности [2].

Исходя из вышеизложенного, понимание влияния числа Маха на характеристики двухступенчатого компрессора является необходимым для разработки более эффективных и производительных двигателей. Более глубокий анализ этого вопроса позволит ученым и инженерам оптимизировать конструкцию и работу компрессора, улучшая его производительность и эффективность [3].

## Источники

1. Тао Л., Ядун У., Хуа О. Расчет характеристик трансзвукового осевого компрессора усовершенствованным методом искривленных линий тока // Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа. 2020. № 1. С. 124–135.

2. Ваняшов А.Д., Юша В.Л. Методы и технологии адаптации основного и вспомогательного оборудования компрессорных установок и станций к нестабильным условиям эксплуатации // Омский научный вестник. Серия: Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. 2023. Т. 7, № 3. С. 24–35.

3. Саитов С.Р., Чичирова Н.Д., Чичиров А.А. Баромембранные технологии в схеме водоподготовки Уфимской ТЭЦ-1 // Вестник Казанского гос. энергетического ун-та. 2017. № 2 (34). С. 58–67.

УДК 62-503.54

# МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРИБОРА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ В НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

Магамадов Павел Эдуардович[1], Козелков Олег Владимирович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]p.magamadov2001@mail.ru, [2]ok.1972@list.ru

Проблема контроля качества технических жидкостей для обслуживания скважин в полевых условиях на данный момент является актуальной. При работе со скважинами возникает необходимость их прочистки от посторонних жидкостей и грунта. Для прочистки скважин используются различные растворы, подготавливаемые геологами. Так как состав данных растворов напрямую влияет на работу скважины, есть необходимость контроля его плотности перед использованием и во время перевозки. В данной работе проведен анализ существующих аналогов, выявлены их недостатки, изложен процесс создания прибора контроля плотности жидкости.

**Ключевые слова.** Кислоты, измерение плотности, автоматизация, алгоритм измерения, технологический процесс.

# MODERNIZATION OF A QUALITY CONTROL DEVICE FOR TECHNICAL FLUIDS IN THE OIL PRODUCING INDUSTRY

Magamadov Pavel Eduardovich[1], Kozelkov Oleg Vladimirovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]81.ahonev@mail.ru, [2]ok.1972@list.ru

The problem of quality control of technical fluids for well servicing in field conditions is currently relevant. When working with wells, it becomes necessary to clean them from foreign liquids and soil. To clean wells, various solutions prepared by geologists are used. Since the composition of these solutions directly affects the operation of the well, there is a need to control its density before use and during transportation. In this work, an analysis of existing analogues is carried out, their shortcomings are identified, and the process of creating a liquid density monitoring device is outlined.

**Keywords**. Oxygen, oxygen measurement, automation, aeration, measurement algorithm, technological process.

**Элементы разрабатываемого прибора.** Для создания разрабатываемой системы необходимо определить перечень необходимых элементов, произвести поиск возможных вариантов, и выбрать оптимальный вариант, который бы удовлетворял необходимым требованиям. Для модернизации прибора контроля качества технических жидкостей и реализации

ее основных и дополнительных функций необходимы такие элементы, как датчик, коммутационные провода, колба и каркас. Также в систему помимо прибора входят: коммутатор и блок приема и обработки.

**Датчик.** Так как разрабатываемая система предназначена для работы в полевых условиях, подразумевается, что она будет подвержена тяжелым условиям работы: большим перепадам температуры, влажности, воздействиям других внешних факторов, то есть от датчика требуется высокая степень защищенности от внешних воздействий. От датчика требуется достаточный диапазон измерений, чтобы отображать достаточно точные показания плотности.

Наиболее распространенными являются тензометрические датчики Тензометрический датчик, в соответствии с п.2.1.2 ГОСТ 8.631-2013 представляет собой весоизмерительный элемент, который реагирует на изменение величины физического воздействия (усилия) и переводит его в электрический сигнал. Другими словами, это резистор, меняющий параметр омического сопротивления, по отношению к прилагаемой силе. Датчики данного типа широко используются для измерения массы и нагрузки в весоизмерительных системах. В зависимости от сферы применения используются различные типы тензодатчиков, отличающихся как принципом действия, так и конструктивными особенностями.

Для работы над прибором был выбран Тензодатчик для весов 10 кг, так как данный датчик удовлетворяет необходимым параметрам, прост и надежен в исполнении, а также выдает необходимо точные результаты измерений (рис. 1).

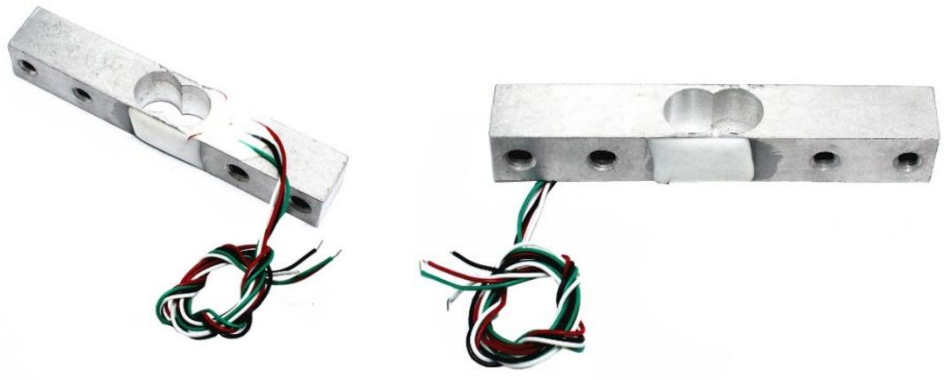


Рис. 1. Внешний вид Тензодатчика для весов 10 кг

Тензометрический датчик мостового типа на 10 кг используется для определения веса. Датчик представляет собой прямоугольный брусок (рис. 2) из алюминиевого сплава, с отверстием в центре.

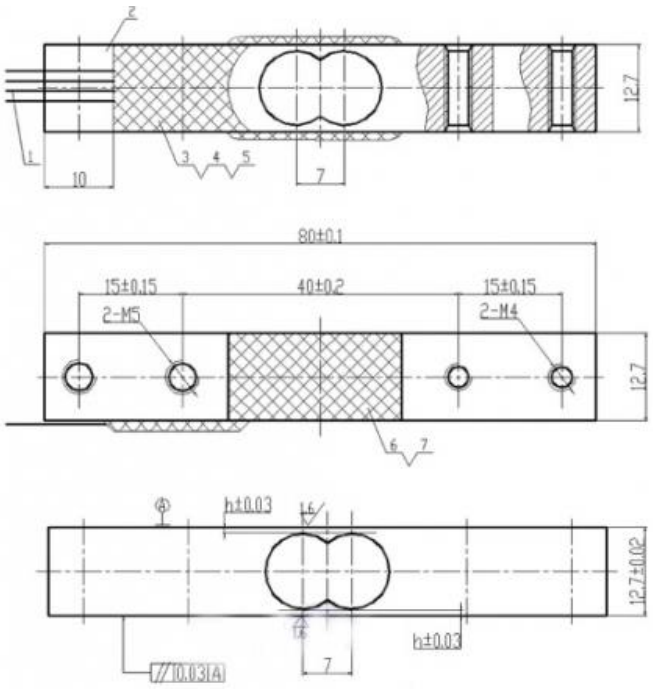



Рис. 2. Чертёж Тензодатчика для весов 10 кг

На боковые поверхности нанесены четыре тонкоплёночных тензорезистора, соединённых по мостовой схеме, поэтому датчик имеет 4 вывода. Выходное сопротивление тензорезисторов внутри датчика пропорционально величине деформации измеряющего элемента.

## Источники

1. Мухаметгалеев Т.Х., Бикбулатов Р.И., Пирогова А.М. Автоматизация расчета параметров греющего провода при зимнем бетонировании // Инженерный вестник Дона. 2022. № 12 (86). С. 382–390.

2. Программная Реализация Регулятора Положения / Н.А. Малёв [и др.] // Тр. VIII Междунар. (XIX Всерос.) конф. по автоматизированному электроприводу: в 2 т. / отв. за вып. И.В. Гуляев. Саранск, 2014. Т. 1. С. 474–478.

3. Система для контроля утечки газа из магистральных газопроводов: пат. 2638136 Рос. Федерация № 2016129711; заявл. 20.07.2016; опубл. 11.12.2017, Бюл. № 35.

4. Трубопроводный диагностический робот: пат. 2707644 Рос. Федерация № 2018129047; заявл. 07.08.2018; опубл. 28.11.2019, Бюл. № 34.

5. Внутритрубный робот для диагностики трубопроводов: пат. 2773721 Рос. Федерация № 2021133924; заявл. 22.11.2021; опубл. 08.06.2022, Бюл. № 16.

УДК 62-9

# УЛЬТРАЗВУКОВОЙ МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ И АНАЛИЗА ГАЗА

Макунев Тимур Фанурович[1], Козелков Олег Владимирович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]tmakunev@mail.ru, [2]ok.1972@list.ru

Идентификация и анализ газа являются важными задачами во многих областях, таких как промышленность, экология и медицина. Одним из методов, используемых для определения свойств газа, является ультразвуковая техника. Основная цель данной статьи заключается в описании принципов работы ультразвукового метода и его применении для анализа газа.

**Ключевые слова.** Газ, идентификация газа, анализ газа, ультразвуковой анализ газа.

# ULTRASONIC GAS IDENTIFICATION AND ANALYSIS METHOD

Makunev Timur Fanurovich[1], Kozelkov Oleg Vladimirovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]tmakunev@mail.ru, [2]ok.1972@list.ru

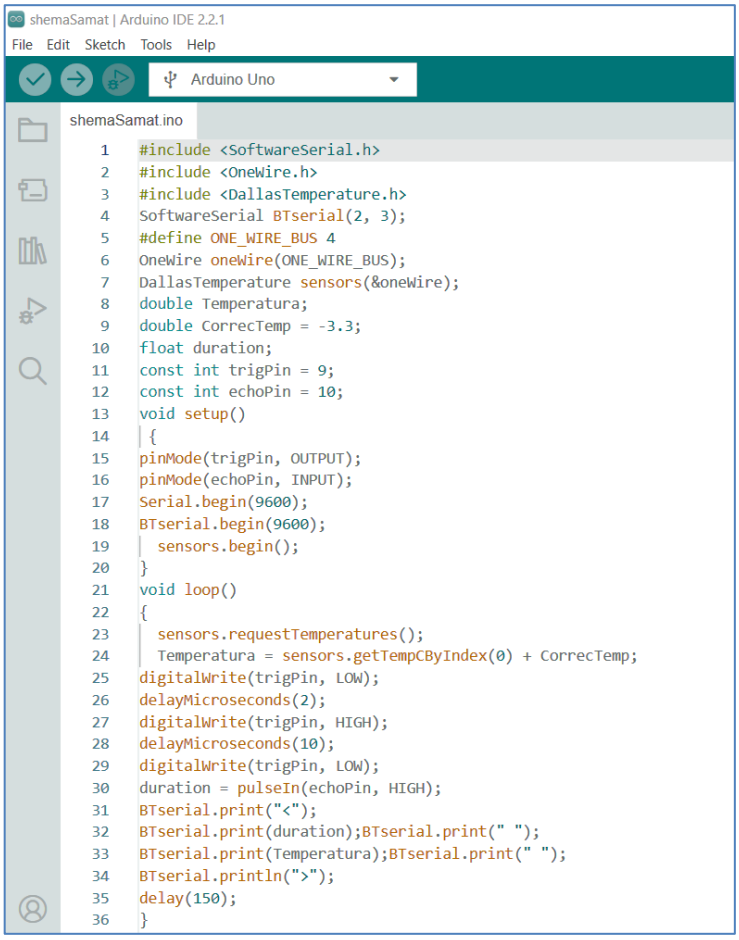
Gas identification and analysis are important tasks in many fields, such as industry, ecology and medicine. One of the methods used to determine the properties of a gas is ultrasound technology. The main purpose of this article is to describe the principles of the ultrasonic method and its application for gas analysis.

**Keywords.** Gas, gas identification, gas analysis, ultrasonic gas analysis.

Ультразвуковая идентификация газа является эффективным методом определения свойств и состава газовых смесей. Она основана на использовании ультразвуковых волн, которые распространяются через газовую среду и подвергаются изменениям в зависимости от ее физических и химических свойств. Одним из ключевых преимуществ ультразвукового метода идентификации газа является его высокая чувствительность и возможность работы в широком диапазоне концентраций газов. Кроме того, этот метод не требует большого количества образцов газа для анализа и может быть использован для определения как одного компонента, так и состава сложных газовых смесей.

Однако следует отметить некоторые ограничения ультразвуковой идентификации газа. Во-первых, точность результатов может зависеть от условий проведения эксперимента, таких как температура и давление окружающей среды. Во-вторых, некоторые компоненты газовой смеси могут не иметь достаточной чувствительности к ультразвуку, что может затруднить их определение.

**Реализация ультразвуковой идентификации газа на базе микроконтроллера Arduino.** С помощью ультразвукового датчика расстояния HC-SR04 можно идентифицировать газ в специальном пробоотборном баллоне. Поскольку скорость звука также зависит от абсолютной температуры, ее необходимо измерять с помощью датчика температуры DS18B20. Ниже приведен пример скетча на языке С для идентификации газа с выводом на экран (см. рисунок).




Программный код

## Источники

1. Способ ультразвукового анализа состава газообразной среды: а. с. 1496466 СССР № 4274095/28; заявл. 01.07.1987; опубл. 23.047.1991, Бюл. № 15.

2. Воробьев Н.П. Никольский О.К. Аппаратурная реализация акустического анализа газов по крутизне фронта ударной волны в технологиях АПК // Вестник КрасГАУ. 2006. № 10. С. 266–272.

УДК 681.2

# КРАТКИЙ ОБЗОР РАЗРАБОТКИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO

Миннегулов Равиль Нафисович[1], Кашаев Рустем Султанхамитович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]ya.faniska97@yandex.ru

Статья посвящена разработке и моделированию системы «Умный дом» на базе Arduino. В качестве центрального модуля интеллектуальной системы управления предложено использовать контроллер Arduino. Рассматривается процесс разработки системы, включая выбор и подключение необходимых компонентов, программирование микроконтроллера Arduino, создание пользовательского интерфейса и тестирование функциональности системы. Исследование в данной области позволяют оценить эффективность и функциональность системы. Результаты работы могут быть использованы для создания реальной системы «умный дом» на базе Arduino и внедрения ее в жилищные объекты для повышения комфорта и энергоэффективности.

**Ключевые слова:** Arduino, энергоэффективность, контроллер, программирование, «умный дом», комфорт.

# A BRIEF OVERVIEW OF THE DEVELOPMENT AND SIMULATION OF THE SMART HOME SYSTEM USING THE ARDUINO PLATFORM

Minnegulov Ravil Nafisovich[1], Kashaev Rustem Sultanhamitovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]ya.faniska97@yandex.ru

The article is devoted to the development and modeling of the “Smart Home” system based on Arduino. It was proposed to use an Arduino controller as the central module of the intelligent control system. The process of system development is considered, including the selection and connection of the necessary components, programming the Arduino microcontroller, creating a user interface and testing the functionality of the system. Research in this area allows us to evaluate the effectiveness and functionality of the system. The results of the work can be used to create a real “smart home” system based on Arduino and implement it in residential facilities to increase comfort and energy efficiency.

**Keywords:** arduino, energy efficiency, controller, programming, smart home, comfort.

Целью данной статьи является разработка и моделирование системы умного дома с использованием Arduino. Основные задачи включают в себя:

1. Выбор компонентов: идентификация необходимых датчиков, исполнительных устройств и других компонентов для реализации умного дома; рассмотрение совместимости выбранных компонентов с Arduino.

2. Проектирование системы: разработка архитектуры системы умного дома; определение основных функций, таких как управление освещением, температурой, безопасностью и др.

3. Программирование: написание программного кода для Arduino, обеспечивающего взаимодействие с выбранными компонентами; реализация логики автоматизации в зависимости от различных сценариев использования.

4. Моделирование: создание виртуальной модели умного дома для симуляции работы системы; тестирование различных сценариев и проверка эффективности автоматизации.

Система умного дома на основе Arduino имеет актуальность в наше время по многим причинам:

– доступность и невысокая стоимость;

– гибкость и возможность расширения функционала;

– простота использования и программирования;

– легкая интеграция с другими технологиями;

– возможность настройки под конкретные потребности.

Понятие «умный дом» охватывает систему управления, объединяющую все основные функции жилища, включая отопление, освещение, климатические системы, безопасность и мультимедийные устройства.

Arduino представляет собой открытую платформу с доступной ценой, что делает ее доступной для широкого круга пользователей. Это позволяет людям создавать и настраивать системы умного дома в соответствии со своими потребностями.

Программная часть включает бесплатную среду разработки (IDE) для написания, компиляции и загрузки программ на устройства.

В целом, система умного дома на основе Arduino актуальна, так как предлагает доступное, гибкое и настраиваемое решение для автоматизации и улучшения жизни владельцев домов.

Arduino UNO – печатная плата, основанная на микроконтроллере ATmega 328pc тактовой частотой 16 МГц, имеющая 6 аналоговых входов и 14 цифровых вход/выходных выводов, предназначенная для создания различных используемых в системе устройств. Контроллер программируется с помощью USB кабеля, посредством IDE Arduino. Источником питания может служить USB кабель или внешний источник (например, батарейка). Рекомендуемый диапазон напряжения составляет 7–12 В.

На аппаратном уровне за связь с компьютером отвечает модуль последовательного интерфейса передачи данных (UART), который встроен в ATMega328 и выведен на контактах 0(RX) и 1(TX) платы Arduino Uno. Однако просто передавать данные на компьютер не получится. Посредником между ATmega328 и компьютером выступает отдельно установленный микроконтроллер ATMega16. Его специальная прошивка позволяет определять плату Arduino Uno как виртуальный COM-порт, когда та подключается к ПК. Обмен данными будет сопровождаться миганием соответствующих светодиодов RX и TX, расположенных справа от ATMega16.

Одним из ключевых компонентов системы «умный дом» на базе Arduino являются датчики. С их помощью можно собирать информацию о состоянии окружающей среды, такой как температура, влажность, освещение и т. д. Эта информация может быть использована для автоматического управления системами отопления, кондиционирования воздуха, освещения и другими устройствами.

Для управления устройствами в системе «умный дом» на базе Arduino используются реле. Оно позволяет включать и выключать различные электрические устройства. Это позволяет создавать сценарии автоматического управления, например, включение света при открытии двери или выключение всех устройств перед выходом из дома.

Для управления системой можно использовать различные интерфейсы, такие как кнопки, сенсорные экраны или мобильные приложения. Они позволяют пользователю контролировать и настраивать систему в удобном для него формате.

Моделирование системы позволяет проверить работоспособность и эффективность различных компонентов и сценариев управления. С помощью специального программного обеспечения можно создавать виртуальную модель дома и симулировать различные сценарии работы системы.

Разработка и моделирование системы «умный дом» на базе Arduino предоставляет возможность создания удобной, безопасной и энергоэффективной среды для жизни. Arduino позволяет легко создавать и программировать устройства, а моделирование системы позволяет проверить её работоспособность до реализации. Это делает Arduino одной из наиболее популярных платформ для разработки систем «умный дом».

## Источники

1. Arduino Software [Электронный ресурс]: https://www.arduino.cc/en/Guide/Environment (дата обращения: 28.09.2023).

2. Блум Дж. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства. СПб.: БХВ-Петербург, 2017. 336 с.

3. Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino. СПб.: БХВ-Петербург, 2014. С. 21–22.

4. Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino. СПб.: БХВ-Петербург, 2012. 256 с.

5. Монк С. Программируем Arduino. Профессиональная работа со скетчами. СПб.: Питер, 2017. 265 с.

УДК 336.13

# ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО РЕАКТОРА

Миняев Николай Михайлович[1], Мухаметгалеев Танир Хамитевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]2000_minyaev@mail.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

В наше время высокотемпературные реакторы являются неотъемлемой частью атомной промышленности. Они предлагают различные модели, предназначенные для работы при более высоких температурах, что позволяет им вырабатывать больше энергии и электричества. Это делает их важным источником чистой и устойчивой энергии. Кроме того, они более безопасны по сравнению с обычными реакторами, поскольку работают без давления и в открытой системе. Таким образом, высокотемпературные реакторы являются отличным решением для различных применений, требующих тепловой энергии при высоких температурах.

**Ключевые слова:** высокотемпературный реактор, тепло, энергия, безопасность, атомная промышленность.

# RESEARCH AND ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF USING VARIOUS MODELS OF A HIGH-TEMPERATURE REACTOR

Minyaev Nikolay Mikhailovich[1], MuhametgaleevTanirHamitevich[2]
[1]KSPEU, Kazan
[1]2000_minyaev@mail.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

Nowadays, high-temperature reactors are an essential part of the nuclear industry. They offer various models that are designed to operate at higher temperatures, which allows them to generate more energy or electricity. This makes them an important source of clean and sustainable energy. Moreover, they are safer compared to conventional reactors, as they operate without pressure and in an open system. Therefore, high-temperature reactors are an excellent solution for various applications that require heat energy at high temperatures.

**Keywords:** high-temperature reactor, heat, energy, safety, nuclear industry.

Высокотемпературный реактор (ВТР) – это тип ядерного реактора, который работает при температурах выше, чем у обычных реакторов. Основным назначением высокотемпературного реактора является выработка тепла, которое может быть использовано для различных применений, таких как производство электроэнергии, промышленные процессы и системы тепловых насосов.

Модульный реактор с гранулированным топливом представляет собой газоохлаждаемый ядерный реактор с графитовым замедлителем. Базовая конструкция реакторов, работающих с гранулированным топливом, включает в себя графитовые топливные сферы. Эти гранулы размером примерно 6,7 см в диаметре изготовлены из пиролитического графита, который действует как замедлитель и содержит тысячи микрочастиц топлива, называемых частицами ТРИСО. Эти частицы топлива ТРИСО состоят из делящегося материала (например, 235U), окруженного слоем керамического покрытия из карбида кремния для обеспечения структурной целостности и удержания продуктов деления. В Модульный реакторе с гранулированным топливом тысячи гранул накапливаются для создания активной зоны реактора и охлаждаются газом, таким как гелий, азот или углекислый газ, который не вступает в химическую реакцию с топливными элементами. Тип реакторов считается пассивно безопасным [1].

Реактор на расплавах солей является одним из видов высокотемпературного реактора, в котором основой охлаждающей жидкостью является смесь расплавленных солей, которая может работать при высоких температурах (термодинамическая эффективность реактора прямо пропорциональна рабочей температуре) [2], оставаясь при этом при низком давлении. Это уменьшает механические напряжения и повышает безопасность и долговечность. В некоторых вариантах ядерное топливо тоже жидкое, и является теплоносителем, что упрощает конструкцию реактора, уравнивает выгорание топлива, а также позволяет заменять горючее, не останавливая реактор. В качестве солей обычно предлагаются фториды актинидов (в зависимости от типа реактора и топлива это торий, уран, плутоний и другие актиниды).

Ядерный реактор с газовым охлаждением представляет из себя прямоточный ядерный реактор четвертого поколения с графитовым замедлителем. ВГР – это тип ВТР, который теоретически может иметь температуру на выходе 1000 °C. Активная зона реактора может быть либо «призматическим блоком» (напоминающим обычную активную зону реактора), либо активной зоной с галечным слоем. Высокие температуры позволяют производить водород с помощью термохимического цикла серо-йод [3].

Уран-графитовый реактор – эта модель использует графитовые стержни в качестве топлива, а также в качестве замедлителя и работает при температуре 850 °C. Графитовые стержни помещаются в камеру реактора, и вся система поддерживается в вакууме для предотвращения

коррозии. Тепло образуется при распаде радиоактивных элементов в графитовых стержнях, в результате чего образуется высокотемпературный пар, который приводит в движение турбину и вырабатывает электричество.

Таким образом, каждая из этих моделей ВТР обладает своими уникальными характеристиками, сильными и слабыми сторонами. Все они обладают важными преимуществами по сравнению с традиционными ядерными реакторами и в потенциале могут внести значительный вклад в страны, которые стремятся расширить чистую энергию путем производства и использования ядерной промышленности.

## Источники

1. Kadak A.C. A future for nuclear energy: pebble bed reactors // International Journal of Critical Infrastructures. 2005. Vol. 1, Iss. 4. Pp. 330–345.

2. Forsberg C.W., Peterson P.F., Pickard P.S. Molten-salt-cooled advanced high-temperature reactor for production of hydrogen and electricity // Nuclear Technology. 2003. Vol. 144, Iss. 3. Pp. 289–302.

3. Design and manufacture of the fuel element for the 10 MW high temperature gas-cooled reactor / C. Tang [et al.] // Nuclear engineering and design. 2002. Vol. 218, Iss. 1-3. Pp. 91–102.

УДК 621.313

# ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИНХРОННЫХ СЕРВОДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

Монтиэль Кайседо Карен Лисет[1], Малёв Николай Анатольевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[2]maleeev@mail.ru

В работе приведены элементы конструкции и основные характеристики синхронных серводвигателей с постоянными магнитами на роторе, обусловливающие их широкое применение в современных мехатронных системах. Рассматриваются особенности коммутации и условия получения максимального вращающего момента.

**Ключевые слова:** мехатронная система, сервопривод, синхронный двигатель, коммутация.

# FEATURES OPERATION OF SYNCHRONOUS SERVOMOTORS ELECTROMECHANICAL MECHATRONIC SYSTEMS

Montiel Caicedo Karen Liset[1], Nikolay Anatolievich Malev[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1,2]maleeev@mail.ru

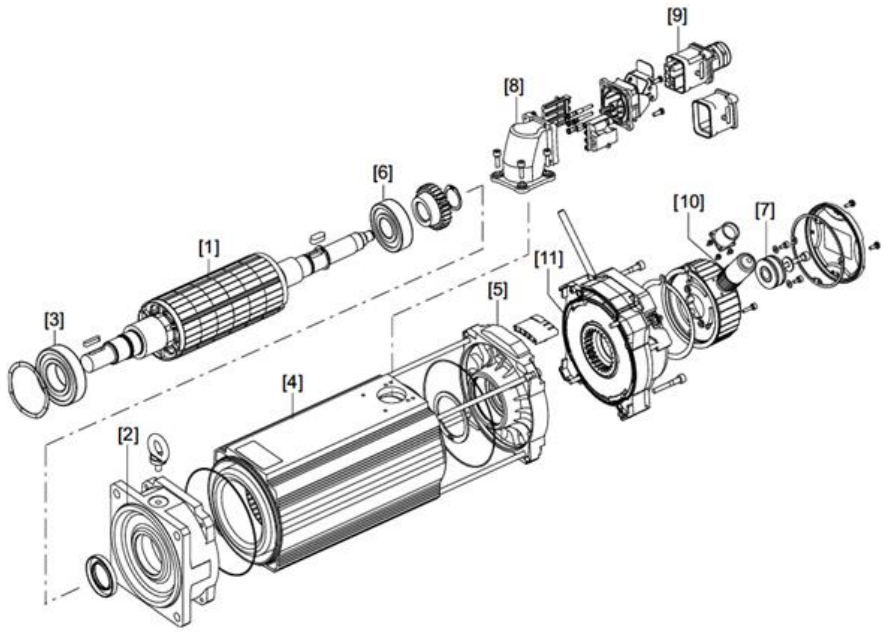
The paper presents the design elements and main characteristics of synchronous servomotors with permanent magnets on the rotor, which determine their widespread use in modern mechatronic systems. The features of switching and the conditions for obtaining maximum torque are considered.

**Keywords**: mechatronic system, servo drive, synchronous motor, commutation.

В электромеханических мехатронных системах в качестве исполнительных элементов широкое применение находят синхронные серводвигатели постоянными магнитами на роторе, обладающие высокими перегрузочной способностью и качеством регулирования частоты вращения, широким диапазоном регулирования и возможностью длительной работы с пусковым моментом на низких скоростях [1, 2].

Конструктивные элементы синхронного серводвигателя с постоянными магнитами показаны на рисунке.

Рассмотренный типоразмер синхронных серводвигателей обладает широким диапазоном регулирования, устойчиво функционирует при значительных моментах инерции нагрузки, оснащён тормозным устройством и имеет ряд дополнительных опций, таких как принудительное охлаждение, усиленные подшипники и др. [3].




Конструктивные элементы синхронного серводвигателя типа СМ:
*1* – ротор; *2* – подшипниковый щип с фланцем; *3* – радиальный шарикоподшипник;
*4* – корпус со статором; *5* – задний подшипниковый щит;
*6* – радиальный шарикоподшипник; *7* – резольвер; *8* – корпус штекерного разъема;
*9* и *10* – штекеры силового и сигнального кабелей в сборе; *11* – тормоз в сборе

При работе серводвигателя под нагрузкой наблюдается пространственный сдвиг, вызывающий отставание ротора относительно вращающегося с синхронной скоростью поля статора на так называемый роторный угол α, с увеличением которого вращающий момент двигателя возрастает, достигая максимума при α = 90°. При значении α большем или меньшем 90° вращающий момент снижается, вызывая нестабильный рабочий режим мехатронной системы вплоть до перегрева и повреждения серводвигателя.

В целях обеспечения выполнения условия максимального момента в двигательном режиме полюс статора должен опережать полюс ротора на 90°, а в генераторном режиме – отставать на 90°. Система управления серводвигателем рассчитывает фазные токи двигателя на основании технических характеристик в соответствии с моделью двигателя, обеспечивая требуемое результирующее магнитное поле.

Контроль положения ротора осуществляется с помощью соответствующего датчика. К фактическому положению ротора прибавляется (или вычитается, в зависимости от направления вращающего момента) 90° и рассчитываются соответствующие фазные токи [4].

В качестве датчиков положения в синхронных серводвигателях используются резольверы или синусно-косинусные датчики абсолютного отсчета. На основании данных, полученных от такого датчика положения,

электронный преобразователь обеспечивает угол α = 90°. Данное условие выполняется при точной ориентации датчика положения по полюсам постоянных магнитов, обеспечивая 90-градусный сдвиг внешнего магнитного поля статора.

## Источники


1. Герман-Галкин С.Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. М.: Корона-Век, 2014. 368 с.
2. Погодицкий О.В., Малёв Н.А. Проектирование мехатронных систем: в 2 ч. Ч. 1. Анализ и синтез: учеб. пособие. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. 312 с.
3. Butterworth J.A., Pao L.Y., Abramovitch D.Y. Analysis and comparison of three discrete-time feedforward model-inverse control techniques for nonminimum-phase systems // Mechatronics. Vol. 22, Iss. 5. Pp. 577–587.
4. Malev N.A., Mukhametshin A.I., Pogoditsky O.V. Analysis and Study of the Dynamic Processes of a Permanent Magnet Synchronous Motor with a Wide Range of Parameter Variations Using the Reference Model // Proc. of the 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). Vladivostok, Russia, 2019. DOI: https://doi.org/10.1109/FarEastCon.2019.8934216.

УДК: 621.382.3

# РАСЧЕТ И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ УСТАНОВКИ НАВЕДЕНИЯ С УЧЕТОМ УПРУГИХ СВЯЗЕЙ

Мустафин Тимур Алмазович[1], Малёв Николай Анатольевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]konamipes354@gmail.com, [2]maleeev@mail.ru

В данной статье рассматривается проблема расчета и исследования мехатронной системы установки наведения с учетом упругих связей. Мехатронные системы являются сложными интегрированными системами, состоящими из механических, электронных и управляющих компонентов. Упругие связи в таких системах играют важную роль, поскольку они могут существенно влиять на их динамику и точность работы. В статье представлены модели и методы для расчета и исследования мехатронных систем с упругими связями, включая упругие элементы и упругие зубчатые передачи. Особое внимание уделяется анализу влияния упругих связей на динамику и точность работы системы установки наведения. Результаты исследования могут быть полезными для разработки более эффективных и точных мехатронных систем наведения в различных областях, таких как робототехника, автоматизация производства и авиационная промышленность.

**Ключевые слова:** исследование, мехатронные системы, упругие связи, установка наведения, динамика, точность.

# CALCULATION AND INVESTIGATION OF THE MECHATRONIC GUIDANCE SYSTEM WITH CONSIDERATION OF ELASTIC BONDS

[1]Mustafin Timur Almazovich, [2]Malev Nikolay Anatolyevich
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]konamipes354@gmail.com ,[2]maleeev@mail.ru

This article deals with the problem of calculation and research of a mechatronic guidance system taking into account elastic bonds. Mechatronic systems are complex integrated systems consisting of mechanical, electronic and control components. Elastic bonds in such systems play an important role, since they can significantly affect their dynamics and accuracy of operation. The article presents models and methods for calculating and studying mechatronic systems with elastic connections, including elastic elements and elastic gears. Special attention is paid to the analysis of the influence of elastic bonds on the dynamics and accuracy of the guidance system. The results of the study may be useful for the development of more efficient and accurate mechatronic guidance systems in various fields, such as robotics, industrial automation and the aviation industry.

**Keywords:** research, mechatronic systems, elastic connections, guidance installation, dynamics, accuracy.

Расчет и исследование мехатронной системы установки наведения с учетом упругих связей является сложной задачей, которая требует использования методов анализа упругих деформаций и динамики системы [1, 2]. Для начала необходимо провести расчет упругих связей в системе, которые могут включать в себя пружины, амортизаторы, упругие элементы и т.д. Это позволит определить характеристики упругих элементов, такие как жесткость, коэффициенты демпфирования и т. д. Затем следует провести моделирование динамики системы с учетом упругих связей. Для этого можно использовать различные программные средства, такие как MATLAB/Simulink, ANSYS, SolidWorks и др. В процессе моделирования необходимо учесть влияние упругих связей на поведение системы, например, изменение частоты собственных колебаний, дополнительные динамические нагрузки и т.д. После моделирования следует провести анализ полученных результатов, оценить степень влияния упругих связей на работу системы установки наведения и определить необходимость корректировки параметров упругих элементов. В целом, расчет и исследование мехатронной системы установки наведения с учетом упругих связей требует комплексного подхода и использования современных методов анализа и моделирования для получения точных результатов [3].

Актуальность данной задачи обусловлена необходимостью создания более точных и надежных мехатронных систем управления, особенно в таких областях, как авиационная и космическая промышленность, автомобильное производство, робототехника и другие. Учет упругих связей позволяет более точно моделировать и предсказывать поведение системы в условиях реальной эксплуатации, что в свою очередь способствует улучшению ее характеристик и повышению безопасности и эффективности работы. Кроме того, развитие современных методов анализа и моделирования позволяет более эффективно проводить расчеты и исследования, что важно для сокращения времени и затрат на разработку новых систем управления. Таким образом, учет упругих связей в мехатронных системах становится все более актуальным в условиях постоянного развития технического прогресса и повышения требований к качеству и надежности технических устройств.

Также, учет упругих связей позволяет улучшить точность и стабильность работы мехатронных систем, что особенно важно для автоматизированных производственных процессов, где даже небольшие ошибки могут привести к серьезным последствиям. Это также актуально для разработки робототехнических систем, где точность и надежность играют решающую роль. В целом, учет упругих связей в мехатронных системах является важным направлением для повышения качества и надежности технических устройств в различных областях промышленности и техники.

## Источники

1. Васильев В.А. Модели и методы расчета упругих связей в мехатронных системах. М.: Изд-во «Колос», 2015. С. 45–60.

2. Петров А.С. Моделирование динамики упругих механизмов в мехатронных системах // Механика и автоматизация процессов. 2018. Т. 21, № 3. С. 243–256.

3. Величко Е.А. Моделирование упругих элементов в мехатронных системах // Механика и мехатроника. 2019. Т. 16, № 2. С. 87–99.

УДК 336.13

# РАСЧЕТ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЗИЦИОННОЙ МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ С ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

Мухмадияров Иззатжон Тохир угли[1], Малёв Николай Анатольевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]Kopy.writer1@gmail.com, [2]maleeev@mail.ru

В современном инжиниринге мехатронных систем электродвигатели последовательного возбуждения играют важную роль в создании позиционных систем, обеспечивая высокую точность и динамичность управления. В данной статье мы рассмотрим расчет и исследование такой позиционной мехатронной системы с использованием электродвигателя последовательного возбуждения.

**Ключевые слова**: мехатронная система, двигатель последовательного возбуждения, точность, позиционирование.

# CALCULATION AND INVESTIGATION OF A POSITIONAL MECHATRONIC SYSTEM WITH A SEQUENTIAL EXCITATION MOTOR

Mukhamadiyarov Izzatjon Tohir ugli[1], Malev Nikolay Anatolyevich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]Kopy.writer1@gmail.com, [2]maleeev@mail.ru

In modern mechatronic systems engineering, sequential excitation electric motors play an important role in the creation of positional systems, providing high accuracy and dynamism of control. In this article we will consider the calculation and study of such a positional mechatronic system using a sequential excitation electric motor.

**Keywords:** mechatronic system, sequential excitation motor, accuracy, positioning

Позиционные мехатронные системы широко применяются в промышленности, робототехнике, автоматизированных производственных линиях и других отраслях. При разработке таких систем особое внимание уделяется выбору приводов, способных обеспечить высокую точность и стабильность положения. Электродвигатели последовательного возбуждения обладают высокими динамическими характеристиками, что делает их привлекательным выбором для позиционных систем [1, 2].

Первый этап в разработке позиционной мехатронной системы с электродвигателем последовательного возбуждения включает в себя математическое моделирование и расчет характеристик системы. Это включает определение динамических параметров двигателя, расчет моментов инерции, коэффициентов трения, а также проектирование системы управления [3, 4].

После завершения расчетных работ следует провести динамическое исследование системы с использованием математических моделей и компьютерных симуляций. Это позволит оценить производительность системы, её способность удовлетворить требования по точности позиционирования и устойчивости.

Наконец, для подтверждения расчетных исследований целесообразно провести экспериментальное исследование с реальным прототипом системы. Это позволит проверить, насколько реальное поведение системы соответствует предварительным расчетам и симуляциям.

Мехатронные системы с электродвигателями последовательного возбуждения представляют собой важное направление в развитии современной промышленности. Правильный расчет и исследование таких систем имеет решающее значение для обеспечения их высокой производительности, надежности и точности. Надеемся, что данная статья будет полезной для специалистов, занимающихся проектированием и разработкой позиционных мехатронных систем с использованием электродвигателей последовательного возбуждения.

## Источники

1. Муравьева Е.А. Автоматизированное управление промышленными технологическими установками на основе многомерных логических регуляторов: автореф. дис. … д-ра техн. наук. Уфа, 2013. 12 с.

2. Емекеев А.А., Сагдатуллин А.М., Муравьева Е.А. Интеллектуальное логическое управление электроприводом насосной станции // Современные технологии в нефтегазовом деле: сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф. Уфа, 2014. С. 218–221.

3. Массомер CORIMASS 10G+ MFM 4085 K/F [Электронный ресурс]. URL: http://cdn.krohne.com/dlc/MA_CORIMASS_G_ru_72.pdf (дата обращения: 12.10.2023).

4. Четкий логический регулятор для управления технологическими процессами: пат. 2445669 Рос. Федерация № 2010105461/08; заявл. 15.02.10; опубл. 20.08.11, Бюл. № 23. 4 с.

УДК 338:004

# ПРИМЕНЕНИЕ ФРЕЙМВОРКОВ В WEB-РАЗРАБОТКЕ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ VR

Мухаметзянов Ильназ Искандэрович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
ilnazmmm.@mail.ru

Данная статья рассматривает актуальность применения веб-фреймворков в области виртуальной реальности (VR) с целью эффективной реализации проектов. Описываются преимущества использования фреймворков, такие как ускоренная разработка, кроссплатформенность, управление ресурсами и совместимость с технологиями VR. Приводятся примеры популярных веб-фреймворков, таких как A-Frame, React 360 и Babylon.js, а также подробно рассматривается их роль в обеспечении разнообразных возможностей для создания сложных VR-приложений. Веб-фреймворки обеспечивают не только ускорение процесса разработки, но и позволяют разработчикам эффективно внедрять сложные интерфейсы, интегрироваться с веб-технологиями, обеспечивать совместимость с мобильными устройствами и облегчать тестирование и обновления**.**

**Ключевые слова:** виртуальная реальность, веб-фреймворк, разработка vr-приложений, a-frame, react 360, кроссплатформенность, интерфейс.

# APPLICATION OF FRAMEWORKS IN WEB DEVELOPMENT FOR THE IMPLEMENTATION OF VR PROJECTS

Mukhametzyanov Ilnar Iskanderovich
KSPEU, Kazan
ilnazmmm.@mail.ru

This article examines the relevance of the use of web frameworks in the field of virtual reality (VR) in order to effectively implement projects. The advantages of using frameworks are described, such as accelerated development, cross-platform, resource management and compatibility with VR technologies. Examples of popular web frameworks such as A-Frame, Reject 360 and Babylon.js their role in providing a variety of opportunities for creating complex VR applications is also discussed in detail. Web frameworks not only accelerate the development process, but also allow developers to effectively implement complex interfaces, integrate with web technologies, ensure compatibility with mobile devices and facilitate testing and updates.

**Keywords:** virtual reality, web frameworks, vr application development, a-frame, reject 360, cross-platform, interfac.

Виртуальная реальность (VR) стала одной из ключевых технологий, изменяющих наше представление о взаимодействии с цифровым миром. С развитием VR проектов возникают новые вызовы, связанные с их созданием и поддержкой. В этом контексте использование современных веб-фреймворков становится важным инструментом для эффективной реализации проектов в VR.

Виртуальная реальность – это технология, создающая иммерсивное взаимодействие пользователя с виртуальным миром. Возможности VR охватывают множество областей, включая образование, медицину, развлечения и бизнес. Но для успешной реализации проектов в VR требуется высококачественная разработка, а в этом фреймворки становятся незаменимыми.

Рассмотрим преимущества Фреймворков в VR-разработке.

1. Ускоренная разработка. Фреймворки предоставляют набор готовых инструментов и функциональности, что значительно ускоряет процесс разработки. Вместо написания кода с нуля, разработчики могут использовать готовые модули и компоненты, что особенно важно в VR, где требуется высокая степень детализации и сложные взаимодействия.

2. Кроссплатформенность. Многие фреймворки предоставляют кроссплатформенные решения, что позволяет создавать VR-приложения, совместимые с различными устройствами и платформами. Это упрощает внедрение проектов в различных сферах, обеспечивая их доступность для широкой аудитории.

3. Управление ресурсами. VR-приложения требуют значительных ресурсов для обеспечения плавной работы и высокого качества визуализации. Фреймворки предоставляют инструменты для эффективного управления ресурсами, оптимизируя производительность и улучшая пользовательский опыт.

4. Совместимость с технологиями VR. Фреймворки активно разрабатываются с учетом последних трендов в технологиях VR. Они интегрируются с библиотеками для работы с трекингом движений, графикой высокого разрешения и другими ключевыми аспектами VR-разработки.

Примеры Фреймворков для VR-разработки:

1. A-Frame – это фреймворк для создания веб-приложений в VR. Он основан на HTML и предоставляет простой способ создания 3D-сцен с использованием всего лишь нескольких строк кода. A-Frame активно поддерживается и обладает активным сообществом разработчиков.

2. React 360, разработанный командой Facebook, предоставляет средства для создания VR-приложений с использованием компонентов React. Это позволяет разработчикам использовать знакомый синтаксис React для построения виртуальных миров и интерфейсов.

3. Babylon.js – мощный фреймворк для создания 3D-приложений, включая те, ориентированные на VR. Он предоставляет широкий спектр инструментов для работы с графикой, анимациями и физикой.

Таким образом, применение фреймворков в VR-разработке становится неотъемлемой частью создания успешных проектов. Они ускоряют процесс разработки, обеспечивают высокую производительность и совместимость с различными устройствами. С развитием технологий VR, использование современных веб-фреймворков становится ключевым элементом для достижения эффективности и качественной реализации виртуальных миров.

## Источники


1. Никитина У.О., Зарипова Р.С. Влияние виртуальной реальности на формирование личности // Социальная онтология России: сб. науч. ст. XIV Всерос. Копыловских чтений. Новосибирск, 2020. С. 468–470.
2. Разработка аппаратно-программного модуля обнаружения объектов для встраиваемых систем / Р.Ф. Гибадуллин [и др.] // Вестник технологического университета. 2018. Т. 21, № 6. С. 118–122.
3. Никитина У.О., Зарипова Р.С. Проблемы и перспективы применения технологий виртуальной реальности // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2020. № 2 (20). С. 81–83.
4. Емдиханов Р.А., Смирнов Ю.Н. Основные этапы и стратегии успешной цифровой трансформации // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: матер. Междунар. науч.-техн. конф. Казань, 2023. С. 216–218.
5. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Технологии виртуальной реальности в образовании // Приоритетные направления развития спорта, туризма, образования и науки: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Н. Новгород, 2021. С. 694–696.
6. Овсеенко Г.А. SMART-решения и системы искусственного интеллекта // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2021. № 2 (24). С. 71–74.
7. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Будущее виртуальной реальности в образовании // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VI Нац. науч.-практ. конф. Казань, 2020. С. 145–146.

УДК 62-503.54

# ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РОБОТА ДЛЯ АЭРАЦИИ И ИЗМЕРЕНИЯ КИСЛОРОДА В ВОДЕ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАСОСОВ

Мухаметшин Самат Маратович[1], Ломакин Игорь Владимирович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]81.ahonev@mail.ru, [2]tn.lvova@yandex.ru

В промышленном рыбоводстве используются большие бассейны с водой для разведения рыбы. Большая плотность рыбы на квадратный кубический метр воды требует постоянной циркуляции воды, ее очистки и обогащения кислородом. В данной работе предложен проект робота для аэрации и измерения кислорода, позволяющий реализовать автоматический расчет уровня кислорода и контроль насыщения им воды. Практическая ценность работы заключается в использовании материалов для реализации прибора.

**Ключевые слова:** кислород, измерение кислорода, автоматизация, аэрация, алгоритм измерения, технологический процесс

# ROBOT SOFTWARE FOR AERATION AND OXYGEN MEASUREMENT IN WATER FOR INDUSTRIAL AGRICULTURAL PUMPS

Mukhametshin Samat Maratovich[1], Lomakin Igor Vladimirovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]81.ahonev@mail.ru, [2] tn.lvova@yandex.ru

Industrial fish farming uses large pools of water to breed fish. The high density of fish per square cubic meter of water requires constant circulation of water, its purification and enrichment with oxygen. This paper proposes a robot design for aeration and oxygen measurement, which allows for automatic calculation of oxygen levels and control of water saturation with it. The practical value of the work lies in the use of materials to implement the device.

**Keywords**: oxygen, oxygen measurement, automation, aeration, measurement algorithm, technological process.

Как известно, востребованным направлением развития цифровых технологий в сельскохозяйственной промышленности [1] является внедрение в существующие схемы приборов микроконтроллеров. Благодаря этому современные приборы получают все более заметные преимущества, такие как автоматизация измерений и возможности быстрой обратной связи в измерениях.

Благодаря последним достижениям цифровых технологий и микроэлектроники появляется возможность создания автоматизированных роботов и использования более «тонких» методов измерения кислорода, таких как

полярографический метод. Что будет способствовать значительному снижению затрат на производство и заметному повышению эффективности сельскохозяйственного комплекса в целом.

**Программное обеспечение.** Алгоритм для решения данной задачи написан на языке программирования С, который широко применяется для разработки программного обеспечения. Он используется для создания различных прикладных программ, разработки операционных систем, а также написания драйверов устройств. Один из примеров применения С – программирование микроконтроллеров Arduino. Ниже приведен пример скетча измерения кислорода с выводом на экран.

sketch_oct12a §

```
#include "DHT.h"
#defineDHTPIN 2
DHTdht(DHTPIN, DHT22); //Инициализация датчика
//DHT dht(DHTPIN, DHT11);
void setup() {
Serial.begin(9600);
dht.begin();
}
void loop() {
delay(100); // задержка
float h = dht.readHumidity(); //Измеряем уровень кислорода
if (isnan(h) || isnan(t)) {  // Проверка. Если не удается считать показания, выводится «Ошибка считывания», и программа завершает работу
Serial.println("Ошибка считывания");
return;
  }
Serial.print("Уровень кислорода: ");
```

Программный код

## Источники


1. Моисеенко Л. Разведение рыбы и раков в искусственных условиях: Практическое руководство для фермеров. М.: Феникс, 2013. 190 с.

2. Львова Т.Н., Бикбулатов Р.И., Пирогова А.М. Проектирование программного продукта автоматизации расчета параметров греющего провода при зимнем бетонировании [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона. 2023. № 5. URL: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8404 (дата обращения: 27.10.2023).

3. Мухаметгалеев Т.Х., Бикбулатов Р.И., Пирогова А.М. Автоматизация расчета параметров греющего провода при зимнем бетонировании [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона. 2022. № 12. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_47__11_Mukhametgaleev_bikbulatov.pdf_c583977241.pdf (дата обращения: 20.10.2023).

4. Программная Реализация Регулятора Положения / Н.А. Малёв [и др.] // Тр. VIII Междунар. (XIX Всерос.) конф. по автоматизированному электроприводу: в 2 т. / отв. за вып. И.В. Гуляев. Саранск, 2014. Т. 1. С. 474–478.

5. Хенце Г. Полярография и вольтамперометрия. Теоретические. основы и аналитическая практика / пер. с нем. А.В. Гармаша и А.И. Каменева. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2008. 284 с.

УДК 621.38

# ИССЛЕДОВАНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ ПМР-РЕЛАКСОМЕТРОВ

Нгуен Дык Ань[1], Кашаев Рустем Султанхамитович[2],
Козелков Олег Владимирович[3], Чан Ван Тунг[4]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[4]Ханойский промышленный университет, г. Ханой, Вьетнам
[1]navypro1991@gmail.com, [2]kashaev2007@yandex.ru, [4]tungtv@haui.edu.vn

В данной статье авторы представляют новый способ формирования последовательности импульсов, соответствующей новой структурной схеме ПМР-релаксометров. Устройство имеет возможность гибко реагировать на изменения частоты и фазы входного высокочастотного сигнала в диапазоне от 2 до 600 МГц. Устройство является основой для разработки ПМР-релаксометра следующего поколения.

**Ключевые слова:** ВЧ сигнал, релаксометр, формирования, последовательность импульс, ПЛИС, модуляции.

# RESEARCH ON THE DEVELOPMENT OF EQUIPMENT FOR THE FORMATION OF PULSE SEQUENCES FOR NMR RELAXOMETERS

Nguyen Duc Any[1], Kashaev Rustem Sultanhamitovich[2],
Kozelkov Oleg Vladimirovich[3], Chan Van Tung[4]
[1,2,3]KSPEU, Kazan
[4]Hanoi University of Industry, Ha Noi, Viet Nam
[1]navypro1991@gmail.com, [2]kashaev2007@yandex.ru, [4]tungtv@haui.edu.vn

In this article, the authors present a new way of forming a sequence of pulses corresponding to a new structural scheme of NMR relaxometers. The device has the ability to flexibly respond to changes in the frequency and phase of the input high-frequency signal in the range from 2 to 600 MHz. The device is the basis for the development of a next-generation NMR relaxometer.

**Keywords**: RF signal, relaxometer, formations, pulse sequence, FPGA, modulation

Протонная магнитная резонансная релаксометрия (ПМР-релаксометрия) является областью РЧ-спектроскопии, предоставляющая широкие возможности для анализа смесей веществ в их разных фазах [1, 2]. В структурной схеме и функциональных возможностях релаксометра ПМР определяющее значение принадлежит стабильности и способности к перестройки генератора резонансной радиочастоты с малым шагом изменения частоты в широком диапазоне частот и импульсному программатору РЧ-импульсов с радиочастотным заполнением [3]. На релаксометре

ПМР NP1 формирователь последовательности импульсов состоит из блоков: фазовращения, генератора синхроимпульсов, высокочастотного клапана. Блок фазовращения используется для создания второго сигнала с разницей фаз в 90° перед входом в высокочастотный клапан. Генератор синхронных импульсов выполняет функцию генерации последовательности импульсов КПМГ. Высокочастотный клапан имеет функцию модуляции сигнала в соответствии с правилами последовательности импульсов КПМГ, включающей **τ**-импульс с сигналом синуса 90°, 2**τ**-импульс с сигналом синуса 180°.

Недостатком этого метода является то, что угол поворота фазы не поддается контролю, поскольку он сильно зависит от точности и изменения значения емкости конденсатора с течением времени. Высокочастотный клапан построен с логическими элементами НЕ-И, поэтому высокочастотный сигнал на выходе имеет только имитируемую синусоидальную форму. Кроме того, синусоидальный сигнал модулируется только каждые полцикла перед синтезом на элементе И.

Новая структура для формирования последовательности импульсов представлено на рис. 1.

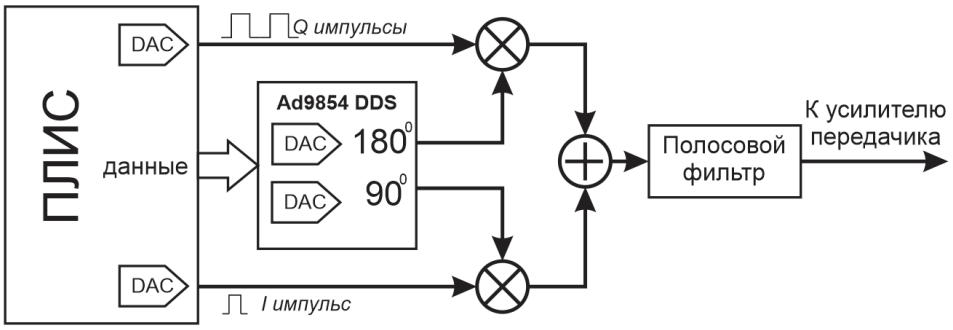



Рис. 1. Блок-схема устройства формирования последовательности импульсов

Данные передаются с ПЛИС на схему DDS AD9854 для формирования двух синусоидальных сигналов на резонансной частоте с фазой, запрограммированной на 90° друг от друга. Два высокочастотных синусоидальных сигнала с фазами 90° и 180° модулируются импульсами *I* и *Q* соответственно. Затем эти два модулированных сигнала модулируются еще раз, прежде чем попасть на полосовой фильтр и усилитель мощности передатчика.

Достоинством этой новой структуры является то, что синусоидальный сигнал модулируется в обоих полупериодах (рис. 2). Это позволяет устранить смещение при синтезе НЕ-И логических элементах. Импульсы *I* и *Q* модулируются синусоидальными сигналами на 90° и 180°

соответственно с помощью микросхемы модулятора ASK типа ADE-1ASK. Формирователь последовательности импульсов использует микросхему ADP-2-1W для комбинирования постмодулированных импульсов в импульсную последовательность КПМГ с параметрами, установленными на ПЛИС.

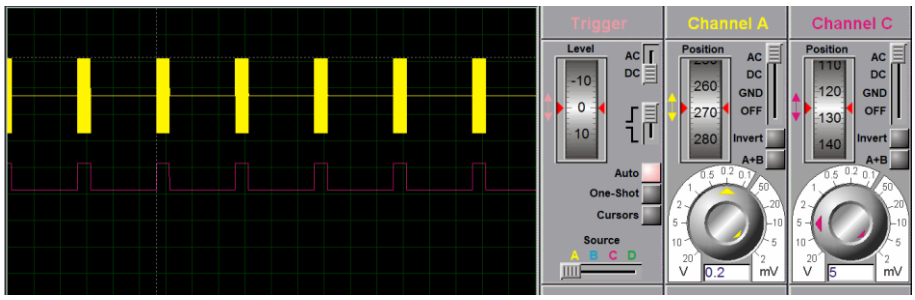
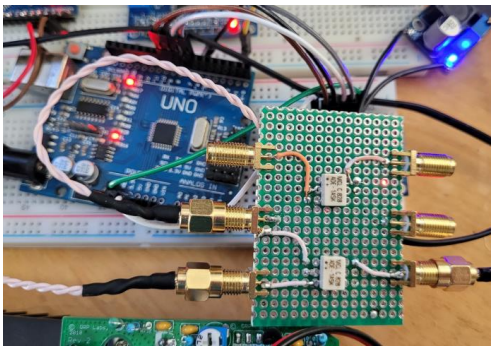
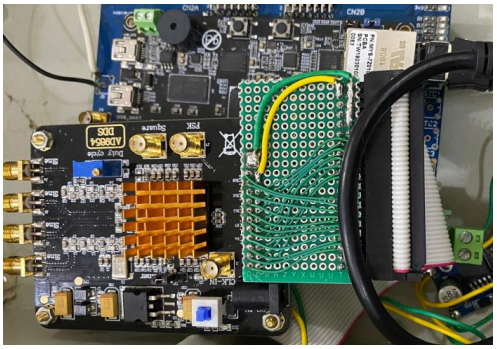



Рис. 2. Сигнал после модуляции (желтый) импульса *Q* с синусом 180°




*а*



*б*

Рис. 3. Практическая конструкция устройства формирования последовательности импульсов: *а* – модулятор сигнала использует микросхему ADE-1ASK; *б* – печатная плата DDS AD9854 подключения с ПЛИС

Использование специализированной печатной платы DDS для генерации синусоидальных сигналов позволяет упростить управление частотой и фазой синусоидального сигнала по сравнению с интеграцией DDS в ядро

ПЛИС. Кроме того, широкий диапазон модуляции от 2 до 600 МГц микросхемы модулятора сигналов ADE-1ASK позволяет легко управлять частотой, соответствующей множеству различных резонансных частот каждого типа магнитов.

## Источники

1. Релаксометр протонного магнитного резонанса / Р.С. Кашаев [и др.] // Приборы и техника эксперимента. 2019. № 2. С. 145–148.

2. Экспресс-метод и аппаратура протонного магнитного резонанса для измерения плотности нефтей / Р.С. Кашаев [и др.] // Журнал прикладной спектроскопии. 2019. Т. 86, № 2. С. 263–268.

3. Чан Ван Тунг, Кашаев Р.С. Радиочастотный генератор и программатор импульсных последовательностей для релаксометра ПМР // Известия высших учебных заведений. Проблемы Энергетики. 2020. Т. 22, № 3. С. 90–96.

УДК 004.032.26

# РАБОТА МЕХАТРОННОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Овсеенко Галина Анатольевна[1], Кашаев Рустем Султанхамитович[2],
Козелков Олег Владимирович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]galinka.ovseenko@mail.ru

В статье используются нейронная сеть в качестве инструмента для аккуратного измерения и анализа физико-химических параметров. Мехатронный комплекс включает в себя различные датчики и устройства для сбора данных, а нейронная сеть обрабатывает эти данные и проводит анализ.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, мехатронный комплекс, измерение, параметры.

# OPERATION OF MECHATRONIC COMPLEX BASED ON NEURAL NETWORK IN MEASURING PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS

Ovseenko Galina Anatolyevna[1], Kashaev Rustem Sultanhamitovich[2],
Kozelkov Oleg Vladimirovich[3]
[1,2,3]KSPEU, Kazan
[1]galinka.ovseenko@mail.ru

The paper uses neural network as a tool to accurately measure and analyze physicochemical parameters. The mechatronic system includes various sensors and devices to collect data and the neural network processes this data and analyzes it.

**Keywords:** neural network, mechatronic complex, measurement, parameters.

Основная цель заключается в возможности верификации состояния режима работы релаксометра, что позволяет более точно и эффективно контролировать его функционирование. Актуальность данного подхода состоит в том, что многопараметрические измерения позволяют более полно и точно оценить состояние и работоспособность релаксометра, а нейронные сети обладают способностью выявлять скрытые зависимости и обучаться на основе предоставленных данных. Работа заключается в разработке и оценке эффективности мехатронного комплекса на основе нейронной сети для измерения физико-химических параметров.

Исходные данные представлены в виде комбинации 9 компонентов индексной формы, обозначенных как:

$$P_{\text{i}} = |P_{2\text{АЭ}} - P_{2\text{АТ}}|, |P_{2\text{АЭ}} - P_{2\text{АТ}}|, |P_{2\text{АЭ}} - P_{2\text{АТ}}|;$$

$$A_{\text{i}} = |A_{2\text{АЭ}} - A_{2\text{АТ}}|, |A_{2\text{АЭ}} - A_{2\text{АТ}}|, |A_{2\text{АЭ}} - A_{2\text{АТ}}|];$$

$$T_{\text{i}} = [|T_{2\text{АЭ}} - T_{2\text{АТ}}|, |T_{2\text{ВЭ}} - T_{2\text{ВТ}}|, |T_{2\text{СЭ}} - T_{2\text{СТ}}|.$$

Каждый из считанных многопараметрических векторов состояний релаксометра может быть либо в режиме «Норма», либо в режиме «Неправильно». Для нормирования входных данных в диапазон [–1;+1] перед их подачей в нейронную сеть необходимо выполнить соответствующую предобработку данных. Задача нейронной сети состоит в диагностировании состояния режима работы релаксометра на выходе.

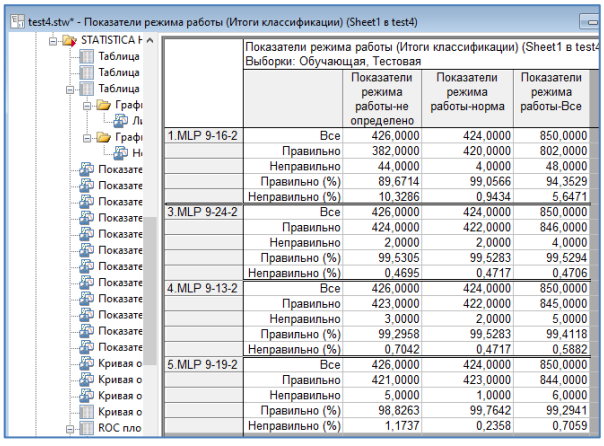
Вектор выходных данных $P_{\text{out}} = [P_{\text{out1}}, P_{\text{out2}},]^{\text{T}}$ определяет класс состояния режима работы комплекса и может принимать одно из двух возможных значений:

$$P_{\text{out1}} = \text{режим работы «Норма»};$$

$$P_{\text{out2}} = \text{режим работы «Неправильно»}.$$

Для реализации данной задачи был применен математический пакет Statistica 10, который позволяет формировать и обучать нейронные сети разных конфигураций.

По результатам анализа, оптимальной архитектурой для построения нейронной сети, способной решить задачу контроля функционирования комплекса, является многослойный персептрон. На рис. 1 и 2 представлены три наилучшие структуры нейронной сети, обученные в математическом пакете Statistica 10.




Показатели режима работы (Итоги классификации) (Sheet1 в test4
Выборки: Обучающая, Тестовая

| | | Показатели режима работы-не определено | Показатели режима работы-норма | Показатели режима работы-Все |
|---|---|---|---|---|
| 1.MLP 9-16-2 | Все | 426,0000 | 424,0000 | 850,0000 |
| | Правильно | 382,0000 | 420,0000 | 802,0000 |
| | Неправильно | 44,0000 | 4,0000 | 48,0000 |
| | Правильно (%) | 89,6714 | 99,0566 | 94,3529 |
| | Неправильно (%) | 10,3286 | 0,9434 | 5,6471 |
| 3.MLP 9-24-2 | Все | 426,0000 | 424,0000 | 850,0000 |
| | Правильно | 424,0000 | 422,0000 | 846,0000 |
| | Неправильно | 2,0000 | 2,0000 | 4,0000 |
| | Правильно (%) | 99,5305 | 99,5283 | 99,5294 |
| | Неправильно (%) | 0,4695 | 0,4717 | 0,4706 |
| 4.MLP 9-13-2 | Все | 426,0000 | 424,0000 | 850,0000 |
| | Правильно | 423,0000 | 422,0000 | 845,0000 |
| | Неправильно | 3,0000 | 2,0000 | 5,0000 |
| | Правильно (%) | 99,2958 | 99,5283 | 99,4118 |
| | Неправильно (%) | 0,7042 | 0,4717 | 0,5882 |
| 5.MLP 9-19-2 | Все | 426,0000 | 424,0000 | 850,0000 |
| | Правильно | 421,0000 | 423,0000 | 844,0000 |
| | Неправильно | 5,0000 | 1,0000 | 6,0000 |
| | Правильно (%) | 98,8263 | 99,7642 | 99,2941 |
| | Неправильно (%) | 1,1737 | 0,2358 | 0,7059 |

Рис. 1. Показатели режима работы (Итоговая классификация)

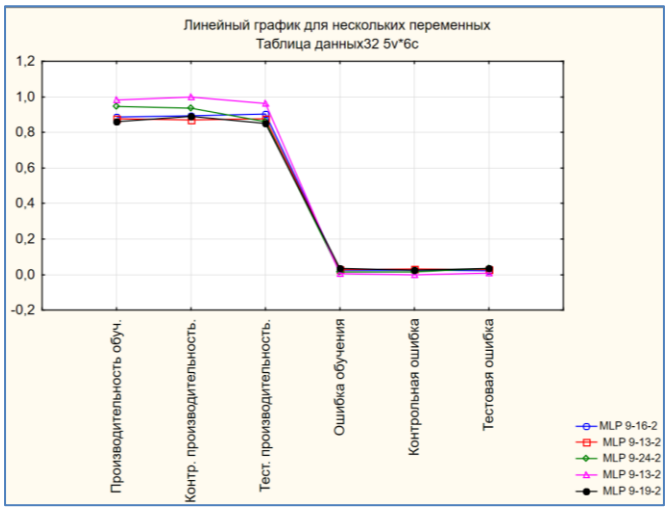



Рис. 2. Линейный график переменных МЛП

Из предоставленных данных можно сделать вывод о наиболее успешной структуре многослойного перцептрона (МЛП) для данной задачи. Структура МЛП 9-24-2 имеет самый высокий показатель режима работы, равный 99,53 %. Это означает, что данная структура достигает наибольшей точности и эффективности в диагностировании и классификации состояний режима работы мехатронного комплекса.

Вторая по высоте оценка принадлежит МЛП 9-13-2 с показателем режима работы 99,41 %. Хотя это значение немного ниже, оно все равно указывает на высокую точность и успешность работы данной структуры.

Третья структура МЛП 9-19-2 имеет показатель режима работы 99,29 %. Хотя она имеет самый низкий показатель среди представленных структур, она все равно достаточно успешна и может использоваться для классификации состояний режима работы мехатронного комплекса.

Общий вывод состоит в том, что структура МЛП 9-24-2 является наиболее правильной и успешной для данной задачи, показывая самый высокий показатель режима работы. Однако, вторая и третья структуры также могут быть эффективными в зависимости от конкретных требований и ограничений.

## Источники

1. Аксенов С.В., Новосельцев В.Б. Организация и использование нейронных сетей (методы и технологии). Томск: НТЛ, 2006. 128 с.

2. Глазырин Г.В., Удов Н.С., Бакланов Д.В. Анализ исходного числа дефектов в программном обеспечении микропроцессорного устройства релейной защиты // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2020. Т. 12, № 1 (45). С. 40–45.

3. Релаксометр протонного магнитного резонанса / Р.С. Кашаев [и др.] // Приборы и техника эксперимента. 2019. № 2. С. 145–148.

4. Improving the information veracity of the complex of multiparametric control of the relaxometer based on a neural network / G.A. Ovseenko [et al.] // Proc. of the 2023 5th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering. Moscow, 2023. DOI: https://doi.org/10.1109/REEPE57272.2023.10086740

5. Технологии экспресс-контроля и очистки нефти от примесей в мехатронной установке с управлением от приборно-программного комплекса на базе ПМР-релаксометрии / О.В. Козелков [и др.] // Химическая технология. 2022. № 23 (3). С. 131–137.

6. On-line nuclear magnetic resonance analyzer for the production of new emulsion fuels / V.O. Kozelkova [et al.] // Proc. of the 2022 4th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering. Moscow, 2022. DOI: https://doi.org/10.1109/REEPE53907.2022.9731458.

УДК 004.056

# ПРИМЕНЕНИЕ ОБЛЕГЧЁННЫХ КРИПТОАЛГОРИТМОВ ДЛЯ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Салимов Раниль Рамилевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
zarim@rambler.ru

В данной статье рассматривается применение облегченных криптоалгоритмов, а также использование современных протоколов для обеспечения безопасности в контексте ограниченности ресурсов устройств IoT.

**Ключевые слова:** интернет вещей (IoT), малоресурсная криптография, протоколы безопасности, безопасность данных.

# APPLICATION OF LIGHTWEIGHT CRYPTO ALGORITHMS FOR THE INTERNET OF THINGS

Salimov Ranil Ramilevich
KSPEU, Kazan
zarim@rambler.ru

This article discusses the application of lightweight crypto algorithms, as well as the use of modern protocols to provide security in the context of resource-constrained IoT devices.

**Keywords:** internet of Things (IoT), low-resource cryptography, security protocols, data security.

В наше время рост применения Интернета вещей (IoT) требует постоянного внимания к вопросам безопасности передаваемой информации [1]. С увеличением числа подключенных устройств и объема передаваемых данных становится неотъемлемой задачей обеспечение надежной криптографической защиты. Сложность этой задачи возрастает в связи с ограниченными ресурсами устройств IoT. Эффективность защиты таких устройств требует применения облегчённых криптографических алгоритмов, а также использования современных протоколов и методов шифрования [2, 3].

Традиционные методы безопасности, созданные для вычислительных мощностей персональных компьютеров, сталкиваются с ограничениями устройств IoT [4]. Эти устройства, такие как «умные» гаджеты и портативные технологии, обладают ограниченными вычислительными ресурсами, низким электропотреблением и малым форм-фактором.

Традиционные методы защиты, такие как шифрование, идентификация/аутентификация и физические меры безопасности, требуют пересмотра и адаптации для учета этих ограничений [5]. Облегчённая криптография становится ключевым средством обеспечения информационной безопасности в мире IoT.

Среди симметричных алгоритмов, применяемых для шифрования видео-данных в IoT, выделяется алгоритм Piccolo. Piccolo является блочным шифром с длиной ключа в 128 бит, предназначенным для устройств с ограниченными ресурсами. Характеризуется высокой производительностью при минимальном объеме оперативной памяти. Сравнительные исследования показывают, что алгоритмы Piccolo демонстрируют отличную криптостойкость при сравнительно невысоких затратах на ресурсы.

Другим важным симметричным алгоритмом для защиты данных в IoT является алгоритм PRESENT. Этот блочный шифр также использует ключ длиной в 128 бит, обеспечивая надежное шифрование при ограниченных вычислительных ресурсах. Сравнительные характеристики указывают на эффективность PRESENT в условиях IoT, предоставляя безопасное шифрование с минимальными затратами ресурсов.

В области безопасности IoT применяются современные методы криптографии, включая инновационные протоколы, такие как ECC (Elliptic Curve Cryptography). ECC (Elliptic Curve Cryptography), представляет собой инновационный метод шифрования, использующий математические кривые для обеспечения безопасности данных. ECC обладает высокой степенью эффективности и требует меньше вычислительных ресурсов по сравнению с традиционными криптографическими методами, что делает его идеальным для применения в устройствах IoT с ограниченными вычислительными возможностями [6].

Lightweight Cryptography, в свою очередь, представляет собой класс криптографических алгоритмов, специально разработанных для использования на устройствах с ограниченными ресурсами, таких как микроконтроллеры и сенсоры. Эти алгоритмы обеспечивают надежную защиту данных, минимизируя при этом затраты на энергию и вычислительные ресурсы [7].

Использование облегчённых криптографических алгоритмов, современных протоколов и методов криптографии в сфере IoT является неотъемлемым условием обеспечения безопасности данных при ограниченных ресурсах устройств. Симметричные алгоритмы, такие как Piccolo и PRESENT, предоставляют эффективное шифрование с минимальным потреблением ресурсов, в то время как современные методы криптографии, такие как ECC, и Lightweight Cryptography обеспечивают высокую степень

безопасности и эффективность в условиях IoT. Эти результаты подчеркивают важность развития и дальнейших исследований в области обеспечения безопасности в Интернете вещей.

## Источники


1. Гнездицкий М.А., Зарипова Р.С. Промышленный интернет вещей как механизм реализации концепции «Индустрия 4.0» / Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 5. С. 193–196.

2. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Актуальность обеспечения информационной безопасности в условиях цифровой экономики // Инновационное развитие экономики. Будущее России: сб. матер. V Всерос. (Нац.) науч.-практ. конф. Княгинино, 2018. С. 257–260.

3. Разработка аппаратно-программного модуля обнаружения объектов для встраиваемых систем / Р.Ф. Гибадуллин [и др.] // Вестник технологического университета. 2018. Т. 21, № 6. С. 118–122.

4. Хайруллин А.М., Зарипова Р.С. Промышленный интернет вещей как основа перехода к «Индустрии 4.0» // Достижения и приложения современной информатики, математики и физики: матер. VII Всерос. науч.-практ. заоч. конф. Нефтекамск, 2018. С. 362–366.

5. Снижение электромагнитных помех и защита информации в вычислительной технике с помощью экранирующих стекол / З.М. Гизатуллин [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 3 (35). С. 46–57.

6. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Проблемы обеспечения информационной безопасности больших данных // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2019. № 3-4 (17-18). С. 150–152.

7. Смирнов Ю.Н., Фатыхов Р.И. Об информационной безопасности промышленных предприятий в условиях цифровизации // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. IV Нац. науч.-практ. конф. Казань, 2019. С. 43–46.

УДК 004.42

# ОБЗОР И АНАЛИЗ КОНСТРУКТОРОВ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Салимов Раниль Рамилевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
zarim@rambler.ru

В данной статье рассматриваются различные конструкторы мобильных приложений, отмечаются их положительные и отрицательные стороны. В статье проведен анализ нескольких популярных конструкторов мобильных приложений, выделены их особенности и возможности.

**Ключевые слова:** конструкторы приложений, мобильная разработка, мобильное приложение.

# REVIEW AND ANALYSIS OF MOBILE APPLICATION BUILDERS

Salimov Ranil Ramilevich
KSPEU, Kazan, Russia
zarim@rambler.ru

This article examines various mobile application builders, highlighting their positive and negative sides. The article analyses several popular mobile app builders, highlighting their features and capabilities.

**Keywords:** application designers, mobile development, mobile application.

В эпоху цифровых технологий мобильные приложения становятся неотъемлемой частью повседневной жизни [1]. Разработка приложений стала доступной благодаря различным конструкторам, которые облегчают процесс создания без глубоких знаний программирования [2].

1. MIT App Inventor. MIT App Inventor – это инструмент для создания мобильных приложений с использованием визуального программирования. Он предоставляет блочный интерфейс, который позволяет разработчикам создавать приложения, собирая блоки с логическими операциями, событиями и функциями.

Преимущества: простота использования, идеально подходит для новичков, интеграция с внешними сервисами и API, широкий спектр возможностей для создания разнообразных приложений [3].

Недостатки: ограниченные возможности в сравнении с более продвинутыми конструкторами, не всегда подходит для разработки сложных приложений.

2. Appery.io. Appery.io – это облачная платформа для разработки мобильных и веб-приложений. Она предоставляет визуальный интерфейс

для создания интерфейсов, а также интеграцию с серверными технологиями.

Преимущества: кроссплатформенная разработка для iOS и Android, возможность создания приложений с использованием JavaScript и HTML5, обширные средства интеграции с внешними сервисами и базами данных [4], Недостатки: требует определенного опыта веб-разработки, некоторые функции доступны только в платных версиях.

3. OutSystems. OutSystems – это низкокодовая платформа, предназначенная для быстрой разработки приложений. Она позволяет разработчикам создавать приложения, используя графический интерфейс и минимум кода.

Преимущества: высокая производительность и быстрое развертывание приложений, интеграция с существующими системами и базами данных, встроенные средства тестирования и отладки [5].

Недостатки: высокие затраты в сравнении с другими конструкторами, некоторые ограничения в гибкости настройки интерфейса.

4. Adalo. Adalo – это платформа для создания мобильных приложений, ориентированная на низкокодовое программирование. Она предоставляет широкие возможности для настройки интерфейса и логики приложения без необходимости писать много кода.

Преимущества: интуитивно понятный интерфейс, возможность создавать приложения для iOS и Android, возможность интеграция со сторонними сервисами и базами данных.

Недостатки: некоторые ограничения в функционале по сравнению с более продвинутыми инструментами, ограниченные возможности для более сложных приложений.

5. Thunkable. Thunkable – это конструктор мобильных приложений, позволяющий создавать приложения через перетаскивание блоков. Он предоставляет гибкий интерфейс для разработки приложений без необходимости кодирования.

Преимущества*:* широкий выбор компонентов и блоков для создания логики приложения, возможность экспорта приложений на iOS и Android., сообщество пользователей для обмена опытом и поддержки.

Недостатки: некоторые ограничения в возможностях кастомизации интерфейса, возможны ограничения при разработке сложных приложений.

Выбор конструктора мобильных приложений зависит от требований проекта, уровня опыта разработчика и функциональности, необходимой для приложения. Каждый из обсуждаемых конструкторов имеет свои уникальные особенности, предоставляя разработчикам различные инструменты для воплощения своих идей в мобильных приложениях. Важно

тщательно оценить их преимущества и недостатки, чтобы сделать осознанный выбор в соответствии с целями и требованиями проекта.

## Источники


1. Алемасов Е.П., Зарипова Р.С. Тенденции развития сферы мобильных приложений в современном обществе // Социальная онтология России: сб. науч. ст. XIV Всерос. Копыловских чтений. Новосибирск, 2020. С. 399–402.

2. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Особенности создания мобильных приложений на языке Java // Эффективные системы менеджмента: стабильное качество в нестабильных условиях: матер. X юбил. Междунар. науч.-практ. форума. Казань, 2023. С. 165–167.

3. Алемасов Е.П., Зарипова Р.С. Основные аспекты развития сферы разработки мобильных приложений // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2020. № 1 (19). С. 110–112.

4. Емдиханов Р.А., Николаева С.Г. Основы правильного проектирования баз данных в веб-разработке // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: матер. Междунар. науч.-техн. конф. Казань, 2023. С. 249–251.

5. Алемасов Е.П., Зарипова Р.С. Применение алгоритмов разработки программных приложений для мобильных устройств // Современные цифровые технологии: проблемы, решения, перспективы: матер. Нац. (с международным участием) науч.-практ. конф. Казань, 2022. С. 101–103.

УДК 629.5

# ПЕРСПЕКТИВЫ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ГАЗОТУРБИННОГО СТРОЕНИЯ НА ФОНЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ САНКЦИЙ В ОТНОШЕНИИ РФ СО СТОРОНЫ НЕДРУЖЕСТВЕННЫХ СТРАН

Соколов Кирилл Александрович[1], Черкасов Александр Сергеевич[2],
Закиров Ринат Нургалиевич[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]treis0320@mail.ru, [2]sanekpuer@mail.ru, [3]zakirov.kgeu@mail.ru

На сегодняшний день газотурбинная индустрия в России играет важную роль в различных сферах народного хозяйства. В этой статье рассматриваются перспективы и задатки для развития газотурбинных строений в России на фоне введенных санкций.

**Ключевые слова:** газотурбинные установки, санкции, газотурбинная индустрия, экономика, внешнеторговые операции, перспективы.

# PROSPECTS OF DOMESTIC GAS TURBINE CONSTRUCTION AGAINST THE BACKGROUND OF ECONOMIC SANCTIONS AGAINST THE RUSSIAN FEDERATION BY UNFRIENDLY COUNTRIES

Sokolov Kirill Alexandrovich[1], Cherkasov Alexander Sergeevich[2],
Zakirov Rinat Nurgalievich[3]
[1,2,3]KSPEU, Kazan
[1]treis0320@mail.ru, [2]sanekpuer@mail.ru, [3]zakirov.kgeu@mail.ru

Today, the gas turbine industry in Russia plays an important role in various spheres of the national economy. This article discusses the prospects and makings for the development of gas turbine structures in Russia against the background of the sanctions imposed.

**Keywords:** gas turbine installations, sanctions, gas turbine industry, economy, foreign trade operations, prospects.

Российская газотурбинная индустрия характеризуется высоким качеством и надежностью своей продукции, что позволяет ей успешно конкурировать на международном рынке. Работающие на газовых турбинах энергетические установки обладают высокой эффективностью, позволяют значительно сократить выбросы вредных веществ и являются экологически безопасными источниками энергии.

В последние годы газотурбинные установки получили широкое применение в условиях развития нефтегазовой промышленности. Они используются для компрессии газа и нагнетания нефтяных продуктов,

а также для забора и обработки природного газа. Газотурбинные установки обеспечивают эффективное использование природных ресурсов и снижение затрат при добыче и транспортировке нефти и газа. Например, «Ленинградский Металлический завод» представил газовую установку ГТЭ-170.

Развитие газотурбинной индустрии привело к созданию новых рабочих мест и содействует развитию экономики России. Большое количество специалистов связано с проектированием, производством, установкой и обслуживанием газотурбинных установок.

Однако, несмотря на позитивный вклад газотурбинной индустрии в экономику и энергетическую безопасность России, она сталкивается с определенными проблемами. Одной из них является устаревшая техническая база некоторых производств, что затрудняет модернизацию и повышение производительности установок. Кроме того, недостаточное финансирование исследовательских и разработочных работ ограничивает возможности индустрии для создания новых технологий и расширения производства [2].

Для успешного развития газотурбинной индустрии в России необходимо активное государственное участие, в том числе в форме финансовой поддержки и стимулов для инноваций. В решении существующих проблем и создании благоприятных условий для инноваций лежит основа успешного долгосрочного развития этой отрасли, что способствует экономическому росту и повышению конкурентоспособности страны. Также важно уделять внимание образованию и подготовке кадров, чтобы обеспечить наличие высококвалифицированных специалистов в данной сфере.

Последние годы были сложными для отечественной газотурбинной индустрии в связи с экономическими санкциями, наложенными на Российскую Федерацию со стороны недружественных стран. Однако, несмотря на это, перспективы развития отечественного газотурбинного строения остаются обнадеживающими.

Экономические санкции привели к ограничениям внешнеторговых операций и доступу к новейшим технологиям для газотурбинных предприятий России. Это значительно затруднило обеспечение необходимого уровня конкурентоспособности и инновационного развития отечественного газотурбинного сектора. Однако, несмотря на эти препятствия, есть несколько ключевых факторов, которые дают шанс отечественным компаниям в газотурбинной отрасли [1].

Прежде всего, стоит отметить, что Россия обладает обширными природными ресурсами, такими как газ и нефть, которые являются основными источниками энергии для газотурбинных установок. Это позволяет стране иметь независимость в этой сфере и развивать собственные технологии и производство.

Второй фактор – ведутся активные разработки в сфере энергогенерации. Например, Объединенная двигателестроительная корпорация Ростеха разработала энергоагрегат ГТА-8.

Третий фактор – разработка национальных программ развития и поддержки отечественного производства. Российское правительство активно создает национальные проекты по улучшению отечественного газотурбинного строения, старается предоставлять субсидии и льготные условия для местных производителей. Это способствует развитию инфраструктуры, повышению квалификации кадров и увеличению объемов производства [3].

Подводя итог, отметим, экономические санкции создают определенные проблемы для отечественного газотурбинного строения. Тем не менее, благодаря наличию природных ресурсов, наследию опыта и правительственной поддержке, перспективы отечественной газотурбинной отрасли остаются светлыми. Дальнейшее развитие технологий, улучшение инфраструктуры и подготовка квалифицированных специалистов помогут России поддерживать свою позицию в глобальной газотурбинной индустрии.

## Источники

1. Будилов О.И., Будилов Д.О., Заворин А.С. Механизмы Киотского протокола для модернизации теплоэнергетики // Известия ТПУ. 2020. Т. 309. № 4. С. 129–133.

2. Грабчак Е.П., Медведева Е.А., Голованов К.П. Импортозамещение – драйвер развития или вынужденная мера // Энергетическая политика. 2021. № 3. С. 74−85.

3. Зернова Л.Е., Мохсен Ф. Анализ опыта импортозамещения // Инновационная наука. 2021. № 3-1. С. 105–108.

УДК 65.011.56

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ЗАКАЗОВ ПО СБОРКЕ ЭЛЕКТРОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Столяров Илья Сергеевич[1], Филимонова Тамара Константиновна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]ilya.stolyarov.2002@mail.ru, [2]filimonova.tamara@bk.ru

В статье рассматривается важность и методы автоматизации процесса обработки заказов для производства электрораспределительных устройств (ЭРУ). Программное обеспечение, созданное на языке Python с использованием базы данных SQLite, обеспечивает клиентам удобный инструмент выбора оборудования, расчета стоимости и получения отчетов. Автоматизация этого процесса сокращает временные затраты, снижает вероятность ошибок и оптимизирует использование ресурсов, способствуя повышению конкурентоспособности предприятия.

**Ключевые слова:** электрораспределительные устройства, автоматизация, обработка заказов, программное обеспечение, Python, SQLite

# AUTOMATION OF ORDER PROCESSING FOR THE ASSEMBLY OF ELECTRICAL SWITCHGEARS

Stolyarov Ilya Sergeyevich[1], Filimonova Tamara Konstantinovna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]ilya.stolyarov.2002@mail.ru, [2]filimonova.tamara@bk.ru

The article discusses the importance and methods of automating the order processing process for the production of electrical switchgear (ESG). Software created in Python using a SQLite database provides customers with a convenient tool for equipment selection, costing and reporting. Automating this process reduces time, reduces errors and optimizes the use of resources, contributing to the company's competitiveness.

**Keywords**: electrical switchgear, automation, order processing, software, Python, SQLite.

В эпоху стремительных технологических изменений и повышенного спроса на электрораспределительные устройства (ЭРУ), автоматизация процесса обработки заказов становится ключевым компонентом успешного функционирования предприятий, занимающихся их производством. В данной статье мы рассмотрим важность этого процесса, а также расскажем о методах автоматизации, включая создание специального программного обеспечения с использованием языка программирования Python и базы данных SQLite.

Процесс сборки электрораспределительных устройств представляет собой высококомплексную систему, включающую в себя координацию множества операций, начиная от получения заказа от клиента до поставки готового изделия. Автоматизация этого процесса является ключевым фактором для оптимизации и повышения эффективности в современных условиях стремительного роста спроса на ЭРУ [1, 2].

Автоматизированный процесс обработки заказов предоставляет уникальную возможность сократить временные затраты на каждом этапе, что в результате ускоряет весь цикл от приема заказа до получения готового продукта. Это становится особенно важным в условиях постоянно растущего спроса на электрораспределительные устройства.

Автоматизация значительно снижает вероятность ошибок в данных и процессах, таких как ошибки при подборе комплектующих или неправильное выполнение технологических операций. Это в свою очередь приводит к повышению качества производимых устройств, что важно для удовлетворения высоких стандартов и требований клиентов.

Системы автоматизации позволяют оптимизировать распределение рабочей силы, материальных ресурсов и времени, что приводит к снижению издержек производства и улучшению общей экономической эффективности предприятия. Это особенно актуально в условиях конкурентного рынка [3].

Один из наиболее эффективных способов автоматизации процесса сборки ЭРУ - разработка специализированного программного обеспечения. На базе языка программирования Python и базы данных SQLite было создано комплексное решение, предоставляющее удобный и функциональный инструмент для обработки заказов. Это программное обеспечение обладает следующими ключевыми характеристиками [4–6]:

1. Легкий выбор оборудования: клиенты могут легко выбирать необходимое оборудование и его компоненты через интуитивно понятный интерфейс. Система автоматически рассчитывает примерную стоимость заказа, предоставляя клиенту наглядную картину бюджета своего проекта.

2. Моментальный расчет стоимости заказа: программное обеспечение моментально рассчитывает стоимость заказа на основе выбранных компонентов и их количества. Детализированный отчет обеспечивает клиентов информацией о каждом элементе, обеспечивая прозрачность финансовых аспектов заказа.

3. Генерация подробных отчетов: система генерирует подробные отчеты для каждого заказа, включая информацию о конфигурации, стоимости, сроках выполнения и текущем статусе производства. Эти отчеты служат важным инструментом взаимодействия с клиентами, обеспечивая полную прозрачность и понимание каждого этапа процесса.

Использование языка программирования Python обеспечивает гибкость и легкость в разработке, а библиотека Tkinter обеспечивает создание интуитивно понятного и простого в использовании графического интерфейса. База данных SQLite обеспечивает эффективное хранение и манипулирование данными, обеспечивая быстрый доступ к необходимой информации [5, 6].

Автоматизация процесса обработки заказов по сборке электрораспределительных устройств через специализированное программное обеспечение не только повышает эффективность производства, но и содействует сокращению времени на выпуск продукции, минимизации ошибок и оптимизации использования ресурсов. Это, в совокупности, способствует повышению конкурентоспособности предприятия в быстро меняющемся рыночном окружении.

## Источники

1. Полуянович Н.К., Дубяго М. Н. Эксплуатация электротехнических систем объектов ЖКХ: учеб. пособие для СПО. Ростов-на-Дону: Феникс, 2020. 158 с.

2. Кубарев Ю.Г., Игошин В.А. Расчет автоматики систем электроснабжения: метод. указания к практ. занятиям по курсу «Автоматизация энергетических систем в агропромышленном комплексе». Казань : КГЭУ, 2004. 59 с.

3. Смирнов Ю. Н. Проектирование информационных систем: учеб.-метод. пособие. Казань : КГЭУ, 2021. 35 с.

4. Леонтьев В.Е. Введение в алгоритмические языки и программирование: конспект лекций. Казань : КГЭУ, 2006. Ч. 2. 128 с.

5. Борзунов С.В.,. Кургалин С.Д. Алгебра и геометрия с примерами на Python: учеб. пособие. 3-е изд., стер. СПб.: Лань, 2022. 444 с.

6. Дунаев В.В. Базы данных. Язык SQL: практ. пособие. 2-е изд., доп. и перераб. СПб.: БХВ-Петербург, 2007. 320 с.

УДК 004.932

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПНЕВМОНИКИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРОЦЕССОРОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Тарасов Илья Олегович[1], Кашаев Рустем Султанхамитович[2],
Баиуа Даниэль Лелу[3]
[1,2,3] ФГБОУ ВО «КГЭУ» г. Казань
[1]ilya125490@gmail.com, [2]kashaev2007@yandex.ru, [3]danielbaiua@gmail.com

В статье описывается идея использования законов пневматики для создания процессоров вычислительных устройств

**Ключевые слова:** процессоры, пневмоника, вычислительные устройства, инновации, вычислительная техника, пневмонические устройства, масштабирование систем, эффективность, экологичность, устойчивость к внешним воздействиям.

# USING PNEUMONICS TO CREATE PROCESSORS FOR COMPUTING DEVICES

Tarasov Ilya Olegovich[1], Kashaev Rustem Sultankhamitovich[2], Baiua Daniel Lelo [3]
[1,2,3]KSPEU, Kazan
[1]ilya125490@gmail.com, [2]kashaev2007@yandex.ru, [3]danielbaiua@gmail.com

The article describes the idea of using the laws of pneumatics to create processors for computing devices

**Keywords:** processors, pneumonics, computing devices, innovation, computer science, pneumonic devices, system scaling, efficiency, environmental friendliness, resilience.

В мире постоянно развивающихся технологий в области вычислительной техники существует несколько направлений, которые привлекают внимание исследователей и инженеров. Одним из уникальных и перспективных подходов к созданию процессоров для вычислительных устройств является использование пневмоники. В данной статье мы рассмотрим принципы функционирования, преимущества и возможные вызовы при использовании пневмоники в создании процессоров [1].

**Основные принципы пневмонических процессоров.** Пневмоника – это наука о газах, особенно о воздухе, и их механических свойствах. Применение принципов пневмоники в технологии процессоров представляет собой интересный способ управления потоками газов для передачи и обработки информации. Основными элементами пневмонических процессоров являются компрессоры, клапаны, и трубопроводы, используемые для передачи воздушных сигналов.

Принцип работы пневмонических процессоров основан на изменении давления воздуха в трубопроводах. Это изменение давления интерпретируется как бинарные сигналы, что позволяет выполнить логические операции. Комбинирование этих операций позволяет создавать сложные вычисления и обрабатывать информацию [2].

**Преимущества использования пневмоники.** Одним из основных преимуществ использования пневмоники является отсутствие электрических сигналов в процессе передачи информации. Это уменьшает энергопотребление устройства и позволяет создавать более эффективные и экологичные вычислительные системы. Пневмонические процессоры также обладают высокой скоростью передачи данных благодаря быстрым изменениям давления воздуха.

Еще одним преимуществом является устойчивость к электромагнитным помехам. Так как процессы в пневмонических устройствах не зависят от электрических полей, они могут быть более надежными в условиях сильных магнитных или электрических воздействий [3].

**Вызовы и перспективы.** Однако, несмотря на перспективы, использование пневмоники в создании процессоров также сталкивается с вызовами. Одним из основных ограничений является сложность масштабирования таких систем на уровне современных электронных процессоров. Пневмонические устройства требуют больших объемов для поддержки передачи воздушных потоков, что может ограничить их применение в компактных устройствах.

Тем не менее, с постоянным развитием технологий производства и новыми методами управления потоками газа, использование пневмоники в процессорах может стать более практичным в будущем [4].

**Заключение.** Использование пневмоники в создании процессоров представляет собой инновационный подход к развитию вычислительной техники. Несмотря на вызовы, такие системы обещают быть более эффективными, экологичными и устойчивыми к внешним воздействиям. Дальнейшие исследования в этой области могут привести к созданию нового поколения вычислительных устройств, которые изменят представление о том, как мы обрабатываем информацию.

## Источники

1. Смит Дж. Пневмоника в вычислительной технике: обзор // Журнал вычислительных технологий. 2019. № 17 (2). С. 45–58.

2. Джонсон А., Браун М. Развитие пневмонических процессоров для энергоэффективных вычислений // Международный журнал компьютерных наук и инженерии. 2020. Т. 8, № 4. С. 112–126.

3. Андерсон Р.Л. Вызовы и возможности масштабирования пневмонических вычислительных систем // Тр. Междунар. конф. по новым технологиям в информатике. 2018. С. 221–234.

4. Уайт С., Миллер П. Пневмоника и электромагнитные помехи: сравнительный анализ // Журнал электроники и коммуникационной инженерии. 2021. Т. 14, № 3. С. 78–89.

УДК 681.5.01

# МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАЮЩИМ ТРЕНАЖЁРОМ

Терентьев Сергей Александрович
ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань
Kuvalda220@mail.ru

В работе публикуются результаты исследования системы управления вертолётом. Новым является метод, который реализуется на реальном летательном аппарате в полёте, этот метод использует возможности, предоставляемые компьютерными системами управления. Настоящая статья посвящена разработке системы управления вертолётом, которая позволяет реализовать режим динамической имитации. Суть этого режима заключается в том, что вертолёт одного типа реагирует на управляющие воздействия подобным на реакцию вертолёта другого типа. В работе приводится алгоритм получения математической модели объекта управления. Рассматривается метод дискретного управления моделирующим аппаратом. Такая система управления позволяет использовать моделирующий летательный аппарат как тренажер, максимально воспроизводящий условия полёта на базовом летательном аппарате. Моделирующий летательный аппарат имеет меньшие эксплуатационные расходы, что позволяет добиться экономического эффекта.

**Ключевые слова**: система управление, математическая модель, динамическая имитация, компьютерное моделирование, моделирующее устройство, непрерывное и дискретное управление, векторно-матричная модель, летательный аппарат (ЛА).

# FLYING SIMULATOR CONTROL METHODS

Terentyev Sergey Alexandrovich
KNRTU-KAI, KNRTU, Kazan
Kuvalda220@mail.ru

The paper publishes the results of a study of the helicopter control system. A new method is implemented on a real aircraft in flight, this method uses the capabilities provided by computer control systems. This article is devoted to the development of a helicopter control system that allows you to implement a dynamic simulation mode. The essence of this mode is that a helicopter of one type reacts to control actions similar to the reaction of a helicopter of another type. The paper presents an algorithm for obtaining a mathematical model of the control object. The method of discrete control of the modeling apparatus is considered. Such a control system allows you to use a simulation aircraft as a simulator that reproduces the flight conditions on the base aircraft as much as possible. The modeling aircraft has lower operating costs, which makes it possible to achieve an economic effect.

**Keywords:** control system, mathematical model, dynamic simulation, computer simulation, modeling device, continuous and discrete control, vector-matrix model, aircraft.

В настоящее время вертолёты используются для решения различных задач в экономике страны. Для формирования устойчивых навыков по пилотированию вертолётами используются специальные технические

средства: обучающие стенды, компьютерные симуляторы и учебные летательные аппараты (ЛА). На таких технических системах происходит изучение и тренировка обучающимися методов пилотирования. Обучение на больших летательных аппаратах приводит к существенным расходам эксплуатационного времени и, как следствие, к большим расходам топлива. Развитие систем управления и компьютерной техники позволяют решить задачу пилотирования малым (моделирующим) (МЛА) летательным аппаратом, на котором динамическая реакция на управляющие воздействия была бы такой же, как и реакция базового (большого) летательного аппарата (БЛА) при одинаковых отклонениях рулевых органов.

В работах [1, 2] предложены методики расчета тренажеров стационарного типа с подвижными элементами. В литературе не найдены работы, которые посвящены разработке теории динамически подобного управления летательным аппаратом вертолётного типа. Математические модели движения БЛА и МЛА в плоском и пространственном движении представлены в работе [3, 4].

Целью исследования является разработка методики формирования управления, которая позволяет на МЛА максимально похоже обеспечить в полёте движение БЛА.

Задача состоит в том, чтобы система управления реализовала режим динамически подобного управления (ДПУ), при котором пилот на МЛА за штурвалом ощущал также, как за штурвалом БЛА при одинаковых отклонениях штурвала. Моделирование на МЛА динамики движения БЛА обеспечивается работой система управления МЛА, в которой по разработанным алгоритмам формируется управление, воспроизводящее движение БЛА.

**Математическая модель движения вертолёта** должна учитывать изменения аэродинамических характеристик [5]: срывные режимы полета и криволинейное движение вертолета; характеристики планера при больших углах атаки и скольжения, при малых и околонулевых скоростях полета, в том числе в режиме зависания.

С помощью метода пространства состояний, уравнения движения вертолета могут быть представлены в виде системы дифференциальных уравнений первого порядка, разрешенных относительно производных:

$$\dot{X}_i = F_i\left(\vec{X}, \vec{U}\right), \quad i = 1, 2, \dots, 9, \tag{1}$$

где $\vec{X}$ – вектор состояния системы, который имеет компоненты $\vec{X} = (X_1, X_2, \dots, X_9)$, в действительности $\vec{X} = (V_X, V_Y, V_Z, \omega_X, \omega_Y, \omega_Z, \gamma, \psi, \vartheta)$; $\vec{U}$ – вектор управляющих параметров, имеющих компоненты $\vec{U} = \left(\kappa, \eta, \varphi, \varphi_p\right)$.

Линеаризованная система (3) должна иметь вид:

$$\dot{\vec{x}} = A\vec{x} + B\vec{u}, \tag{2}$$

где $\vec{x} = \vec{X} - \overrightarrow{X_0}, \vec{u} = \vec{U} - \overrightarrow{U_0}, \overrightarrow{X_0}, \overrightarrow{U_0}$ – параметры режима, $\left(\overrightarrow{X_0}, \overrightarrow{U_0}\right)$ – точка линеаризации. Как правило точка линеаризации соответствует стационарному режиму – балансировке (балансировка – движение с постоянной линейной и угловой скоростями), т. е. когда

$$\dot{X}_i = F_i\left(\overrightarrow{X_0}, \overrightarrow{U_0}\right) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, 9. \tag{3}$$

Уравнение (3) можно решить с помощью определения балансировочных значений $\overrightarrow{X_0}, \overrightarrow{U_0}$, заранее задав четыре параметра (например, $V_X, \omega_X, \omega_Y, \omega_Z$).

Система (3) сводится к линейной в окрестности некоторой точки $\left(\overrightarrow{X_0}, \overrightarrow{U_0}\right)$ путем разложения функции $F_i$ в ряд по степеням $x_j = X_j - X_{j0}$, при этом частные производные вычисляются в точке линеаризации. Иными словами, для вычисления коэффициентов матриц $A$ и $B$ требуется произвести вычисление частных производных функций $F_1, F_2, \dots, F_9$ для всех параметров в точке линеаризации.

**Дискретные математические модели МЛА и БЛА.** Непрерывные модели могут быть приведены к дискретному виду:

– дискретная модель движения базового летательного аппарата:

$$X_б[k+1] = A_б X_б[k] + B_б U_б[k]; \tag{4}$$

– дискретная модель движения моделируемого летательного аппарата:

$$X_м[k+1] = A_м X_м[k] + B_м U_м[k]\ . \tag{5}$$

**Условие точного динамического подобия.** Сформулируем условие динамического подобия МЛА и БЛА, как точное соответствие динамических реакций на управляющие воздействия.

Условие динамического подобия для непрерывных систем [6]:

$$X_м = X_б. \tag{6}$$

Условие динамического подобия для дискретных систем будет иметь следующий вид:

$$X_{\text{м}}[k] = X[k]. \quad (7)$$

Управление МЛА будем вычислять по формуле

$$U_{\text{м}}[k] = U_{\text{б}}[k] + \Delta U[k], \quad (8)$$

где $\Delta U[k]$ – составляющая управления, компенсирующая различия в динамических характеристиках МЛА и БЛА.

**Обеспечение на МЛА динамической имитации БЛА в дискретном векторно-матричном виде.** Запишем уравнение для разницы векторов состояния МЛА и БЛА:

$$E[k+1] = X_{\text{б}}[k+1] - X_{\text{м}}[k+1].$$

Для динамически подобного управления, как следует из (7) должно выполняться условие $E[k+1]=0$.

В результате получим

$$\Delta U[k] = B_{\text{м}}^{-1}\{A_{\text{б}}X_{\text{б}}[k] - A_{\text{м}}X_{\text{м}}[k] + (B_{\text{б}} - B_{\text{м}})U_{\text{б}}[k]\}. \quad (9)$$

Таким образом, для формирования динамически подобного дискретного управления требуется вычислять компенсирующую составляющую по формуле (9) и использовать формулу (7) для вычисления управления для МЛА.

Результаты компьютерного моделирования динамически подобного управления в непрерывном виде показали, что при единичном входном сигнале рассогласование динамических характеристик для МЛА и БЛА мало. Аналогичные расчёты для динамически подобного управления в дискретном виде по координате **x** дали малую величину рассогласования.

**Выводы.** В работе представлены результаты проектирования системы управления МЛА и БЛА. Для БЛА и МЛА записаны математические модели движения в векторно-матричном непрерывном и дискретном виде. В работе разработана методика для формирования управления МЛА, обеспечивающая на этом летательном аппарате режим динамической имитации БЛА. Научная новизна состоит в том, что предложены алгоритмы формирования управления для МЛА-летающего тренажёра, максимально похоже воспроизводящего движение БЛА.

## Источники

1. Александров В.В., Садовничий В.А., Чугунов О.Д. Математические задачи динамической имитации полета. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985. 181 с.

2. Красовский А.А. Основы теории авиационных тренажеров. М.: Машиностроение, 1995. 304 с.

3. Берестов Л.М. Моделирование динамики вертолета в полете. М.: Машиностроение, 1978. 158 с.

4. Берестов Л.М., Поплавский Б.К., Мирошниченко Л.Я. Частотные методы идентификации летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1985. 184 с.

5. Браверман А.С., Вайнтруб А.П. Динамика полета. Предельные режимы полета. М.: Машиностроение, 1988. 280 с.

6. Терентьев С.А. Управление, обеспечивающее динамическое подобие технической системы // Тр. XI Междунар. Четаевской конф. Казань, 2017. Т. 3. С. 107–112.

УДК 336.13

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЛИЗНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЗЕЛЕНОГО ВОДОРОДА

Хайрутдинов Артур Маратович[1], Сироткина Лилия Витальевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]arturhai14@gmail.com

В данной статье рассматривается процесс проектирования модели электролизера получения водорода. Описываются этапы создания модели.

**Ключевые слова:** монополярный электролизер, зеленый водород, проектирование электролизной установки, материал электродов, риформинг, возобновляемая энергия.

# DESIGN OF AN ELECTROLYSIS PLANT FOR THE PRODUCTION OF GREEN HYDROGEN

Khairutdinov Artur Maratovich[1], Sirotkina Lilia Vitalyevna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]arturhai14@gmail. com

This article discusses the process of designing a model of the electrolysis for the production of hydrogen. The steps of creating a model are described.

**Keywords:** monopolar electrolyzer, green hydrogen, electrolysis plant design, electrode material, reforming, renewable energy.

В настоящее время паровой риформинг метана считается основным методом получения водорода, так как он обеспечивает рентабельную стоимость продукта и высокую производительность оборудования [1]. Тем не менее, исследователи продолжают разрабатывать другие альтернативные процессы, поскольку при этом методе в атмосферу выбрасывается большое количество углекислого газа, а природный газ представляет собой невозобновляемый источник энергии [3]. Большую роль среди технологий альтернативной энергии играет электролиз воды, который позволяет получить водород высокой степени чистоты [2].

Целью данного исследования является разработка критериев конструирования электролизера, на основе которых будет выбран оптимальный формат аппарата и создана его трехмерная модель. Полученная модель будет служить основой для создания опытного образца и проведения экспериментальных испытаний.

Для проектирования был выбран монополярный электролизер с плоскопараллельными чередующимися электродами, так как эта конструкция (рис. 1) является наиболее эффективной из тех, которые можно реализовать с использованием доступных материалов и инструментов [6].

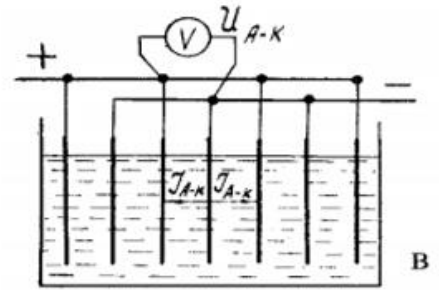



Рис. 1. Плоскопараллельный электролизер [5]

Перед проектированием нужно определить требования к его конструкции:

1) электролизер должен иметь закрытую конструкцию для возможности отвода генерируемого газа в трубки [4];

2) электролизер должен быть герметичным.

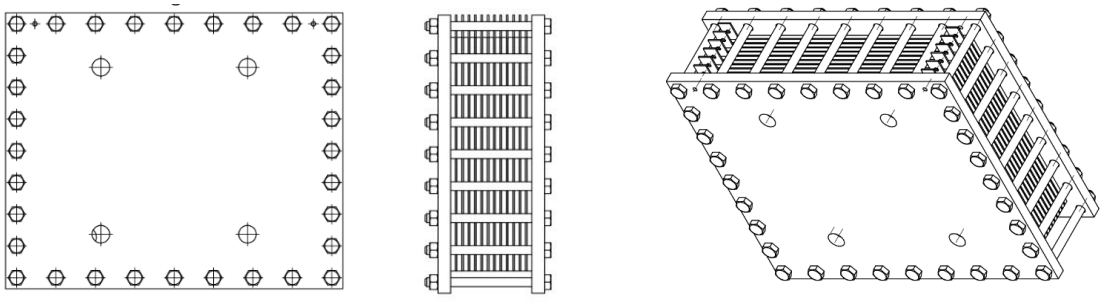
3) для того чтобы электролит и генерируемый газ могли перемещаться между ячейками в электродах должны быть предусмотрены специальные отверстия;

4) так как электролизер является экспериментальным нужно каждый электрод должен иметь свою контактную платформу для отдельного питания электричеством;

5) электролизер должен иметь прозрачные внешние стенки для возможности наблюдать за протекающим процессом электролиза воды;

6) количество генерируемого газа должно быть достаточным для демонстрации возможностей водорода, как топлива.

С учетом вышеперечисленных требований был спроектирован электролизер получения водорода, внешний вид которого представлен на рис. 2.



*а* *б* *в*

Рис. 2. Модель экспериментального электролизера: *а* – главный вид; *б* – вид слева; *в* – наглядное изображение

На рис. 3 дано описание конструкции.

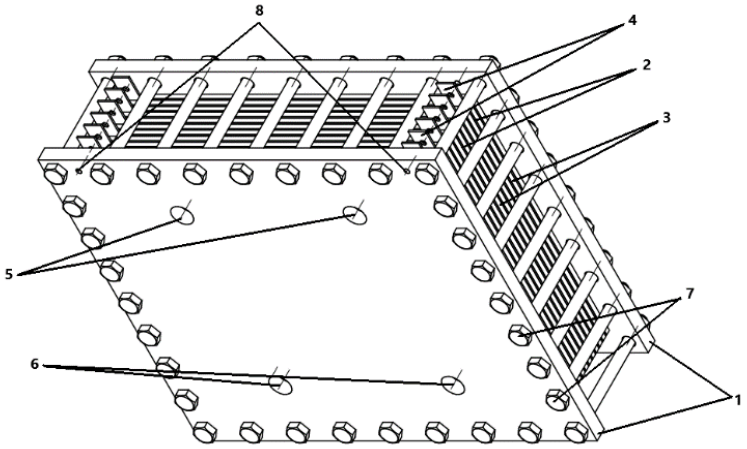



Рис. 3. Электролизер: *1* – наружние пластины из оргстекла; *2* – стальные электроды марки 08Х18Н10; *3* – прокладки из резины ТМКЩ; *4* – контакты электродов; *5* – выходные отверстия; *6* – отверстия для подачи электролита; *7* – стяжные болты; *8* – связующее отверстие

Данный электролизер выделяется на фоне аналогов простой конструкцией, доступностью материалов и повышенной производительностью в соотношении с размерами устройства. Эти отличия делают его привлекательным для изготовления и дальнейшего применения.

## Источники

1. Разакова Р.И., Гибадуллина Х.В. Водородные технологии в современной металлургии // Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация»: матер. Междунар. молод. науч. конф.: в 3 т. Казань, 2021. Т. 1. С. 219–222.

2. Гайнутдинова Д.Ф. Водород в глобальной энергетической повестке // Актуальные вопросы и достижения современной науки: матер. Междунар. (заоч.) науч.-практ. конф. Нефтекамск, 2022. С. 11–14.

3. Перспективы развития водородной энергетики в Татарстане / А.А. Филимонова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 6. С. 79–91.

4. Курс технологии связанного азота / под ред. чл.-корр. АН УССР В.И. Атрощенко. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Химия, 1968. 383 с.

5. Истомина Н.В., Сосновская Н.Г., Ковалюк Е.Н. Оборудование электрохимических производств. Ангарск: АГТА, 2010. 100 с.

**6.** Оборудование электрохимических производств: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Ангарск: АГТА, 2010. 100 с.

УДК621.38

# РЧ-УСИЛИТЕЛЬ КЛАССА Д ДЛЯ ДАТЧИКА ПМР 20 МГЦ

Чан Ван Тунг
Ханойский промышленный университет, Вьетнам
tungtv@haui.edu.vn

ВЧ-усилитель класса Д с частотой 20 МГц был разработан для работы с датчиком ПМР. Прототип построен на двухслойной печатной плате площадью 64 см$^2$ и массой менее 100 г; он выдает 120 Вт на нагрузку 50 Ом, используя один источник питания 24 В постоянного тока. Даже при высоких потерях мощности переключения на этой частоте усилитель способен достичь КПД 73 %. Результаты испытаний датчика показывают, что усилитель класса Д хорошо работает на частоте 20 МГц, имеет малое время включения и выключения, создает импульсы постоянной амплитуды длительностью всего 2 мкс и способен проводить длительные эксперименты КПМГ с сотнями эхо-сигналов.

**Ключевые слова:** Класс Д; РЧ усилитель; 20 МГц; ПМР.

# CLASS D RF AMPLIFIER FOR 20 MHZ NMR SENSOR

TranVanTung
Hanoi University of Industry, Vietnam
tungtv@haui.edu.vn

A 20 MHz Class D RF amplifier has been developed to work with an NMR sensor. The prototype has been built on a 2-layer PCB with an area of 64 cm$^2$ and weighs less than 100 g; it outputs 120 W into a 50 Ω load using a single 24 V DC supply. Even with the high switching power losses at that frequency, the amplifier is able to achieve 73 % efficiency. Test results from the sensor show the class D amplifier is operating well at 20 MHz with fast turn on and turn off times, producing constant amplitude pulses as short as 2 μs, and is able to run long CPMG experiments with hundreds of echoes.

**Ключевые слова:** Class D; RF amplifier; 20 MHz; NMR.

**Введение.** Благодаря доступным сегодня вычислительным мощностям системы протонного магнитного резонанса (ПМР) можно легко разработать с использованием компактных микропроцессорных технологий, но в случае мобильных систем ПМР физический размер системы часто зависит от мощного радиочастотного усилителя. Такой усилитель необходим для возбуждения зонда ПМР в системе и обычно относится к классу *A* или *AB*.

Мобильные системы ПМР часто питаются от батарей; КПД традиционных линейных усилителей класса *A* или *AB* низок; на практике обычно менее 50 % [1, 2], что является большим ограничением для применения мобильных систем ПМР.

Наличие мощных и высокочастотных переключающих МОП-транзисторов в сочетании с интеллектуальными методами переключения означает, что теперь у нас есть возможность уменьшить размер ВЧ усилителя и повысить его эффективность. Усилители класса *D* используются в аудио- и низкочастотных приложениях ПМР и легко достигают эффективности в диапазоне от 80 до 90 % [3–5]. Задача состоит в том, чтобы разработать такие высокоэффективные радиочастотные усилители, которые могли бы работать в диапазоне частот МГц с выходной мощностью 120 Вт и выше. Прототип усилителя класса *D* с частотой 20 МГц был создан для работы с датчиком ЯМР [6].

**2. Дизайн и производительность.** В этой конструкции использовалась полномостовая схема переключения, которая позволяет лучше управлять усилителем при включении и выключении. Это очень важно для систем ПМР, поскольку влияет на время нарастания и затухание генерируемых радиочастотных импульсов. Резонансный резервуар использовался для преобразования импульсов большой мощности в синусоидальные сигналы, а на выходе использовался трансформатор для согласования импеданса с нагрузкой 50 Ом. Упрощенная принципиальная схема усилителя представлена на рис 1.

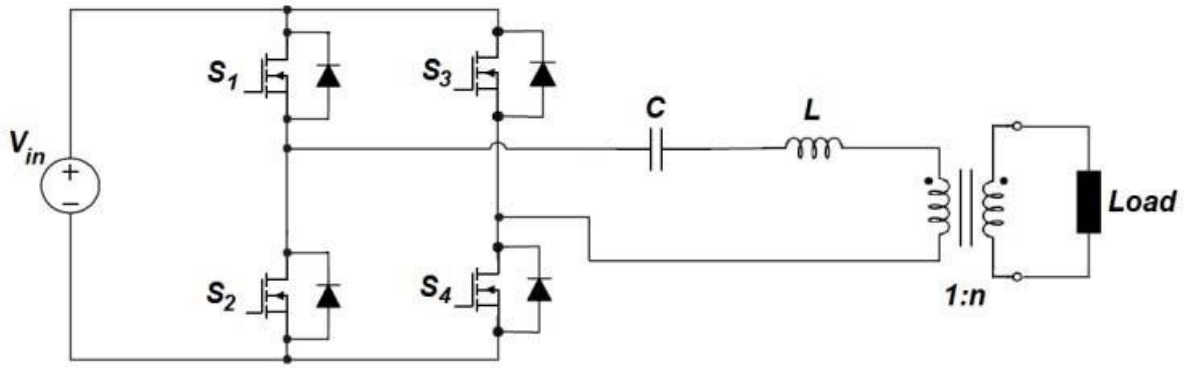



Рис 1. Упрощенная схема резонансного ВЧ усилителя класса *D*

Переключатели *S*1 и *S*4 управляются как одна пара устройств, обеспечивая положительный выходной цикл, а *S*2 и *S*3 – отрицательный цикл. Резонансный резервуар, образованный *LC*-сеткой, был настроен так, чтобы соответствовать частоте переключения *MOSFET* 20 МГц. Прототип конструкции построен на двухслойной печатной плате; это позволяет конечному продукту быть компактным и портативным. Уровень входной мощности обычно составляет 1 дБм. Готовый усилитель весит чуть менее 100 г, а площадь печатной платы составляет 64 см$^2$.

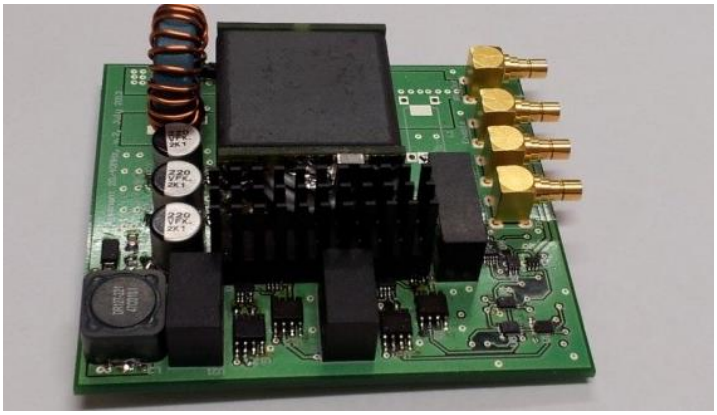


Рис. 2. Усилитель класса *D*

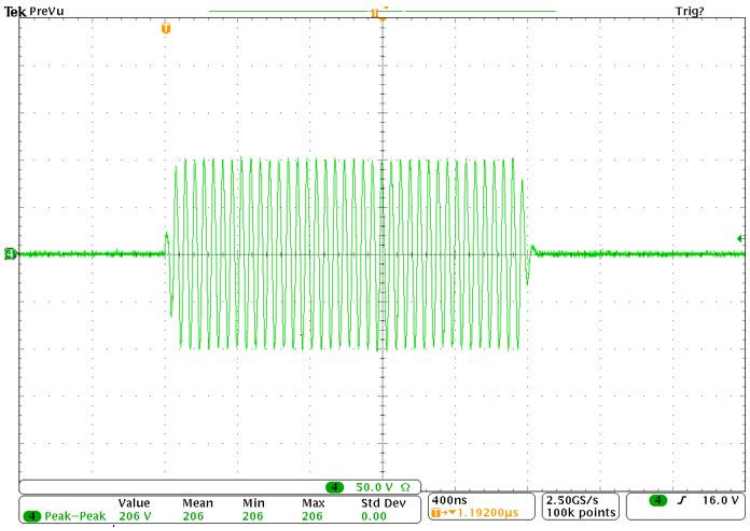



Рис. 3. Выходные импульсы мощностью 120 Вт усилителя класса *D*

Типичная длина импульса, используемая в ПМР, составляет от 2 до 10 мкс [6]. На рисунке 3 показаны два усилителя, выдающие короткий импульс мощностью 120 Вт на нагрузку 50 Ом.

Выходной импульс класса D достигает максимальной амплитуды после второго цикла и остается постоянной на протяжении всей длины импульса. Обычно усилители с резонансным выходом имеют проблему длительного времени нарастания и спада; Эта проблема была решена за счет использования оптимальной схемы с более низкой добротностью и интеллектуального переключения полевых МОП-транзисторов.

Типичные последовательности импульсов ПМР, используемые ПМР, состоят из импульса 90 градусов, за которым после задержки следует импульс 180 градусов, т. е. последовательность спинового эха [8, 9]. Импульс в 180 градусов либо в два раза превышает амплитуду, либо в два раза длиннее импульса в 90 градусов. В классических системах усилителей используется метод двойной амплитуды, поскольку он прост в реализации

и обеспечивает постоянную полосу пропускания возбуждения; однако для усилителя класса *D* проще использовать метод двойной длины импульса. Пока оба импульса достаточно короткие, полоса пропускания возбуждения не должна быть проблемой. Выходной импульс спинового эха двух усилителей показан на рис. 4.

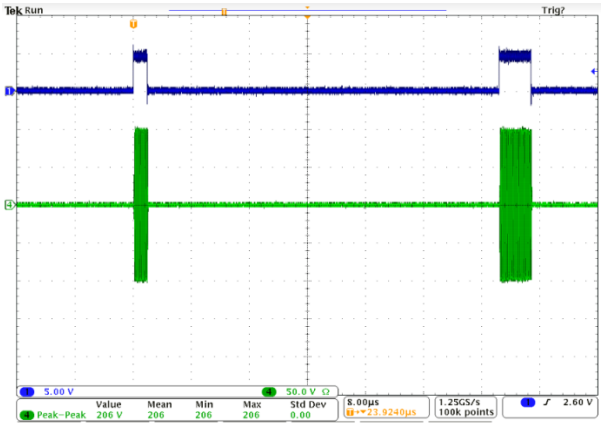



Рис. 4. Импульсы спинового эха от усилителя класса *D*

На рис 3 ясно показано, что импульсы класса *D*, развернутые под углом 180 градусов, имеют очень постоянную амплитуду даже при удвоении длины импульса (рис. 4). Очень полезной последовательностью импульсов ПМР является последовательность импульсов КПМГ [10, 11], которая обеспечивает множественные эхо-сигналы за счет использования более одного импульса на 180 градусов. Этот эксперимент обычно используется для измерения образца *T*2. На рис. 5 показана такая последовательность с четырьмя импульсами по 180 градусов. Выход усилителя класса *D* снова показывает постоянную амплитуду.

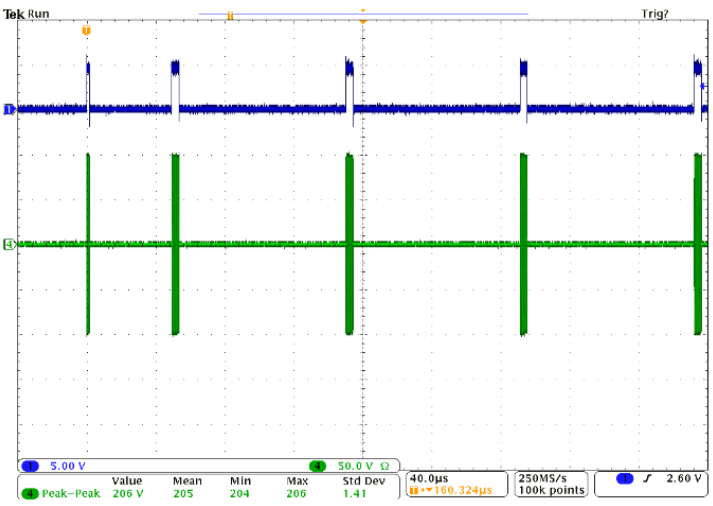



Рис. 5. Импульсы КПМГ от усилителя класса *D*

Входное напряжение постоянного тока составило 23,3 В, а выходное напряжение составило 50 Ом. На рисунках показано соответствующее измерение тока 0,6 А для класса Д. Выходное напряжение 202 В (размах) для класса Д. На основе этих значений можно определить эффективность усилитель класса Д был рассчитан на 73 %.

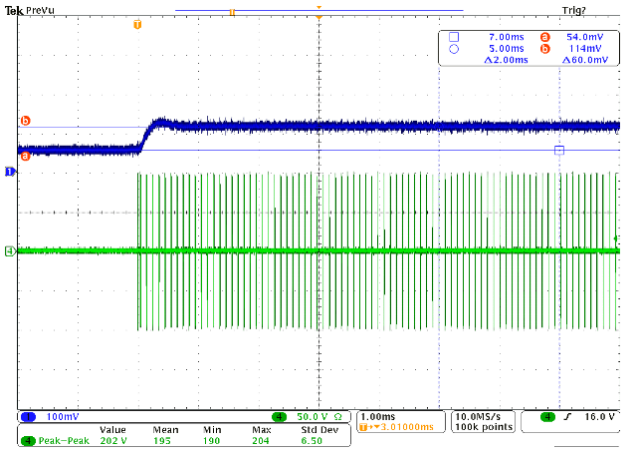



Рис. 6. Измерение мощности усилителя класса *D*

**3. Результаты пмр с сенсора.** На рис. 7 показаны результаты эксперимента «Спиновое эхо», а на рис. 8 показаны результаты эксперимента КПМГ.

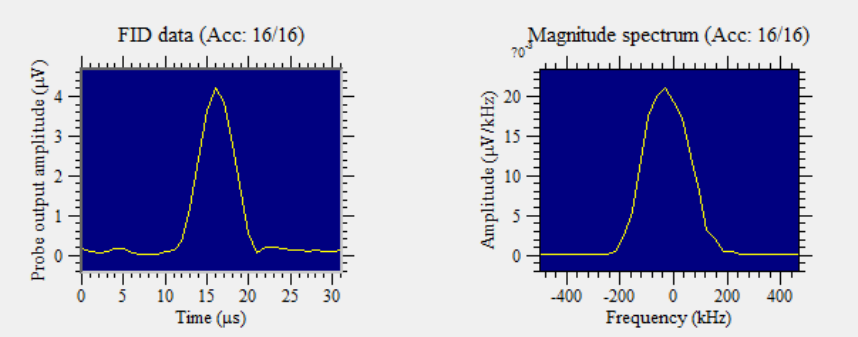



Рис. 7. Результаты спин-эхо усилителя класса *D*

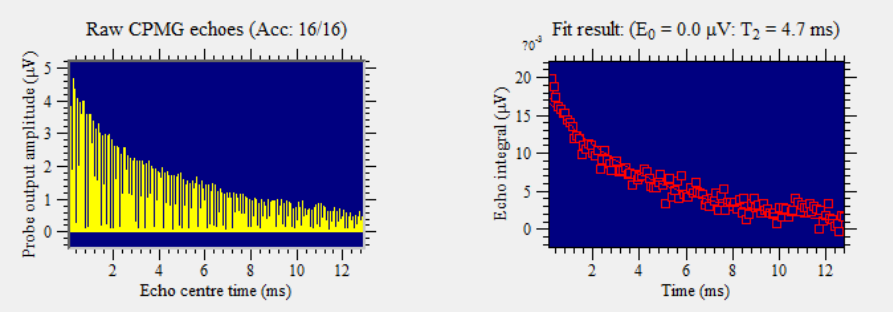



Рис. 8. Результаты КПМГ для усилителя класса *D*

Результаты спинового эхо были получены на основе усредненной по фазе последовательности из 16 сканирований. Результаты КПМГ также были получены на основе среднего значения 16 сканирований с фазовым циклом. На этот раз последовательность импульсов намного длиннее: в каждой последовательности образуется 128 эхо-сигналов; это показано как необработанные данные КПМГ, отображаемые в левой части рисунков. Подобные константы затухания и амплитуды говорят о стабильности усилителя.

**Выводы.** Усилители класса *D* позволяют предположить, что последний способен генерировать выходную мощность и последовательности импульсов, необходимые для экспериментов по ПМР, делая это более эффективным способом. Компактный размер и малый вес делают усилитель класса *D* особенно подходящим для использования в портативных системах ПМР. Эффективность 73 % на рабочей частоте 20 МГц при выходной мощности 120 Вт в сочетании с быстрым временем нарастания и коротким временем выключения является значительным улучшением, используемым с датчиком ПМР.

## Источники


1. Albulet M. RF Power Amplifiers, Noble Publishing Corporation, Atlanta, GA, 2001. 366 p.

2. Kazimierczuk M.K. RF Power Amplifiers, John Wiley & Sons, West Sussex, 2008. 422 p.

3. Class DE High-Efficiency Tuned Power Amplifier / H. Koizumi [et al.] // IEEE Transactions on Circuits and Systems. 1996. Vol. 43, Iss. 1. Pp. 51–60.

4. A novel power amplification scheme for nuclear magnetic resonance / nuclear quadrupole resonance systems / X. Zhang [et al.] // Review of Scientific Instruments. 2011. Vol. 82, Iss. 3. DOI: http://dx.doi.org/10.1063/1.3571298.

5. Low-frequency NMR with a non-resonant circuit / T. Hopper [et al.] // Journal of Magnetic Resonance. 2011. Vol. 210. Pp. 69–74.

6. The NMR MOUSE: A Mobile Universal Surface Explorer / G. Eidmann [et al.] // Journal of Magnetic Resonance, Series A. 1996. Vol. 122, Iss. 1. Pp. 104–109.

7. Class A RF amplifier [Электронный ресурс]. URL: https:// magritek.com/ (дата обращения: 21.10.2023).

8. Callaghan P.T. Principles of Nuclear Magnetic Resonance Microscopy. Oxford: Clarendon Press, 1991. 492 p.

9. Hahn E.L. Spin echoes // Physical Review. 1950. Vol. 80, Iss. 4. Pp. 580–594.

10. Meiboom S., Gill D. Modified spin-echo method for measuring nuclear relaxation times // Review of Scientific Instruments. 1958. Vol. 29. Pp. 688–691.

11. Carr H.Y., Purcell E.M. Effects of Diffusion on Free Precession in Nuclear Magnetic Resonance Experiments // Physical Review. 1954. Vol. 94, Iss. 3. Pp. 630–638.

УДК 336.13

# СИСТЕМНОЕ ПОСТРОЕНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ

Шарафутдинов Глеб Эдуардович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
Gleb.sh.me@yandex.ru

В статье рассматривается концепция системы управления мобильным роботом, в рамках которой учебный комплекс протекает с использованием робототехнических конструкторов и навигационного программно-аппаратного комплекса, который применяется для решения задач мобильных роботов в промышленности. При использовании доступной каждому элементной базы робототехнического конструктора и широким спектром устройств управления, которые применяются в промышленности, не теряет своей актуальности возможность в рамках учебного процесса спроектировать

**Ключевые слова:** программно-аппаратные комплексы для управления роботами, учебные робототехнические комплексы, построение карты местности и локализация объектов, автономная навигация мобильных роботов.

# SYSTEM CONSTRUCTION OF SOFTWARE AND HARDWARE FOR MOBILE ROBOT CONTROL

Sharafutdinov Gleb Eduardovich
KSPEU, Kazan
Gleb.sh.me@yandex.ru

The article discusses the concept of a mobile robot control system, within the framework of which the training complex proceeds using robotic designers and a navigation software and hardware complex, which is used to solve the problems of mobile robots in industry. When using the available element base of a robotic designer and a wide range of control devices that are used in industry, it does not lose its relevance in the framework of the educational process to design.

**Keywords:** software and hardware complexes for controlling robos, training robotic complexes, building a map of the area and localization of objects, autonomous navigation of mobile robots.

На сегодняшний день всё чаще происходит привлечение мобильных роботов для решения задач, которые ранее решались без их использования. Для внедрения мобильного робота на производство либо в повседневную жизнь необходимо разработать систему управления данным роботом, а так же подготовить инфраструктуру помещения, в котором будет эксплуатироваться мобильный робот. Все эти задачи входят в понятие построения программно-аппаратного обеспечения управления мобильным роботом.

В статье будет рассмотрен вопрос построения системы управления образовательным мобильным роботом на базе учебного робототехнического конструктора.

Общая характеристика выпускаемых робототехнических наборов. В наше время существует большое количество разнообразных робототехнических наборов разной сложности, предназначенных для использования в образовательном процессе для всех возрастных категорий – от младших школьников до аспирантов.

В отношении изучения основ робототехники вызывают интерес такие модели конструкторов как Robotis Biolod [3], Fishertechnik [4], Tetrix [5], VexRobotics [6]. Выбранные модели робототехнических конструкторов обладают более широкой функциональной возможностью, а также открытой и гибкой архитектурой, что позволяет совершенствовать робота и его функционал с помощью дополнительных комплектующих.

Подобные наборы могут послужить конструктивной базой для создания прототипа задуманного МР и робототехнического комплекса (РТК).

Структура программно-аппаратных средств образовательного робота. Целесообразнее всего следовать традиционному модульному принципу построения системы. Данный принцип позволит успешно применить конструктор в образовательном процессе, а также для решения исследовательских задач данной области. В робототехнике модульный принцип выражается в реализации аппаратных комплексов робота, в формате отдельных блоков или устройств, которые осуществляют определенную задачу, что позволяет упростить возможность модернизации и повышает надёжность роботов. Система управления МР реализуется в формате иерархической структуры, где уровни будут выполнять разного характера задачи и подчинены друг другу. Система управления МР делится на три уровня: исполнительный, сенсорный и стратегический.

Исполнительный уровень представляет из себя группу исполнительных механизмов, например, захватные устройства или манипуляционные механизмы и дh.

Сенсорный уровень осуществляет функцию автоматизированной оценки состояния окружающего пространства, наличия и расположения в нём объектов, представляет из себя различные датчики или измерительные системы.

Стратегический уровень выполняет комплексную оценку состояния МР и окружающей обстановки, вырабатывает стратегию к выполнению необходимой задачи.

Использование модулей расширения с заданными техническими характеристиками помогает очень сильно упростить адаптацию робототехнических наборов или конструкторов к особенностям учебного процесса.

Применение образовательных МР, построенных по вышесказанной системе [1] существенно облегчит процесс проектирования РТК и позволит сконцентрировать усилия на решении определённой практической задаче. Обучающиеся студенты уже на ранней стадии обучения смогут познакомиться с профессиональным оборудованием и принципами решения современных практических задач [2]. Подобный модульный принцип проектирования также сформирует неразрывность процесса получения образования в целом. Первое знакомство учащихся с разработками подобных систем возможно осуществить на простейшей элементной базе, постепенно усложняя её при помощи добавления отдельных специализированных модулей в зависимости от роста сложности решаемых учебных или практических задач.

## Источники


1. Ермишин К.В. Опыт МГТУ имени Н.Э. Баумана по применению робототехнических конструкторов в образовательном процессе // Развитие инновационной деятельности детей и молодежи в сфере науки, техники и технологии: матер. Всерос. науч.-практ. конф. Курган, 2013. С. 50–59.
2. Экспертный уровень / К.В. Ермишин [и др.]. М.: Экзамен, 2014. 160 с.
3. Robotis Official website [Электронный ресурс]. URL: http:// www.robotis.com (дата обращения: 21.10.2023).
4. Official website of Fishertechnik GmbHL – Fishertechnik [Электронный ресурс]. URL: https://www.fischertechnik.de/ (дата обращения: 21.10.2023).
5. Official website of Pitsco Inc-Tetrix [Электронный ресурс]. URL: http://www.tetrixroboties.com/ (дата обращения: 21.10.2023).
6. Official website of VEX Robotics Inc. [Электронный ресурс]. URL: http://www.vextobotics.com (дата обращения: 21.10.2023).

## Направление 2. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТЭК и ЖКХ

УДК 62-52

# МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОВОРОТНОГО СТОЛА С НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ ТИПА «МЁРТВАЯ ЗОНА»

Абдулхай Ахмед Мохаммед Ибрахим[1], Малёв Николай Анатольевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[2]maleeev@mail.ru

В работе проведено исследование мехатронной системы управления поворотного стола с электромеханическим исполнительным приводом с учетом нелинейности типа «мёртвая зона» в датчике рассогласования. Показаны фазовые траектории и графики переходных процессов при работе на линейном участке статической характеристики нелинейности и в зоне нечувствительности. Показано, что нескорректированная система функционирует со статической ошибкой по управлению и не обеспечивает требуемых точностных показателей.

**Ключевые слова:** мехатронная система, мёртвая зона, фазовая траектория, нелинейность.

# SIMULATION OF THE MECHATRONIC CONTROL SYSTEM OF A ROTARY TABLE WITH NONLINEARITY OF THE “DEAD ZONE” TYPE

Abdulhay Ahmed Mohammed Ibrahim[1], Nikolay Anatolievich Malev[2]
KSPEU, Kazan
[1,2]maleeev@mail.ru

The work carried out a study of a mechatronic control system for a rotary table with an electromechanical actuator drive, considering nonlinearity of the “dead zone” type in the mismatch sensor. The phase trajectories and graphs of transient processes are shown when working in the linear section of the static nonlinearity characteristic and in the dead zone. It is shown that the uncorrected system operates with a static control error and does not provide the required accuracy indicators.

**Key words**: mechatronic system, dead zone, phase trajectory, non-linearity.

Подавляющее большинство исполнительных элементов мехатронных систем можно охарактеризовать типовой нелинейностью типа «мёртвая зона» [1]. Также «мёртвая зона» присутствует в устройствах, нечувствительных к малым сигналам. Статическая характеристика данной нелинейности показана на рис. 1.

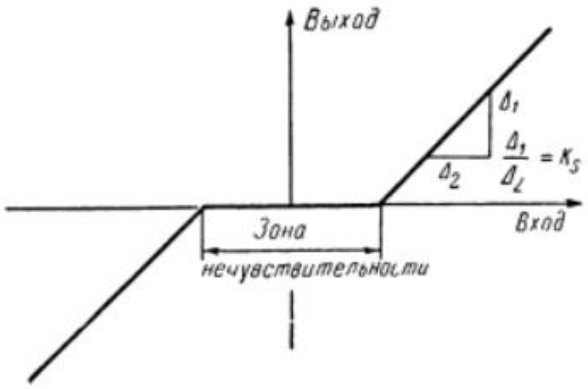



Рис. 1. Статическая характеристика нелинейности типа «мёртвая зона»

Из анализа рисунка 1 следует, что выходной сигнал равен нулю при значениях входного сигнала, находящихся в «мёртвой зоне» (зоне нечувствительности) [2]. На участках вне зоны нечувствительности между входом и выходом элемента мехатронной системы наблюдается линейная зависимость, причём тангенс угла наклона соответствует коэффициенту передачи данного элемента.

Структурная схема мехатронной системы управления поворотного стола с мёртвой зоной в датчике рассогласования показана на рис. 2.

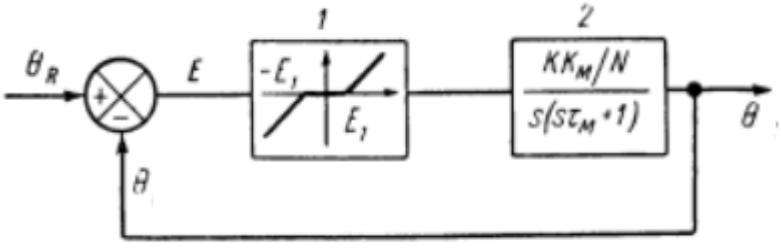



Рис. 2. Структурная схема мехатронной системы управления поворотного стола

Дифференциальное уравнение мехатронной системы управления поворотного стола на линейном участке относительно сигнала рассогласования $E$ с учётом электромеханической постоянной времени исполнительного двигателя $\tau_{\text{м}}$ и коэффициентов передачи $K_S$, $K$, $K_{\text{м}}$, $N$ соответствующих элементов имеет вид:

$$\ddot{E} + \frac{1}{\tau_{\text{м}}}\dot{E} + \frac{K_S K K_{\text{м}}}{N\tau_{\text{м}}}\left(E - E_1\right) = 0 \text{ при } \left|E\right| > E_1,$$

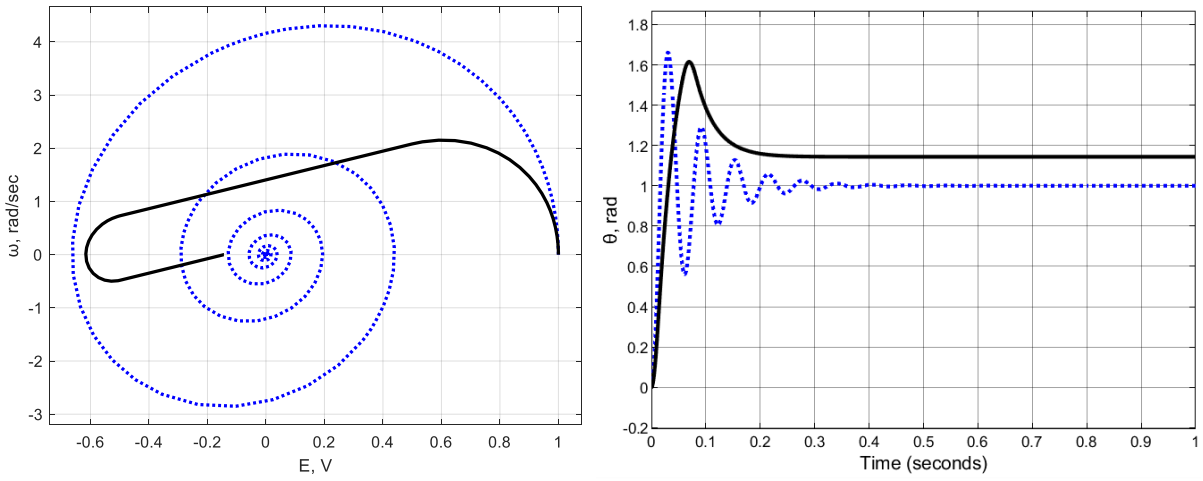
где $E_1$ соответствует половине ширины зоны нечувствительности.

В «мёртвой зоне» уравнение системы запишется как

$$\ddot{E} + \frac{1}{\tau_м}\dot{E} = 0 \text{ при } -E_1 \le E \le +E_1.$$

Фазовый портрет с координатами $E$ по абсциссе и $\dot{E} = \omega$ по ординате показан на рис. 3, *а* для случая работы мехатронной системы на линейном участке статической характеристики датчика рассогласования (пунктирная линия) и в мёртвой зоне (сплошная линия).

Графики переходных процессов регулируемой выходной величины мехатронной системы управления поворотного стола при работе на линейном участке статической характеристики датчика рассогласования (пунктирная линия) и в мёртвой зоне (сплошная линия) показаны на рис. 3, *б*.




*а* *б*

Рис. 3. Фазовые траектории (*а*) и переходные характеристики (*б*) мехатронной системы управления поворотного стола

Из анализа рис. 3, *б* следует, что при работе в мёртвой зоне показатели качества переходного процесса системы меняются незначительно, однако появляется статическая ошибка по управлению, тем большая, чем больше ширина зоны нечувствительности. При синтезе регулятора мехатронной системы необходимо произвести детальный анализ нескорректированного объекта и, при необходимости, подобрать астатический регулятор либо нелинейное корректирующее устройство [3, 4].

## Источники

1. Garatti S., Campi M.C. Modulating Robustness in Control Design: Principles and Algorithms // IEEE Control Systems Magazine. 2013. Vol. 33, Iss. 2. Pp. 36–51.

2. Tsvetkov V.Ya. Framework of Correlative Analysis // European researcher. Series A. 2012. Vol. 23, Iss. 6-1. Pp. 839–844.

3. Елсуков В.С., Лачин В.И., Павлов В.В. Синтез систем управления со знакопеременной компенсирующей обратной связью в условиях ограниченной неопределенности // Известия вузов. Электромеханика. 2020. Т. 63, № 5. С. 40–45.

4. Малёв Н.А., Погодицкий О.В., Малацион А.С. Метод формирования Q-таблиц для автоматизированного контроля параметров электромеханических преобразователей с применением линейного интегрального критерия // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. № 22 (2). С. 86–97.

УДК 62-52

# ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУЗОПОДЪЁМНОГО МЕХАНИЗМА С УЧЁТОМ ЛЮФТА МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

Аклан Омар Мохтар Абдулджаббар[1], Малёв Николай Анатольевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[2]maleeev@mail.ru

В работе приведено описание явления люфта в зубчатых зацеплениях механических передач. Показаны статические характеристики и дифференциальные уравнения мехатронной системы для движения исполнительного вала в зоне люфта и при отсутствии люфта. Построен фазовый портрет и переходные характеристики для указанных случаев, проведен анализ полученных зависимостей.

**Ключевые слова:** мехатронная система, люфт, фазовый портрет, механическая передача.

# STUDY OF DYNAMIC CHARACTERISTICS LOAD-LIFTING MECHANISM WITH CONSIDERING BACKLASH IN MECHANICAL TRANSMISSION

Aklan Omar Mokhtar Abduljabbar[1], Nikolay Anatolievich Malev[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[2]maleeev@mail.ru

The paper describes the phenomenon of backlash in the gears of mechanical transmissions. The static characteristics and differential equations of the mechatronic system for the movement of the actuator shaft in the backlash zone and in the absence of backlash are shown. A phase portrait and transient characteristics for the indicated cases were constructed, and the obtained dependencies were analyzed.

**Keywords**: mechatronic system, backlash, phase portrait, mechanical transmission.

Любое механическое соединение в большей или меньшей степени подвержено нелинейному влиянию люфта [1]. В мехатронных системах наиболее часто встречается люфт механических передач, обусловленный зазорами между соседними зубьями шестерен [2]. Вследствие люфта одно из зубчатых колес может повернуться на некоторый угол, не соприкасаясь с другим зубчатым колесом. Аналитическое описание нелинейного эффекта, вызванного люфтом, сопряжено с определенными трудностями: необходимо учитывать вращение ведущего и ведомого валов со своими маховыми массами; на каждом из валов могут быть моменты вязкого и сухого

трения; валы не являются абсолютно жесткими и при соударении зубьев колес механических передач возникает эффект упругой деформации металла, вызывающий отскакивание зубьев друг от друга.

Влияние люфта проявляется в переходных режимах, например, при пуске или реверсе электромеханической мехатронной системы. При пуске, после того как люфт будет выбран, двигатель и нагрузка всегда будут в контакте до тех пор, пока двигатель не изменит направления вращения. После реверсирования нагрузка будет удерживаться в прежнем положении благодаря наличию сухого трения, пока, в свою очередь, не будет выбран люфт в противоположном направлении.

Статическая характеристика люфта, соответствующая описанному случаю, показана на рис. 1.

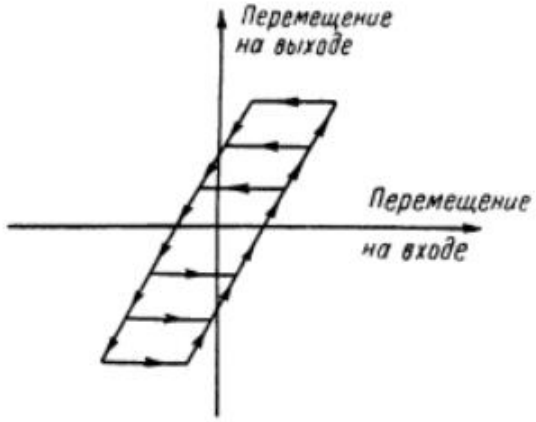



Рис. 1. Статическая характеристика люфта

Мехатронная система с усилителем, приводным двигателем и механической передачей при отсутствии люфта (люфт выбран) может рассматриваться как линейная и описывается дифференциальным уравнением:

$$\ddot{E} + 2\xi\omega_{\text{п}}\dot{E} + \omega_{\text{п}}^2 E = 0\,.$$

При снижении скорости вращения исполнительного вала мехатронной системы до нуля и реверсировании, вал остается неподвижным до тех пор, пока люфт не будет выбран, вызывая соответствующую фиксированную ошибку регулирования $E_1$.

Движение исполнительного вала в зоне люфта описывается следующим уравнением:

$$\ddot{\theta}_{\text{м}} + 2\xi\omega_{\text{п}}\dot{\theta}_{\text{м}} = \omega_{\text{п}}^2 E_1\,.$$

Решая последовательно приведенные выше уравнения, получим фазовую траекторию, представленную на рис. 2. Фазовый портрет с координатами $E$ по абсциссе и $\dot{E} = I$ по ординате показан пуске из неподвижного состояния с учетом люфта (сплошная линия) и без учета люфта (пунктирная линия).

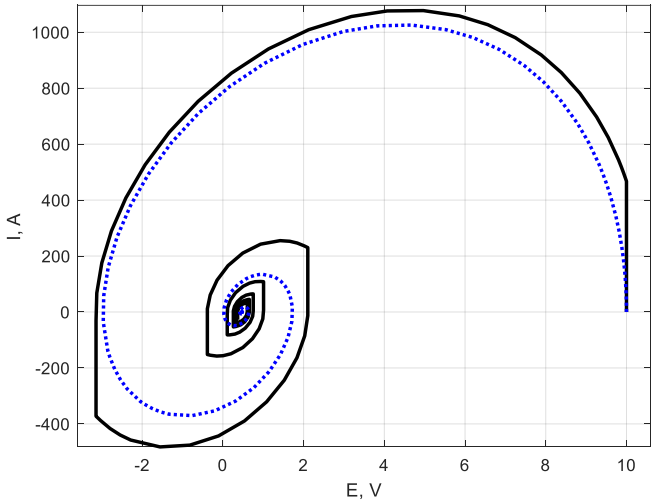



Рис. 2. Фазовые траектории мехатронной системы управления грузоподъёмного механизма

Фазовая траектория нелинейной мехатронной системы построена без учета сухого и вязкого трения. Влияние данных факторов будет подробно рассмотрено в ходе дальнейших исследований.

Графики переходных процессов регулируемой выходной величины исследуемой мехатронной системы с учетом люфта (сплошная линия) и без учета (пунктирная линия) показаны на рис. 3.

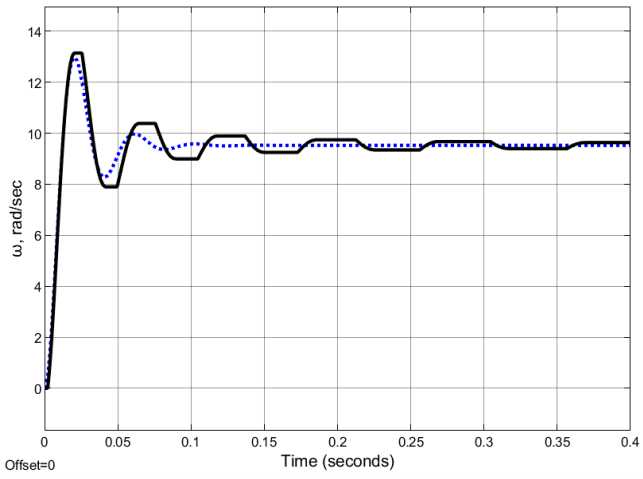



Рис. 3. Переходные характеристики мехатронной системы управления грузоподъёмного механизма

Из анализа рис. 3 следует, что наличие люфта приводит к повышению колебательности переходного процесса, незначительному увеличению перерегулирования и существенному повышению времени переходного процесса. Величина люфта механической передачи зависит от качества выполнения зубчатых зацеплений. При имеющемся люфте следует осуществлять плавный пуск мехатронной системы, а снижение колебательности и повышение точности можно обеспечить синтезом соответствующего корректирующего устройства [3, 4].

## Источники


1. Фалдин Н.В. Релейные системы автоматического управления // Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления / Под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. М.: МГТУ им. Баумана, 2004. С. 573–636.

2. Фуртат И.Б. Динамическая компенсация возмущений в условии насыщения сигнала управления // Управление большими системами. 2017. Вып. 65. С. 24–40.

3. Levy B.C., Nikoukhah R. Robust state-space filtering under incremental model perturbations subject to a relative entropy tolerance // IEEE Transactions on Automatic Control. 2013. Vol. 58. Pp. 682–695.

4. Малёв Н.А., Погодицкий О.В. Исследование и синтез модального регулятора двухмассовой электромеханической системы механизма подъёма крана // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. Т. 20, № 7-8. С. 99–106.

УДК 62-52

# АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТРЕНИЯ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗА

Али Мустафа Абдулкави Мохсен[1], Малёв Николай Анатольевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
maleeev@mail.ru

В работе проведен анализ влияния сил трения, возникающих при трогании мехатронного модуля перемещения груза на рельсовом ходу. Показаны особенности формирования сил трения, упрощенная динамическая модель мехатронного модуля, а также фазовые траектории и графики переходных процессов при трогании. Проведен анализ полученных характеристик и сформулированы рекомендации по снижению негативных факторов.

**Ключевые слова:** мехатронная система, трение, фазовая траектория, нелинейность.

# ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF FRICTION ON DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE MECHATRONIC CARGO MOVEMENT MODULE

Ali Mustafa Abdulqawi Mohsen[1], Malev Nikolay Anatolievich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[2]maleeev@mail.ru

The work analyzes the influence of friction forces that arise when starting the mechatronic module for moving cargo on a rail track. The features of the formation of friction forces, a simplified dynamic model of the mechatronic module, as well as phase trajectories and graphs of transient processes during starting are shown. An analysis of the obtained characteristics was carried out and recommendations were formulated to reduce negative factors.

**Keywords**: mechatronic system, friction, phase trajectory, nonlinearity.

Понятие «трение», возникающее в механизмах и аппаратах с трущимися поверхностями, включает по крайней мере три типа сил сопротивления [1]. Преобладающим является вязкое трение, пропорциональное скорости относительного движения поверхностей, которое может быть выражено соотношением

$$F_{\text{вяз.тр}} = f\frac{dx}{dt},$$

где $x$ – относительное перемещение, $f$ – константа. Соответствующая статическая характеристика показана на рис. 1, *а*.

Два вида трения, кроме вязкого трения, характеризуются нелинейным эффектом [2]. Это кулоновское трение в виде сил постоянного сопротивления движению, не зависящих от скорости (рис. 1, *б*). Вторая разновидность нелинейных сил трения – это трение покоя, сила, которую необходимо преодолеть в момент трогания для того, чтобы начать движение. Величина этой силы несколько больше значения силы, которая требуется для поддержания установившегося движения, т. е. сила трения покоя больше силы кулоновского трения (рис. 1, *б*). Эффект от влияния трения покоя исчезает не мгновенно, что отражено на рис. 1, *в*.

Влияние всех трех составляющих сил трения отражает статическая характеристика, показанная на рис. 1, *г*.

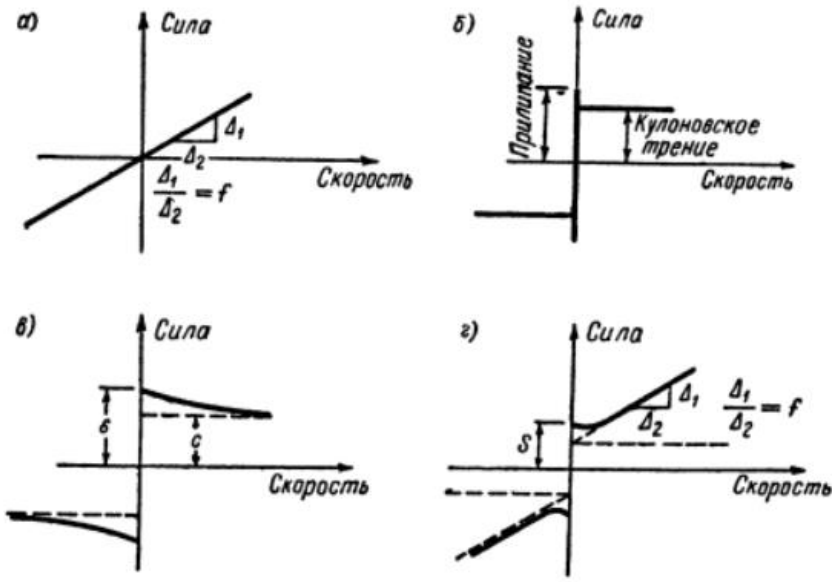



Рис. 1. Статические характеристики трения: *а* – вязкое трение; *б* – кулоновское трение и трение покоя; *в* – трение покоя, зависящее от скорости; *г* – результирующая характеристика трения

Указанные составляющие сил трения моделируются блоком *Coulomb and Viscous Friction*, расположенном в папке *Discontinuities* приложения *Simulink* программной среды *MatLab*. Блок *Coulomb and Viscous Friction* моделирует кулоновское (статическое) и вязкое (динамическое) трение, учитывает разрыв в нуле и линейное усиление в противном случае.

Simulink-модель мехатронного модуля перемещения груза с блоком *Coulomb and Viscous Friction* на выходе модели показана на рис. 2.

Фазовый портрет с координатами $E$ по абсциссе и $\dot{E} = I$ по ординате показан на рис. 3 при трогании мехатронного модуля из неподвижного состояния с учетом трения покоя, кулоновского и вязкого трения (сплошная линия) и без учета влияния сил трения (пунктирная линия).

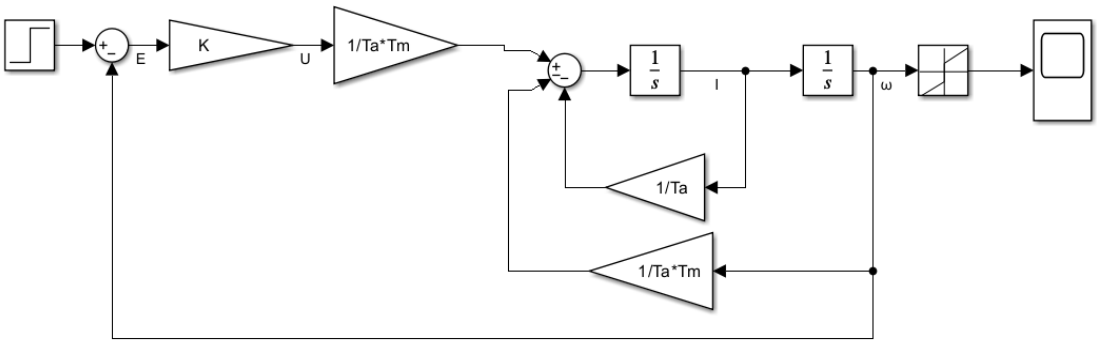



Рис. 2. Simulink-модель мехатронного модуля перемещения груза

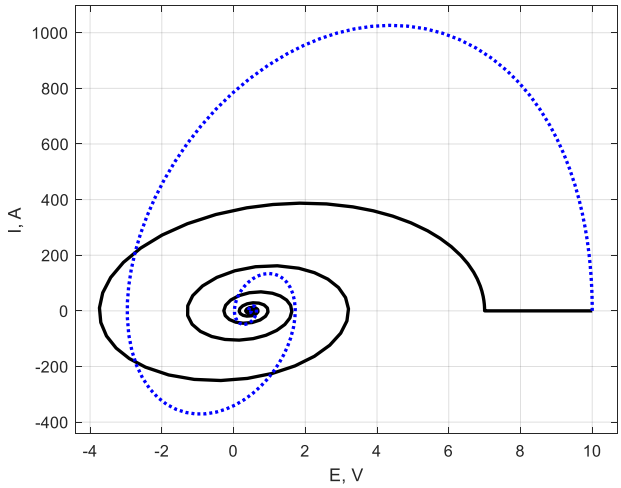



Рис. 3. Фазовые траектории мехатронного модуля перемещения груза

Фазовые траектории в обоих случаях образуют устойчивый фокус и сходятся в одной точке.

Графики переходных процессов регулируемой выходной величины мехатронного модуля перемещения груза с учетом трения покоя, кулоновского и вязкого трения (сплошная линия) и без учета влияния сил трения (пунктирная линия) показаны на рис. 4.

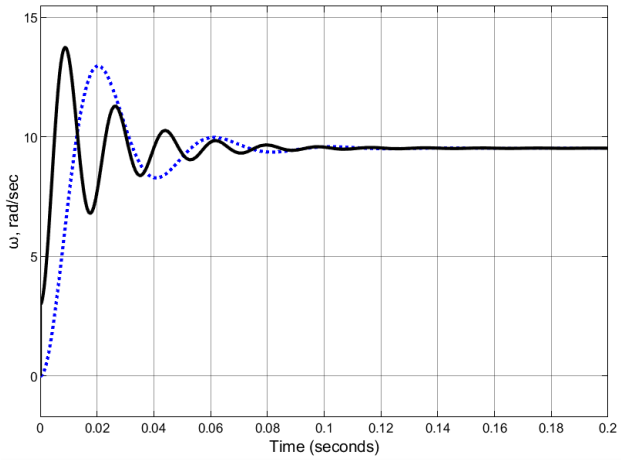



Рис. 4. Переходные характеристики мехатронного модуля перемещения груза

Из анализа рис. 4 следует, что вследствие влияния сил трения переходный процесс в модели начинается не из начала координат (трение покоя), характеризуется увеличением колебательности и перерегулирования с 36 % до 44 % и в обоих случаях имеет место статическая ошибка регулирования скорости перемещения около 0,5 рад/с. Для снижения нелинейного эффекта от трения покоя следует осуществлять плавный пуск мехатронного модуля (задатчик интенсивности в модели), а снижение колебательности и повышение точности можно обеспечить синтезом соответствующего корректирующего устройства [3, 4].

## Источники


1. Furtat I., Fradkov A., Tsykunov A. Robust synchronization of linear dynamical systems with compensation of disturbances // International Journal of Robust and Nonlinear Control. 2014. Vol. 24, Iss. 17. Pp. 2774–2784.

2. Фуртат И.Б. Динамическая компенсация возмущений в условии насыщения сигнала управления // Управление большими системами. 2017. Вып. 65. С. 24–40.

3. Levy B.C., Nikoukhah R. Robust state-space filtering under incremental model perturbations subject to a relative entropy tolerance // IEEE Transactions on Automatic Control. 2013. Vol. 58. Pp. 682–695.

4. Малёв Н.А., Погодицкий О.В. Статистический анализ динамических характеристик асинхронного электромеханического преобразователя с изменяющимися параметрами // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21, № 1-2. С. 120–130.

УДК 621

# УПОРЯДОЧЕНИЕ СПИНОВ МАГНИТНЫХ АТОМОВ В ТВЁРДОМ РАСТВОРЕ $Bi_{0.9}Sb_{0.1}$, ЛЕГИРОВАННЫХ Mn

Алигулиева Хаяла Вагиф[1], Зверев Владимир Николаевич[2],
Абдуллаев Надир Аллахверди[3¶]
[1,3]Институт физики Министерства науки и образования Азербайджана, Баку
[1]Сумгаитский государственный университет, Сумгаит
[2]Институт физики твёрдого тела РАН, г. Черноголовка
[3]Бакинский государственный университет, Баку
[1,2,3]xayala-firuza@mail.ru

Показано, что в полупроводниковых монокристаллах твёрдых растворов $Bi_{0.9}Sb_{0.1}$, легированных 1 ат.% Mn, в температурной зависимости удельного сопротивления при понижении температуры наблюдается активационный характер зонной проводимости с энергией активации 10 meV, сменяющийся при температурах ниже 20 К на «металлический», обусловленный проводимостью по примесной зоне. Выявлено, что в монокристаллах твёрдых растворов $Bi_{0.9}Sb_{0.1}$, легированных 3 ат.% Mn, активационная проводимость исчезает и наблюдается «металлический» характер проводимости во всей сследованной области температур 5–300 К с особен-ностью при низких температурах около 25 К, реагирующей на приложенные внешние магнитные поля. Предполагается, что при больших концентрациях легирования атомами Mn возникает широкая примесная зона, перекрывающая всю запрещённую зону, а наблюдающиеся особенности связаны со спиновыми флуктуациями, происходящими при упорядочении спинов магнитных атомов Mn.

**Ключевые слова**: твёрдые растворы, примесная зона, проводимость, магнитосопротивление, энергия активации.

# ORDERING THE SPINS OF MAGNETIC ATOMS IN SOLID SOLUTION OF $Bi_{0.9}Sb_{0.1}$ DOPED WITH Mn

Aligulieva Khayala Vagif[1], Zverev Vladimir Nikolaevich[2], Abdullaev Nadir Allahverdi[3]
[1,3]Institute of Physics of the Ministry of Science and Education of Azerbaijan, Baku
[1]Sumgait State University, Sumgait
[2]Institute of Solid State Physics of the Russian Academy of Sciences, Chernogolovka
[3]Bakin State University, Baku
[1,2,3]xayala-firuza@mail.ru

It was shown that in semiconductor single crystals of solid solutions of Bi0.9Sb0.1 doped with 1 at.% Mn, in the temperature dependence of the resistivity with a decrease in temperature, an activation character of zone conductivity with an activation energy of 10 meV is observed, which changes at temperatures below 20 K to “metal,” due to conductivity along the impurity zone. It was revealed that in single crystals of solid solutions of Bi0.9Sb0.1 doped with 3 at.% Mn, the activation conductivity disappears and a "metallic" character of conductivity is observed in the entire studied temperature region of 5-300 K with a peculiarity at low temperatures of about 25 K, reacting to applied external magnetic fields. It is assumed that at large concentrations of doping with Mn atoms, a wide impurity zone occurs, overlapping the entire forbidden zone, and the observed features are associated with spin fluctuations that occur during the ordering of the spins of magnetic atoms Mn.

**Keywords:** solid solutions, impurity zone, conductivity, magneto-resistance, activation energy.

Характеризация образцов была проведены методом рентгеновской дифракции и рамановского рассеяния. Рентгеновские дифракционные данные получены на дифрактометре “D2 Phaser”, а фазовые анализы проведены методом Ритвельда с использованием стандартных программ EVA и TOPAS-4.2 (Bruker, Germany). Комбинационное рассеяние света в легированных Mn $Bi_{0.9}Sb_{0.1}$ исследовалось на конфокальном рамановском микроспектрометре “Nanofinder 30” (Tokyo Instr., Japan).

Электрические и гальваномагнитные (эффект Холла и магнитосопротивление) эффекты в легированных Mn монокристаллах $Bi_{0.9}Sb_{0.1}$ были изучены стандартным четырёхзондовым методом по селективной методике на переменном токе частотой 20,5 Гц с использованием Lock-in Amplifier-SR830. Величина тока не превышала 1 мА. Исследования проводились в широкой области температур 5–300 К. Сильные магнитные поля до 80 кЭ были получены с помощью сверхпроводящего соленоида. Образец при гальваномагнитных измерениях помещался в центр сверхпроводящего соленоида.

На рис. 1 приведены температурные зависимости удельного сопротивления ρ(T) $Bi_{0.9}Sb_{0.1}$, легированного 1 ат.% Mn.

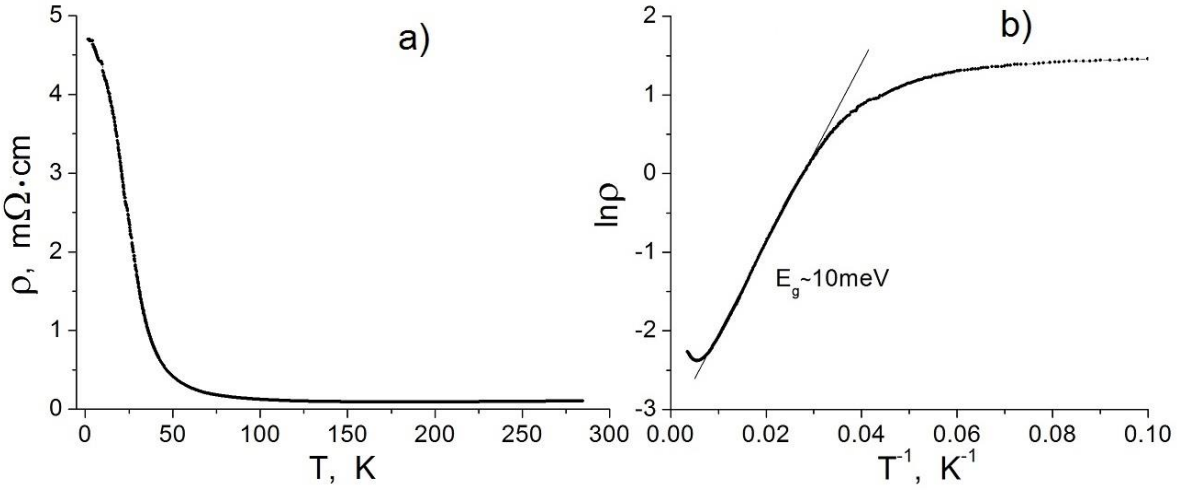



Рис. 1. Температурные зависимости удельного сопротивления ρ $Bi_{0.9}Sb_{0.1}$, легированного 1 ат.% Mn: *a* – в координатах ρ(T); *b* – в координатах Аррениуса

Как видно из рис. 1, *a*, наблюдается обычный «полупроводниковый» ход зависимости удельного сопротивления ρ от температуры: с понижением температуры при высоких температурах ($T < 300$ К) сопротивление понижается вследствие возрастания подвижности носителей зарядов, а при более низких температурах ($T < 180$ К) с дальнейшим понижением температуры наблюдается экспоненциальный рост сопротивления, обусловленный уменьшением концентрации носителей заряда. Энергия активации,

определённая из наклона $\ln\rho(T^{-1})$ в координатах Аррениуса (рис. 1, *b*), оказалась равной $\Delta E = 10$ meV, что хорошо согласуется с литературными данными для $Bi_{0.9}Sb_{0.1}$.

Согласно холловским измерениям концентрация носителей заряда при комнатной температуре T=300K для всех образцов (легированных 1 и 3 ат.% Mn) варьировалась в диапазоне $7.4\cdot10^{17} – 2\cdot10^{18}$ см$^{-3}$. С понижением температуры до 5 К, в образцах с легированием 1 ат.% Mn наблюдалась активационная проводимость и концентрация носителей заряда значительно уменьшалась до $(2.6–3.3)\cdot10^{16}$ см$^{-3}$. Для образца, приведенного на рис. 1, концентрация носителей заряда была около $1.5\cdot10^{18}$ см$^{-3}$, соответственно подвижность – $3.8\cdot10^{4}$ см$^2$/В·с, а при температуре $T = 5$ К концентрация значительно снижалась – $2.6\cdot10^{16}$ см$^{-3}$, подвижность – $5.1\cdot10^{4}$ см$^2$/В·с.

Особый интерес представляют результаты исследований температурных зависимостей удельного сопротивления твёрдого раствора $Bi_{0.9}Sb_{0.1}$, легированного 3 ат.% Mn (рис. 2).

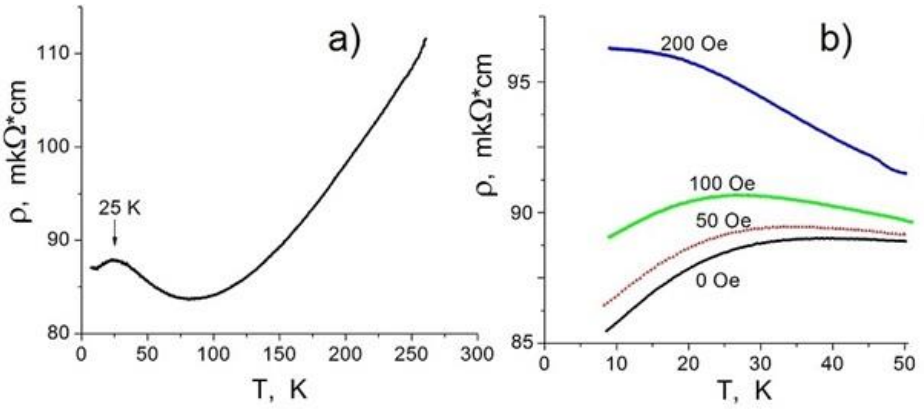



Рис. 2. Температурные зависимости удельного сопротивления $Bi_{0.9}Sb_{0.1}$, легированного 3 ат.% Mn: *a* – без магнитного поля; *b* – в приложенных внешних магнитных полях $H = 0$; 50 Эрст.; 100 Эрст.; 200 Эрст.

Прежде всего отметим, что во всей исследованной области температур 5–300 К наблюдается «металлический» характер проводимости – с понижением температуры сопротивление уменьшается. Возможно, что при больших концентрациях легирования атомами Mn возникает значительное количество дефектов (антисайтных и межузловых), создающих в запрещённой зоне множество энергетических уровней, образующих широкую примесную зону, перекрывающую всю запрещённую зону. Это явление характерно для узкозонных полупроводников, например $Bi_2Te_3$, в котором изначально вследствие наличия большого количества антисайтных дефектов ($10^{18}$–$10^{19}$ см$^{-3}$) наблюдается «металлический» характер проводимости [1, 2].

С понижением температуры от 300 К до 80 К величина удельного сопротивление уменьшается, а далее с понижением температуры возрастает и при температуре $T = 25$ К достигает максимума (рис. 2, *а*). Такая особенность в температурной зависимости удельного сопротивления $Bi_{0.9}Sb_{0.1}$, легированного 3 ат.% Mn, возможно связана со спиновыми флуктуациями, происходящими при магнитном фазовом переходе в магнитных топологических изоляторах. С целью выявления природы этой особенности в ρ(T) было изучено влияние внешних магнитных полей на температурную зависимость ρ(T). Как видно из рисунка 5b, особенность на ρ(T) реагирует на слабые внешние магнитные поля и при величине внешнего магнитного поля 200 Эрст практически исчезает. Исчезновение особенности на ρ(T) в слабых магнитных полях 200 Эрст свидетельствует о слабом магнитном упорядочении спинов магнитных атомов Mn.

Таким образом, нами были получены монокристаллы твёрдых растворов $Bi_{0.9}Sb_{0.1}$, легированных 1 и 3 ат.% магнитными атомами Mn. Данные рентгеновской дифракции и рамановского рассеяния хорошо согласуются с известными из литературы данными для нелегированных твёрдых растворов $Bi_{0.9}Sb_{0.1}$. В твёрдом растворе $Bi_{0.9}Sb_{0.1}$, легированным 1 ат.% Mn выявлен активационный характер проводимости с энергией активации 10 мэВ. Новизна полученных результатов заключается в том, что в твёрдом растворе $Bi_{0.9}Sb_{0.1}$, легированным 3 ат.% Mn в температурной зависимости удельного сопротивления ρ(T) наблюдается «металлический» тип проводимости во всём исследованном интервале температур 5–300 К с особенностью в виде горба при температуре 25 К. Реакция этой особенности на приложенные внешние магнитные поля свидетельствует о её магнитной природе. Показано, что при величине внешнего магнитного поля $H = 200$ Эрст горб на зависимости ρ(T) исчезает.

## Источники

1. Особенности механизма переноса заряда в слоистых монокристаллах $Bi_2Te_3$, легированных хлором и тербием / Н.А. Абдуллаев [и др.] // Физика и техника полупроводников. 2011. Т. 45, вып. 1. С. 38–43.

2. Влияние легирования редкоземельными элементами (Eu, Tb, Dy) на электропроводность слоистых монокристаллов $Bi_2Te_3$ / Н.А. Абдуллаев [и др.] // Физика и техника полупроводников. 2017. Т. 51, вып. 7. С. 981–985.

УДК 621

# МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТРАВОЛАТОРА SJEC FEW

Алишев Линар Газинурович[1], Мухаметгалеев Танир Хамитевич[2]
[1]ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань
[2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]ta4ki14@gmail.com,[2]banzay-13-13@yandex.ru

В статье рассмотрены вопросы модернизация электропривода траволатора с добавлением преобразователя частоты, чтобы увеличить его пропускную способность и обеспечить рациональное энергопотребление. Был рассчитан и выбран электродвигатель, преобразователь частоты, а также новая элементная база для пуска и защиты электропривода.

**Ключевые слова:** асинхронный электродвигатель, пассажирскийконвейер, преобразователь частоты,энергоэффективность.

# MODERNIZATION OF THE ELECTRIC DRIVE TRAVELATORS SJEC FEW

Alishev Linar Gazinurovich[1], MukhametgaleevTanir Khamitevich[2]
[1]KNRTU, Kazan
[2]KSPEU, Kazan
[1]ta4ki14@gmail.com, [2]banzay-13-13@yandex.ru

The article discusses the modernization of the electric drive of the travelator with the addition of a frequency converter to increase its capacity and ensure rational energy consumption. An electric motor, a frequency converter, as well as a new element base for starting and protecting the electric drive were calculated and selected.

**Keywords**: asynchronous electric motor, passenger conveyor, frequency converter, energy efficiency.

С ростом мегаполисов и развитием торговых центров, железнодорожных вокзалов и аэропортов такие движущиеся лифты, как эскалаторы и траволаторы, становятся все более востребованными. Эскалаторы оснащены электромеханизмом, который позволяет перемещать людей с помощью движущихся ступенек на определенную высоту. Однако траволаторы становятся все более популярными.

Траволатор является одним из самых популярных и эффективных способов перемещения людей и товаров на небольшие расстояния. Этот тип привода используется во многих общественных местах, таких как торговые центры, аэропорты, вокзалы и т. д. Широкое применение траволаторы нашли в аэропортах, где пассажиры могут быстро перемещаться между терминалами и зонами посадки.

Основная цель траволатора SJEC FEW – облегчить перемещение пассажиров, особенно тех, кто не может подниматься по лестницам. Он обеспечивает более простой и быстрый способ перемещения в заданном направлении. При отключённом состоянии траволатора, его можно использовать как обычную пешеходную дорожку.

Главные части траволатора показаны на рис. 1. Поручень представляет собой ленту с внутренними изогнутыми краями для надежной фиксации. Балюстрада обеспечивает разделение рабочего полотна и поручня от металлических конструкций. Полотно траволатора состоит из стальных платформ, скрепленных цепями, образуя бесконечное полотно. Щетка располагается с двух сторон фартука, предотвращая захват одежды. Входная площадка обеспечивает надежную поддержку для ног пассажиров, а гребенка предотвращает попадание мусора и защищает от травм.

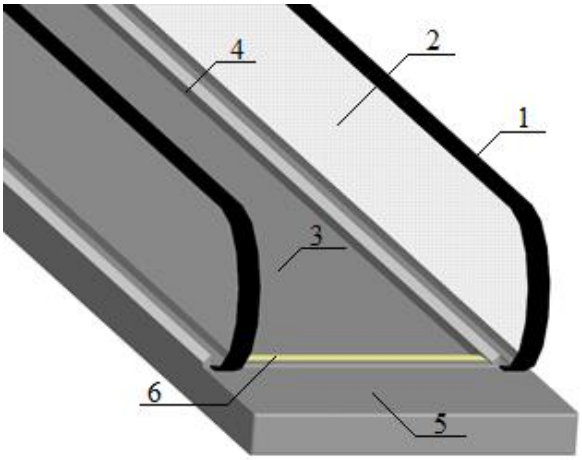



Рис. 1. Главные части траволатора: *1* – поручень; *2* – панель балюстрады; *3* – полотно траволатора; *4* – защитную панель (фартук) с щеткой; *5* – входная площадка; *6* – гребенка

Технические характеристики траволатора SJEC FEW показаны в таблице.

Следует отметить, что не указана длина траволатора и конкретные значения угла наклона, ширины платформы и место установки. Это связано с тем, что эти значения траволатора зависит от предпочтения заказчика.

Отсюда следует, что мощность траволатора будет зависит от его конструкции. В зависимости от ширины платформы, длины, угланаклона и пропускной способности траволатора, позволит определить его мощность, что поможет при дальнейших расчетах преобразователя частоты, расчёт элементы силового канала преобразователя частоты, расчет питающих кабелей, выбор пусковой защитной аппаратуры, а также произвести синтез системы замкнутого электропривода траволатора.

Технические характеристики траволатора SJEC FEW

| Спецификация | Движущаяся дорожка |
|---|---|
| Тип | FEW |
| Угол наклона | 0°–6° |
| Ширина платформы (мм) | 1000/1200/1400 |
| Расстояние между платформами (мм) | 400 |
| Длина (м) | $L = 120$ |
| Скорость (м/с) | 0,5/0,65 |
| Питание | Переменный ток, 3 фазы, 50Гц / 60Гц |
| Место установки | Снаружи / внутри |

Согласно РД 10-172-97«Рекомендации по конструкции и установке поэтажных эскалаторов и пассажирских конвейеров» Пассажирский конвейер должен работать 140 часов в неделю. Это предполагает непрерывную работу двигателя при стабильной температуре в помещении (S1).

Для данной модернизации путём внедрения преобразователя частоты (ПЧ) будут решаться следующие цели:

1) увеличение пропускной способности траволатора.

2) повышение комфорта пассажиров.

3)снижение энергопотребление за счёт регулирования скорости движения полотна.

4) точное и надежное управление скоростью траволатора, что способствует безопасной эксплуатации и снижению риска аварийных ситуаций.

Внедрение преобразователя частоты в электропривод траволатора в аэропорту приведет к повышению эффективности, снижению энергопотребления и увеличению комфорта пассажиров. Этот шаг способствует улучшению надежности и безопасности работы траволатора, а также адаптации к различным потребностям эксплуатации.

## Источники

1. Траволаторы [Электронный ресурс]. URL: https://lift-kazan.ru/shop/group_588/ (дата обращения: 20.10.2023).

2. Пассажирский конвейер (ТИП KTC и KTH). Руководство по эксплуатации и обслуживанию [Электронный ресурс]. URL: https://kleemann-eit.ru/images/katalog/final/KTC_rykovodstvo-po-obslujivaniy-travolator-RUS.pdf?ysclid=luaydjq3rn403009337 (дата обращения: 20.10.2023).

3. РД 10-172-97. Рекомендации по конструкции и установке поэтажных эскалаторов и пассажирских конвейеров. М., 2004. 43 с.

УДК 62-52

# АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ ЗАГОТОВОК С УЧЁТОМ НАСЫЩЕНИЯ УСИЛИТЕЛЯ

Аль-Хемьяри Одаи Таха Мохаммед[1], Малёв Николай Анатольевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[2]maleeev@mail.ru

В работе приведена структурная схема и математическая модель электромеханической системы подачи заготовок. Показаны фазовые траектории и графики переходных процессов при работе на линейном участке электронного усилителя и при его насыщении. Сформулировано требование к синтезу корректирующего устройства, позволяющего получить нулевую статическую ошибку.

**Ключевые слова:** электромеханическая система, нелинейность, фазовая траектория, астатизм.

# ANALYSIS OF DYNAMIC MODES ELECTROMECHANICAL SYSTEM SUPPLY OF WORKPIECES CONSIDERED OF AMPLIFIER SATURATION

Al-Hemyari Odai Taha Mohammed[1], Malev Nikolay Anatolievich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[2]maleeev@mail.ru

The work presents a block diagram and mathematical model of the electromechanical system for feeding workpieces. The phase trajectories and graphs of transient processes are shown when operating in the linear section of the electronic amplifier and when it is saturated. A requirement has been formulated for the synthesis of a correction device that makes it possible to obtain a zero static error.

**Key words**: electromechanical system, nonlinearity, phase trajectory, astatism.

Одним из наиболее распространенных видов нелинейностей в управляемых электромеханических и мехатронных системах является типовая нелинейность типа «насыщение» [1]. Характеристика насыщения показана на рис. 1 сплошной линией, а её кусочно-линейная аппроксимация – штриховой линией.

Из анализа рисунка 1 следует, что при значениях входной величины, больших $B$, выходная величина достигает значения $A$ ($A'$) и остается постоянной независимо от изменений входной величины [2].

Структурная схема модели электромеханической системы подачи заготовок показана на рис. 2.

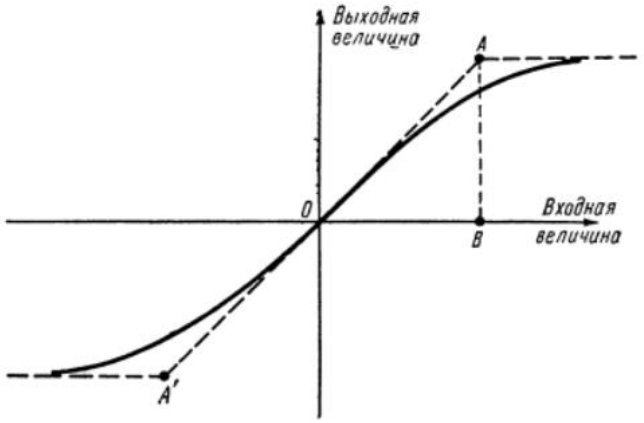



Рис. 1. Статическая характеристика нелинейности типа «насыщение»

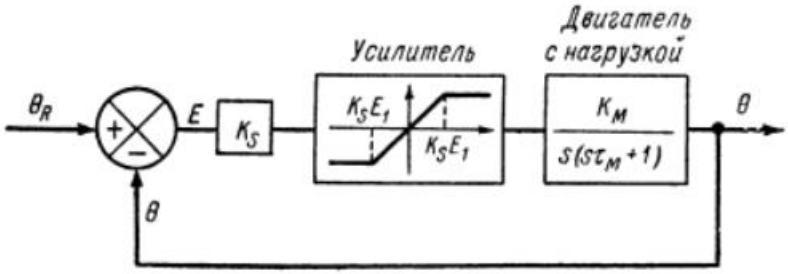



Рис. 2. Структурная схема электромеханической системы подачи заготовок

Уравнение динамики исследуемой системы (см. рис. 2) в линейной зоне

$$\ddot{E} + \frac{1}{\tau_{\text{м}}}\dot{E} + \frac{K_S K K_{\text{м}}}{i\tau_{\text{м}}} = 0 \text{ при } -E_1 < E < +E_1,$$

где $\ddot{E} = \theta$ – угол поворота вала двигателя электромеханической системы, рад; $\dot{E} = \omega$ – скорость вращения вала двигателя электромеханической системы, рад/с; $E$ – сигнал рассогласования, В; $\tau_{\text{м}}$ – электромеханическая постоянная времени двигателя, с; $K_{\text{м}}$ – коэффициент передачи двигателя, В·с/рад; $K$ – коэффициент усиления электронного усилителя; $K_S$ – коэффициент усиления предусилителя; $i$ – передаточное отношение механического преобразователя (на схеме не показано).

Фазовый портрет с координатами $\dot{E} = \omega$ и $\ddot{E} = \theta$ показан на рис. 3 для случая работы электромеханической системы на линейном участке статической характеристики усилителя (пунктирная линия) и в области насыщения (сплошная линия).

При работе в зоне насыщения уравнения динамики запишутся как

$$\ddot{E}+\frac{1}{\tau_{\text{м}}}\dot{E}=+C \text{ при } E\le -E_1;\ \ddot{E}+\frac{1}{\tau_{\text{м}}}\dot{E}=-C \text{ при } E\ge +E_1,\ C=\frac{K_S K K_{\text{м}}}{i\tau_{\text{м}}}E_1.$$

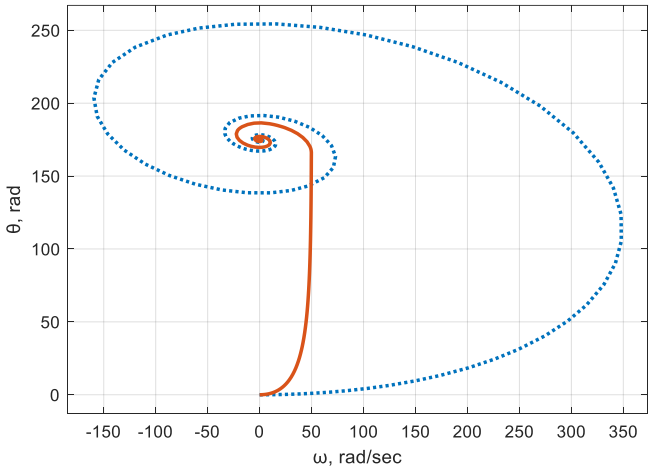



Рисунок 3 - Фазовые траектории электромеханической системы подачи заготовок

Величина $E_1$ есть значение сигнала рассогласования, вызывающее насыщение усилителя.

Графики переходных процессов регулируемой выходной величины электромеханической системы при работе на линейном участке статической характеристики усилителя (пунктирная линия) и в области насыщения (сплошная линия) показаны на рис. 4.

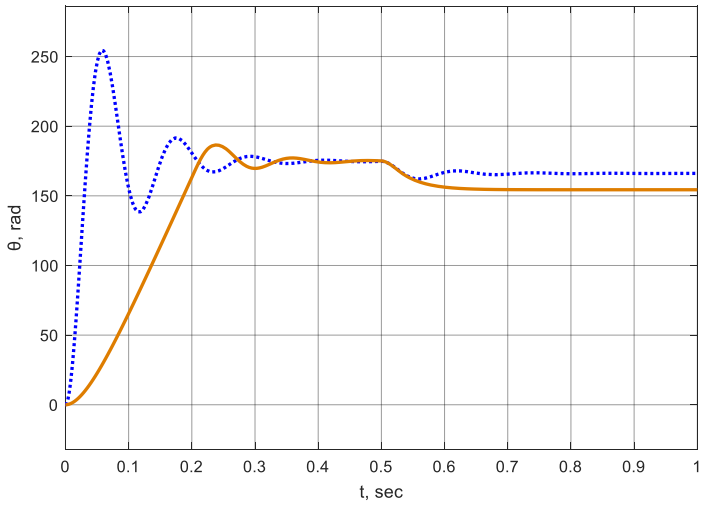



Рис. 4. Переходные характеристики электромеханической системы подачи заготовок

Из анализа рисунка 4 следует, что при работе в области насыщения снижается быстродействие и колебательность системы и возрастает статическая ошибка при набросе нагрузки. В данном случае целесообразным

решением является синтез регулятора, обеспечивающего системе астатизм, что приведет к повышению быстродействия и нулевому значению статической ошибки [3].

## Источники

1. Фалдин Н.В. Релейные системы автоматического управления // Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления / Под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. М.: МГТУ им. Баумана, 2004. С. 573–636.

2. The automatization method of processing of flexible parts without their rigid fixation / V. Filaretov [et al.] // Procedia Engineering. 2015. Vol. 100. Pp. 4–13. DOI: 10.1016/j. proeng.2015.01.336 (дата обращения: 20.10.2023).

3. Малёв Н.А., Погодицкий О.В. Исследование и синтез модального регулятора двухмассовой электромеханической системы механизма подъёма крана // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. Т. 20, № 7-8. С. 99–106.

УДК 621.3

# ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КРУГЛОСУТОЧНОГО МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ

[1]Батухтин Сергей Геннадьевич, [2]Лобанов Никита Русланович,
[3]Кузютин Константин Андреевич, [4]Рудой Валерий Игоревич,
[5]Днепровский Дмитрий Васильевич
[1,2,3,4,5]ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет», г. Чита
[1]batuhtin1@mail.ru, [2]lobanov_nr@mail.ru, [3]kuzutinkostia@mail.ru,
[4]valera_rud_99@mail.ru, [5]d_dneprovskiy04@mail.ru

Поведение перовскитных солнечных панелей в реальных условиях малоизучено. Круглосуточный мониторин позволит получать исследуемые параметры панели в климатических условиях Забайкальского края без участия оператора в удобном виде.

**Ключевые слова:** солнечная энергетика, перовскитная солнечная панель, кремниевая солнечная панель, система автоматического мониторинга, аналого-цифровой преобразователь, интенсивность солнечного излучения, ZETLAB.

# ORGANIZATION OF A SYSTEM FOR ROUND-THE-CLOCK MONITORING OF SOLAR PANEL PARAMETERS

[1]Lobanov Nikita Ruslanovich, [2]Batukhtin Sergey Gennadyevich,
[3]Kuzyutin Konstantin Andreyevich, [4]Rudoy Valery Igorevich,
[5]Dneprovsky Dmitry Vasilyevich
[1,2,3,4,5]Transbaikal State University, Chita
[1]batuhtin1@mail.ru, [2]lobanov_nr@mail.ru, [3]kuzutinkostia@mail.ru,
[4]valera_rud_99@mail.ru , [5]d_dneprovskiy04@mail.ru

Behavior of perovskite solar panels in real conditions is poorly studied. Round-the-clock monitoring will make it possible to obtain the investigated parameters of the panel in the climatic conditions of the Zabaikalsky Krai without the operator's participation in a convenient form.

**Keywords:** solar energy, perovskite solar panel, silicon solar panel, automatic monitoring system, analog-to-digital converter, solar radiation intensity, ZETLAB.

В России с каждым годом повышается выработка электроэнергии альтернативными источниками электроэнергии [1, 2]. Часть генерации такой энергии приходится на сектор солнечной энергетики.

Совершенствование технологий, изучение свойств материалов и поиск возможности удешевления производства солнечных панелей способствовало развитию солнечной энергетики и появлению перовскитной солнечной панели. В 2023 году КПД перовскитной и кремниевой панели сопоставимы, что делает технологию перовскитов перспективной для использования в будущем [3].

Относительная новизна технологии перовскитных солнечных панелей делает их привлекательными для исследования.

Для отслеживания, изучения и сравнения параметров перовскитной в сравнении «классической» солнечной панели в условиях Забайкальского края, была поставлена задача организовать круглосуточный мониторинг за их изменениями.

Для этих целей был подготовлен испытательный полигон, схема которого представлена на рис. 1.

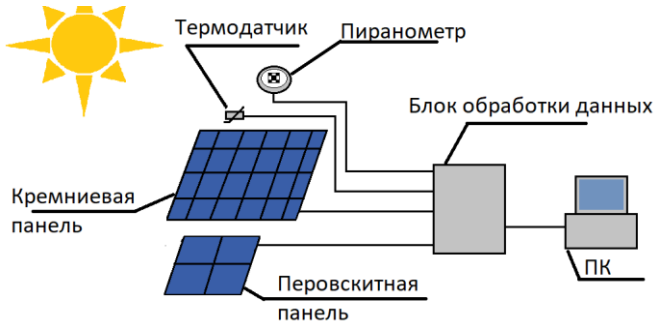



Рис. 1. Схема полигона для исследования параметров солнечных панелей

Полигон состоит из следующих основных элементов: кремниевая панель, перовскитная панель, пиранометр, термодатчик, блок обработки и оцифровки данных, компьютер.

Термодатчик и пиранометр необходимы для контроля внешней среды и для получения зависимостей КПД от температуры и инсоляции.

Для обработки приходящих сигналов с солнечных панелей и датчиков применяется АЦП/ЦАП ZET 210. Круглосуточная система мониторинга выполнена в программе СКАДА от компании ZETLAB.

Система мониторинга выполнена по структуре, представленной на рис. 2.

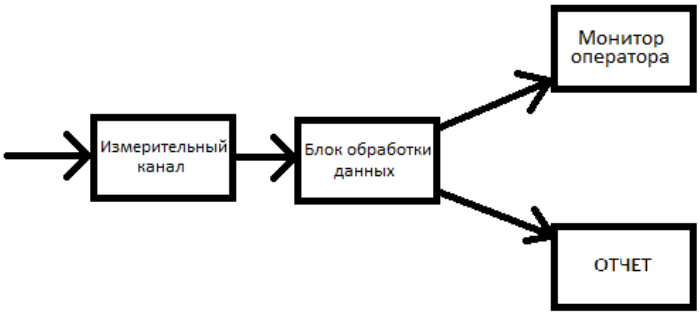



Рис. 2. Структура системы круглосуточного мониторинга

Принцип работы полигона заключается в следующем: на измерительный канал аналого-цифрового преобразователя поступает напряжение с датчика или с солнечной панели. Далее полученные значения программно обрабатываются, и подготавливаются в формат удобный для последующей обработки. После подготовки данных измеренные величины поступают на экран оператора, где отображаются в режиме реального времени. Отображаемые результаты формируются в суточный отчет автоматически. Полученные значения позволяют проводить сравнительный анализ солнечных панелей разного типа, и отслеживать поведение их параметров в течение всего дня.

В результате работы организованного мониторинга на построенном испытательном полигоне, получены характеристики солнечных панелей и параметры окружающей среды в удобном цифровом формате для дальнейшей обработки.

Планируется дополнительная модернизация испытательного полигона для повышения точности снимаемых данных и получения всего спектра величин.

Работа выполнена в рамках программы развития «Приоритет 2023», № финансируемой НИР 123102400028-9.

## Источники

1. Шумаев В.А. Развитие солнечной энергетики // В центре экономики. 2022. Т. 3, № 2. С. 46–54.

2. Бабаев Ф.Б. Характеристики использования солнечной энергии // Вестник науки. 2023. Т. 2, № 2 (59). С. 274–283.

3. Гордеев Г.О., Васильев В.В., Козырев Е.Н. Перовскиты, перспективы развития // Научные междисциплинарные исследования: матер. VIII Междунар. науч.-практ. конф. Саратов, 2020. № 8-1. С. 48–51.

4. Головко С.В., Задоркин Д.А. Анализ влияния климатических факторов на выбор типа солнечной панели // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2020. № 2 (70). С. 21–26.

5. Кулдашов О.Х., Нигматов У.Ж. Автоматизированная система мониторинга температуры рабочей поверхности солнечных панелей // Автоматика и программная инженерия. 2021. № 3 (37). С. 108–111.

6. Иванов Р.А., Максаков Н.В. Организация мониторинга параметров экспериментального стенда солнечных панелей // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2021. № 4 (24). С. 77–87.

УДК 621.314

# ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГОРАЙОНА С ГТУ И НЕЛИНЕЙНОЙ НАГРУЗКОЙ В MATLAB SIMULINK

Белкова Диана Николаевна
ФГБОУ ВО «НГТУ», г. Новосибирск
belkova34diana@gmail.com

Данное исследование посвящено моделированию субсинхронного резонанса в автономной электроэнергетической системе, оснащенной газотурбинной установкой (ГТУ) и нелинейной полупроводниковой нагрузкой. Используя среду MATLAB, проведено численное моделирование динамического поведения системы. Анализ субсинхронного резонанса позволяет выявить возможные неустойчивости и исследовать влияние параметров системы для обеспечения ее надёжной работы. Задачи включают в себя моделирование работы ГТУ мощностью 25 МВт с линейными нагрузками общей мощностью 6 МВт и нелинейной нагрузкой мощностью 4 МВт.

**Ключевые слова**: субсинхронный резонанс, автономная электроэнергетическая система, газотурбинная установка, имитационная модель автономного энергорайона, тиристорный выпрямитель.

# SIMULATION MODELING OF AN AUTONOMOUS ENERGY DISTRICT WITH GTU AND NONLINEAR LOAD IN MATLAB SIMULINK

Belkova Diana Nikolavena
Novosibirsk State Technical University (NSTU), Novosibirsk
belkova34diana@gmail.com

This study is dedicated to modeling subsynchronous resonance in an autonomous power system equipped with a gas turbine unit (GTU) and a nonlinear semiconductor load. Using the MATLAB environment, numerical simulation of the dynamic behavior of the system was conducted. Subsynchronous resonance analysis allows for the identification of potential instabilities and the investigation of the system's parameter impact to ensure its reliable operation. Tasks include modeling the operation of a 25 MW GTU with linear loads totaling 6 MW and a nonlinear load with a power of 4 MW.

**Key words**: subsynchronous resonance, autonomous power system, gas turbine unit, simulation model of an autonomous power district, thyristor rectifier.

В России и по всему миру энергоснабжение потребителей может осуществляться как через централизованные сети с бесконечной мощностью, так и децентрализовано с использованием автономных энергосистем. В части проблемных технических вопросов, связанных с эксплуатацией автономных электростанций, присутствует такое явление, как отключение

ГТУ защитой от повышенной виброактивности из-за возникновения субсинхронных крутильных колебаний роторов генераторов ГТУ, вызванных влиянием мощных частотно-регулируемых приводов (ЧРП) [1]. Основные факторы, приводящие к аварии и останову электростанции, проанализированы в [2].

Основная цель данного исследования заключается в разработке имитационной модели автономного энергетического района с газотурбинной установкой и тиристорным выпрямителем, который способен создавать субгармонические колебания тока, способные вызвать субсинхронный резонанс.

**Математическая имитационная модель.** Для изучения как постоянных, так и изменяющихся режимов функционирования была создана модель энергетической системы, использующая имитационный подход в среде MATLAB Simulink (рис. 1).

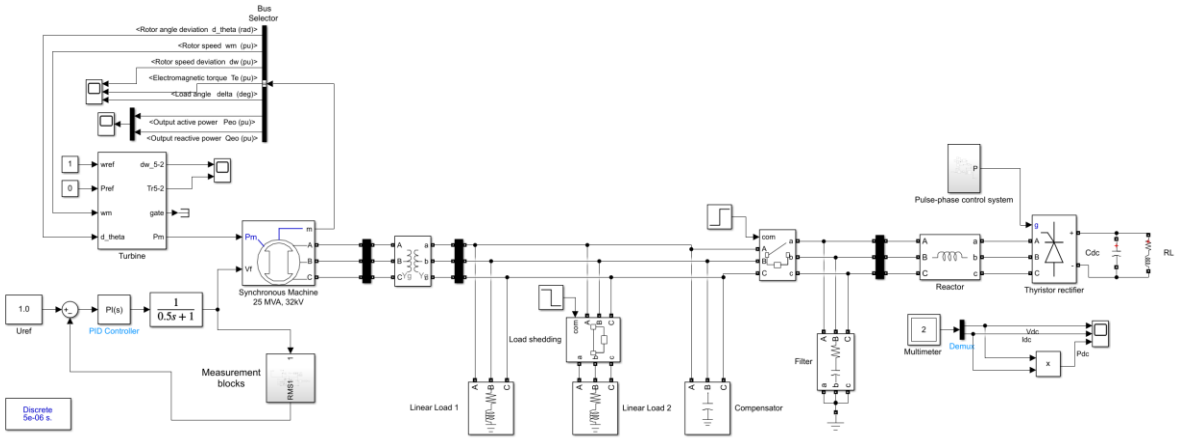



Рис. 1. Имитационная модель автономного энергорайона в MATLAB

Модель включает в себя синхронный генератор, построенный на основе уравнений Парка – Горева, и блок турбины, представленный в виде многомассового вала, линейные RL нагрузки и компенсатор реактивной мощности. Упрощенная нелинейная нагрузка представлена в виде вентильного электропривода, работающего как тиристорный выпрямитель с LC-фильтром на входе и с упрощенной системой импульсно-фазового управления, в которой реализована имитация колебаний угла регулирования при сбросе нагрузки.

**Результаты моделирования.** Запуск турбины осуществляется на линейную нагрузку, в момент времени 30 с подключается нелинейная нагрузка. В момент времени 75 с происходит существенный сброс линейной нагрузки в 3 МВт. В результате совокупности факторов в сети возникают субгармонические колебания тока (примерно 3 % провал) (рис. 2).

Если частота субгармоник тока совпадает с одной из собственных частот ГТУ, то возникает крутильные колебания усиливаются (рис. 3).

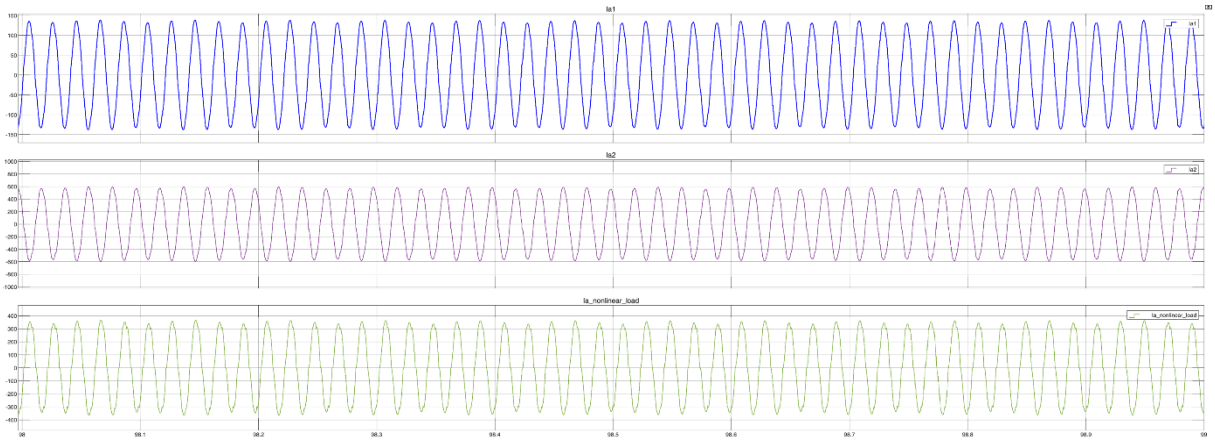



Рис. 2. Графики токов в первичной и вторичной обмотках трансформатора и потребляемый нелинейной нагрузкой

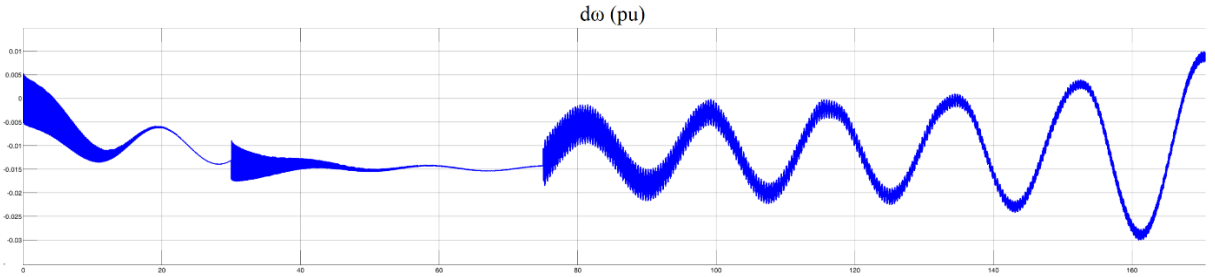



Рис. 3. График девиации скорости ротора

## Источник

1. Илюшин П. В. Проблемные технические вопросы работы объектов распределенной генерации в составе энергосистемы и подходы к их решению // Энергоэксперт. 2015. № 1. С. 58–62.

2. Крутильные колебания на ГТУ и возможность распада изолированной энергосистемы / Е.С. Трунин [и др.] // Электрические станции. 2017. № 1 (1026). С. 20–24.

УДК 68-887

# ИССЛЕДОВАНИЕ И ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ СРЕДСТВ МАЛОЙ МЕХАНИЗАЦИИ В ЖКХ

Васильев Игорь Александрович[1], Петрова Марина Валерьевна[2]
[1,2]УлГТУ, г. Ульяновск
boatswain303@yandex.ru

Исследование и параметрический анализ индивидуальных и групповых электроприводов средств малой механизации на базе высокоскоростных асинхронных двигателей по системе ПЧ-АД.

**Ключевые слова:** асинхронный двигатель, преобразователь частоты, коллекторный двигатель, КПД, редуктор, ручной инструмент, средства малой механизации, производительность.

# RESEARCH AND PARAMETRIC ANALYSIS OF ELECTRIC DRIVES OF SMALL MECHANIZATION IN THE HUSING AND UTILITY INDUSTRY

Vasiliev Igor Alexandrovich[1], Petrova Marina Valerievna[2]
[1,2]ULSTU, Ulyanovsk
boatswain303@yandex.ru

Research and parametric analysis of individual and group electric drives of small-scale mechanization equipment based on high-speed asynchronous motors using the FC-IM system.

**Key words:** asynchronous motor, frequency converter, commutator motor, efficiency, gearbox, hand tools, small-scale mechanization, productivity.

Средства малой механизации (СММ) представляют собой вспомогательное оборудование предназначенное для сокращения затрат ручного труда и механизации трудоемких операций и отдельных процессов [1].

СММ широко используются в промышленности, сельском хозяйстве, жилищно-коммунального хозяйстве (ЖКХ) и быте. В последние годы уровень комфорта в ЖКХ значительно повысился благодаря использованию СММ. Они представляют собой компактные и удобные в использовании инструменты и машины, которые позволяют оптимизировать и ускорить процессы обслуживания и ремонта жилищных и коммунальных объектов.

Ручные машины должны удовлетворять ряду требований, чтобы быть потребительски привлекательными. Одно из главных требований – повышение их производительности. Кроме того, немаловажную роль играют удобство в работе, минимальные габариты, масса и безопасность [2].

Одним из способов повышения производительности ручных машин является уменьшение их массы при допустимом уровне шума и вибрации. Это позволит значительно сократить время выполнения задач и снизить нагрузку на оператора. Исследования показывают, что система «двигатель-редуктор» составляет основную долю массы СММ, а именно около 80 % от общей массы. Один из способов ее сокращения – это использование высокоскоростных электрических машин в приводе, а также правильный выбор передаточного числа редуктора, который позволит достичь оптимальной работы машины [3].

Достижение высокой скорости вращения, более 3000 об/мин, способны обеспечить асинхронные двигатели (АД) с повышенной частотой питающего напряжения (100-400 Гц). Большинство производителей ручного механизированного инструмента предпочитают использовать однофазные коллекторные двигатели переменного тока (КД). Эти двигатели способны получать повышенную скорость вращения от 3000 до 12000 об/мин без необходимости дополнительных преобразований энергии. Более того, они обладают возможностью регулирования скорости путем изменения напряжения в обмотке ротора с помощью последовательного включения симистора [2].

Однако КД имеют недостатки связанные с наличием щеточно-коллекторного узла, имеют низкие энергетические характеристики: КПД, cosφ, из-за потерь в стали при преобразовании одного вида энергии в другой и связанного в связи с этим выделением теплоты, высокого уровня шумов и радиопомех. [4, 5]. В этом случае становится целесообразным использование АД с повышенной частотой питающей сети. По сравнению с КД они в два раза легче, в четыре раза дешевле, надежнее, тише и имеют гораздо больший показатель КПД, при подключении АД к преобразователю частоты с неуправляемым выпрямителем $\cos \varphi \approx 1$ [3].

Применение АД сталкивается с проблемой применения вспомогательного оборудования – преобразователь частоты (ПЧ), стоимость которого может более чем в три раза превышать стоимость двигателя. Этот недостаток нивелируется при групповом приводе СММ. Здесь преобразователь частоты становится общим источником питания и может использоваться для питания инструментов. Разница в стоимости между ПЧ-АД и КД исчезает благодаря высокому КПД, cosφ, низким эксплуатационными расходами и высокой надежности. В таком случае внедрение электроприводов с быстродействующим АД и полупроводниковым ПЧ экономически оправдано [2].

## Источники

1. Бойко В.Т. Автоматизированный инструмент, отделочные машины и вибраторы. М.: Машиностроение, 1993. 19 с.

2. Копылов И.П. Электрические машины. М.: Энергоатомиздат, 1986. 306 с.

3. Осин И.Л., Юферов Ф.М. Электрические машины автоматических устройств. М.: Издательство МЭИ, 2003. 424 с.

4. Присмотров Н.И. Электромеханические исполнительные устройства средств малой механизации // Мехатроника, автоматизация, управление. 2006. № 6. С. 23–29.

5. Пономарёв Ю.Г. Разработка и исследование энергоэффективных электроприводов средств малой механизации: дис. … канд. тех. наук. Киров, 2018. 187 с.

УДК 621.311.24(06)

# ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА ОСВОБОЖДЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Гаджибалаев Надир Мирзабала
Сумгаитский Государственный Университет, Баку
n.hacibalayev@mail.ru

В статье рассматривается прогнозирование использования альтернативной энергетики и тепловой энергии на освобожденных территориях от Армянской оккупации. С освобождением наших оккупированных территорий от оккупации возможности использования зеленого энергетического потенциала Азербайджана возросли. Эти территории чрезвычайно богаты возобновляемыми источниками энергии (солнечной, гидроэнергетикой, биоэнергетикой, ветровой и геотермальной энергией).

**Ключевые слова:** Альтернативная энергетика, возобновляемые источники энергии, зеленая энергетика, геотермальная энергия, солнечная энергия, ветровая энергия.

# FORECASTING THE USE OF ALTERNATIVE ENERGY AND THERMAL ENERGY IN LIBERATED TERRITORIES

Hajibalayev Nadir Mirzabala
Sumgait State University, Baku
n.hacibalayev@mail.ru

The article discusses the forecasting of the use of alternative energy and thermal energy in the liberated territories from the Armenian occupation. With the liberation of our occupied territories from occupation, the possibilities for using the green energy potential of Azerbaijan have increased. These areas are extremely rich in renewable energy sources (solar, hydropower, bioenergy, wind and geothermal energy).

**Key words:** Alternative energy, renewable energy sources, green energy, geothermal energy, solar energy, wind energy.

Одним из самых трагических конфликтов XX века стал Армяно-Азербайджанский Нагорно-Карабахский конфликт. В сентябре-ноябре 2020 года победоносные Вооруженные Силы Азербайджанской Республики под руководством Президента Азербайджанской Республики, Верховного Главнокомандующего Ильхама Алиева окончились великой победой и оккупация была прекращена.

Направления обеспечения устойчивого расселения на территориях, освобожденных от оккупации, отражены в утвержденной нашим Президентом программе «Азербайджан 2030: Национальные приоритеты социально-экономического развития».

В то же время президент Ильхам Алиев подписал указ о строительстве поселений на территориях, освобожденных от оккупации Азербайджанской Республики, и отметил, что на этих территориях будут построены поселения типа «Умный город»

и «Умная деревня». В то же время освобожденные земли обладают огромным энергетическим потенциалом. Хочу сразу сказать, что хотел бы видеть освобожденные территории как зеленую энергетическую зону. Возможностей достаточно». Эти взгляды озвучил президент Азербайджана Ильхам Алиев на совещании, посвященном итогам 2020 г. Преобразование освобожденных территорий в зоны зеленой энергетики и эффективное использование ресурсов входят в число приоритетов нашего государства. В концепции зоны зеленой энергетики в энергоснабжении предусмотрено максимальное использование зеленой энергии, то есть возобновляемых источников энергии.

Понятно, что энергия, полученная из таких источников, как ветер, вода, биомасса, солнечная, геотермальная энергия, считается зеленой энергией. Учитывая потенциал возобновляемых источников энергии нашей страны, к 2030 г. планируется довести долю возобновляемой энергетики до 30 % от общей инвестиционной мощности нашей страны. В настоящее время природный газ в основном используется для производства электроэнергии в Азербайджане. В процентном отношении 90 % приходится на природный газ.

С освобождением наших оккупированных территорий от оккупации возможности использования зеленого энергетического потенциала Азербайджана возросли. Эти территории чрезвычайно богаты возобновляемыми источниками энергии (солнечной, гидроэнергетикой, биоэнергетикой, ветровой и геотермальной энергией). По приблизительным оценкам, потенциал солнечной энергии в этом регионе составляет 4000 МВт. В первую очередь, использование солнечной энергии в Физулинском, Зангиланском, Джебраильском, Лачинском, Губадлинском и Кельбаджарском районах считается целесообразным, однако в указанных регионах имеются условия и для других альтернативных источников энергии.

Понятно, что потенциал ветроэнергетики больше проявляется в горных районах. В горной части Карабаха есть большие территории, где среднегодовая скорость ветра составляет 7-8 метров в секунду даже на высоте 100 метров. В основном в приграничных с Арменией районах Лачинского и Кельбаджарского районов среднегодовая скорость ветра достигает до 10 метров в секунду. В целом потенциал ветроэнергетики в горных районах Карабаха оценивается до 500 мегаватт.

Согласно проведенным исследованиям, в Карабахе сосредоточено 25% местных водных ресурсов Азербайджана, то есть примерно 2 миллиарда 560 миллионов кубических метров водных ресурсов. В этих районах находится около 30 малых гидроэлектростанций, приведенных в негодность противником. На реке Араз установлены гидроузлы «Худафарин» и «Гыз Галасы». Здесь Азербайджанская сторона планирует построить ГЭС общей мощностью 140 МВт.

Получить энергию можно, используя месторождения каменного угля на территории Карабаха. В селе Чардахлы Тертерского района запасы каменного угля составляют всего 8,5 миллионов тонн.

Подземные воды являются одним из важнейших полезных ископаемых на территории Азербайджанской Республики. Самыми известными термальными водами Кельбаджарского района являются бассейны минерально-термальных вод Истису и Тутгун. Истису Термальные воды Кельбаджарского района разделены на 4 группы: группа Багирсаг, Курорт Горячих вод, Нижние Горячие воды и группа Кельбаджар. Геотермальные источники Карабахского региона могут быть широко использованы в геотермальной энергетике. Каждая геотермальная станция, производящая тепло и электроэнергию, считается уникальной. Таким образом, здесь оказывают влияние

рабочая среда, глубина геотермального источника, температура и химический состав геотермальной воды. Общая характеристика термальных вод Истису-Кельбаджар, прогнозные запасы воды, температура геотермальных вод, минерализация геотермальных вод приведены на рис. 1 и 2.

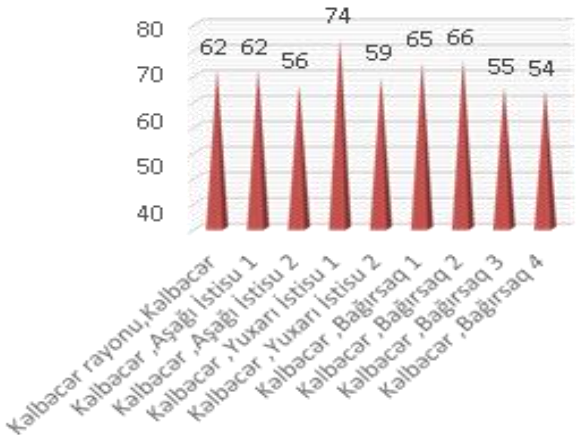



Рис. 1. Температура геотермальных вод в Истису-Кельбаджаре

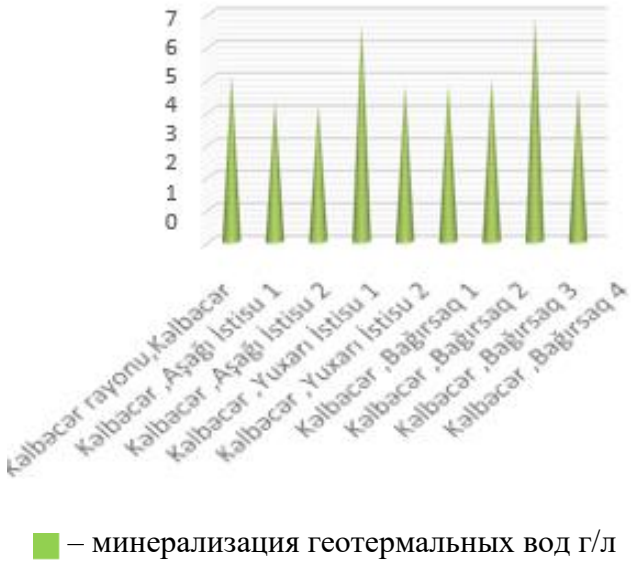



Рис. 2. Минерализация геотермальных вод в Истису-Кельбаджаре

В ближайшие годы электроэнергию также можно будет приобретать из геотермальных источников с применением тепловых насосов.

Для обеспечения безопасной и экономически эффективной эксплуатации оборудования, обеспечивающего теплоснабжение, и систем, соединяющих это оборудование, одним из важных вопросов является правильная организация химико-водного режима этого оборудования. В то же время геотермальные воды в зависимости от своего химического состава могут оказывать негативное воздействие на организм человека. Поэтому перед использованием ее в отопительных целях повторное изучение химического состава этих вод является одним из важных условий.

Большая часть геотермальных источников Карабахской зоны также имеют минеральный состав и имеют лечебный характер. Климат и ландшафт этого региона создают условия для строительства в этих местах курортных зон. В настоящее время одним из приоритетных вопросов станет обеспечение горячего водоснабжения и отопления санаториев, пансионатов и других специализированных учреждений на этих территориях за счет этих геотермальных источников. Присутствие кальция в геотермальных водах приводит к его накоплению в виде отложений на поверхности теплообменников. В это время тепло плохо проходит по водопроводящим трубам и происходят аварии. После решения всех этих проблем геотермальные воды Карабаха можно будет использовать в целях отопления.

В целом проведенные исследования показывают, что геотермальная энергия в Карабахе может быть использована в тепловой энергетике в больших масштабах. Кроме того, можно получить электроэнергию из низкопотенциальных вод в комбинированных режимах с тепловыми насосами.

Также откроется путь к экономии природного газа, который является основным источником производства электроэнергии. Экономия природного газа окажет положительное влияние на валютные поступления страны за счет расширения экспортных возможностей.

В частности, привлечение новых инвестиций на освобожденные от оккупации территории и использование потенциала сделает Азербайджан известным в мире как страна зеленой энергетики, что, в свою очередь, окажет положительное влияние на экономическое развитие Азербайджана, включая Карабах.

## Источники

1. Azad edilmiş ərazilərdə enerji siyasəti – TƏHLİL [Электронный ресурс]. URL: https://report.az/energetika/azad-edilmis-erazilerde-enerji-siyaseti-tehlil/ (дата обращения: 20.10.2023).

2. İşğaldan azad edilmiş ərazilərdə bərpa olunan enerji üzrə dəqiq potensialın hesablanması sahəsində görüləcək işlər müzakirə edilib [Электронный ресурс]. URL: https://minenergy.gov.az/az/xeberler-arxivi/isgaldan-azad-edilmis-erazilerde-berpa-olunan-enerji-uzre-deqiq-potensialin-hesablanmasi-sahesinde-gorulecek-isler-muzakire-edilib (дата обращения: 20.10.2023).

3. İşğaldan azad edilmiş ərazilərdə günəş və külək elektrik stansiyaları tikiləcək [Электронный ресурс]. URL: https://azerbaijan.az/news/6557 (дата обращения: 20.10.2023).

УДК 621

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ШРЕДЕРА ПО ИЗМЕЛЬЧЕНИЮ ПЛАТМАССЫ

Гайсин Дамиль Маратович[1], Мухаметгалеев Танир Хамитевич[2]
ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
damilgaisin@gmail.com, banzay-13-13@yandex.ru

В данной статье будет рассмотрен проект по разработке электропривода шредера пластмасс, который будет содержать в себе асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, редуктором и частотным преобразователем. Ставится задача создать достаточно удобный и мощный и дробитель для пластика, который сможет превратить большие и плотные куски пластика в более мелкие крупицы, которые станут удобнее для плавления и использования их в различных целях. Например: дорожные покрытия, создание удобных контейнеров, бутылки для питьевой воды и так далее. Благодаря такому методу можно сэкономить на топливе и не понадобятся столь большие печи для плавления пластиковых отходов. В процессе проектирования был рассчитан и выбран электродвигатель, преобразователь частоты , пусковая, защитная и вспомогательна аппаратура.

**Ключевые слова:** шредер, дробилка, пластмасса, асинхронный двигатель, преобразователь частоты.

# DESIGN OF THE ELECTRIC SHREDDER DRIVE FOR CRUSHING THE PLATEMASS

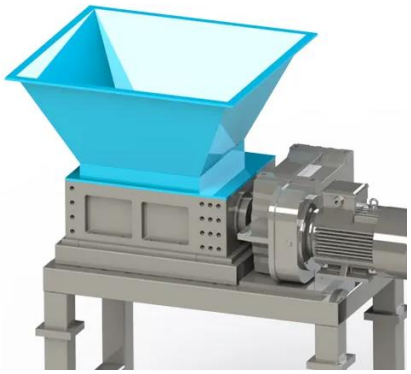
Gaisin Damil Maratovich, Mukhametgaleev Tanir Khamitevich
KNRTU, Kazan
KSPEU, Kazan
damilgaisin@gmail.com, banzay-13-13@yandex.ru

In this article, we will consider a new project for the design of a plastic shredder electric drive, which will consist of an asynchronous motor with a short-circuited rotor, a gearbox and a frequency converter. Thanks to this device, we will be able to create a fairly convenient, powerful and excellent plastic crusher that can turn large and dense pieces of plastic into smaller grains that will become more convenient for melting and using them for various purposes. For example: road surfaces, the creation of convenient containers, bottles for drinking water, and so on. Thanks to this method, we will save on fuel and will not need such large furnaces for melting them. An electric motor and a frequency converter were calculated and selected, which will help to cut plastic more conveniently.

**Keywords:** shredder, crusher, plastic, asynchronous electric motor, frequency converter.

С ростом жителей нашей планеты, всё чаще мы наблюдаем, что стало больше выброшенного пластика, который никак не используется и разлагается тысячелетиями. Использование пластмассы можно наблюдать абсолютно везде. Например: в автомобилях, в торговых центрах, на улицах и в домах. Переработка пластмассы в последнее время всё чаще стала

все более актуальной. Обзор в интернете различных шредеров привел к выводу, что моделей не так уж и много и информацию о них тяжело достать. Поэтому актуальна задача создания дробилки для пластмассы, которая была бы доступна и удобна не только для крупных корпораций, но и для малых бизнесов, которые хотят сэкономить на электричестве и на материалах.



Шредер по дроблению пластмассы

Основная цель шредера по пластмассе – переработка сложного, плотного и крепкого пластика, в более мелкие щебни.

Процесс работы шредера разделен на несколько этапов:

1) подготовка материала. Перед тем, как загрузить материал в шредер, необходимо подготовить пластик. Это включает в себя сортировку ненужных вещей, которые были выброшены на разных пунктах приёма пластмассы.

2) загрузка материала. Это может быть как автоматический, так и ручной процесс.

3) измельчение материала. После попадания пластмассы, дробитель начинает измельчать материал на мелкие кусочки. Это может быть одновременный и поэтапный процесс.

4) сбор и утилизация. После того, как материал был измельчен, его можно использовать для различных целей, как вторичный источник сырья.

Задачей данной работы является разработка частотно-регулируемого асинхронного электропривода шредера SJECFEW, что позволит повысить его энергоэффективность за счет уменьшения электропотребления, повысит качество выпускаемой продукции, повысит надежность работы и срок службы шредера. Для решения данной задачи необходимо расчитать мощность приводного двигателя и выбрать асинхронный электродвигатель. К выбранному электродвигателя подобрать частотный преобразователь и механическую передачу. Далее следует выбрать пусковую, защитную и вспомогательную аппаратуру электропривода. В конце проектирования необходимо провести синтез замкнутого электропривода и моделирование его работы.

Технические характеристики траволатора SJE CFEW

| Спецификация | Измельчение пластмассы |
|---|---|
| Тип | Дробитель |
| Мощность | 30 000 МВт |
| Скорость ножей | 21 м/с |
| КПД | 80 % |
| Питание | Трёхфазное, переменный ток 50/60 Гц |
| Объём | 2,3 $м^3$ |
| Время дробления | 10 с |
| Место установки | Снаружи / внутри |

Для шредера по переработке пластика в Российской Федерации необходимы следующие ГОСТы:

– ГОСТ 20790 «Шредеры для измельчения отходов. Общие технические требования»;

– ГОСТ 32309 «Шредеры для измельчения отходов. Методы испытаний»;

– ГОСТ 32310 «Шредеры для измельчения отходов. Требования пожарной безопасности».

Кроме того, шредер должен соответствовать требованиям следующих нормативных документов:

– СанПиН 2.1.7.2790-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к обращению с отходами производства и потребления»;

– Техрегламент Таможенного союза 005/2011 «О безопасности машин и оборудования».

## Источники

1. «Справочник по дроблению и сортировке» [Электронный ресурс]. URL: https://www.ausimm.com/globalassets/insights-and-resources/minerals-processing-toolbox/metso_handbook_fifth_ed (дата обращения: 20.10.2023).

2. Выбор электродвигателя [Электронный ресурс]. URL: https://kazan.vseinstrumenti.ru/tag-page (дата обращения: 20.10.2023).

3. ГОСТ Ассистент [Электронный ресурс]. URL: https://gostassistent.ru/ (дата обращения: 20.10.2023).

4. Вспомогательный сайт по книгам и статьям [Электронный ресурс]. URL: https://ru.scribd.com/home (дата обращения: 21.10.2023).

УДК 621

# МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА АППАРАТА ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ АВГ-20-Ж-6,3-Б3-В2Т/4-2-8

Гатауллин Адель Айратович[1] , Мухаметгалеев Танир Хамитевич[2]
[1]ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань
[2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]27_adel@mail.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

В статье рассмотрены вопросы модернизации электропривода аппарата воздушного охлаждения, чтобы заменить устаревший механически регулируемый электропривод на частотно-регулируемый. Был рассчитан и выбран электродвигатель, преобразователь частоты, а также новая элементная база для пуска и защиты электропривода.

**Ключевые слова:** асинхронный электропривод, аппарат воздушного охлаждения, преобразователь частоты, энергоэффективность.

# MODERNIZATION OF ELECTRIC DRIVE OF AIR COOLING UNIT AVG-20-Zh-6.3-B3-V2T/4-2-8

Gataullin Adel Airatovich[1] , Mukhametgaleev Tanir Khamitevich[2]
[1]KNRTU, Kazan
[2]KSPEU, Kazan
[1]27_adel@mail.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

The article discusses the issues of modernizing the electric drive of an air-cooling device in order to replace the outdated mechanically controlled electric drive with a frequency-controlled one. An electric motor, a frequency converter, as well as a new element base for starting and protecting the electric drive were calculated and selected.

**Keywords:** asynchronous electric drive, air cooler, frequency converter, energy efficiency.

Целью данной работы является модернизация электропривода аппарата воздушного охлаждения АВГ-20-Ж-6,3-Б3-В2Т/4-2-8. Теплообменное оборудование используется для обеспечения процессов обмена теплом при необходимости нагрева или охлаждения рабочей среды в целях ее обработки или использования тепловой энергии. Аппараты воздушного охлаждения преимущественно используются в тех случаях, где применение других систем охлаждения является технически невозможным или не выгодным с экономической точки зрения.

Аппараты воздушного охлаждения, соответствующие общепринятым стандартам, подразделяются на три базовых типа: аппарат воздушный горизонтальный – АВГ; аппарат воздушный зигзагообразный – АВЗ и аппарат воздушный малопоточный – АВМ.

Аппараты воздушного охлаждения типа АВГ состоят из следующих основных компонентов:

Корпус: обычно изготавливается из стальных труб или профилей, сваренных между собой. Корпус служит основой для установки остальных элементов аппарата и обеспечивает его жесткость.

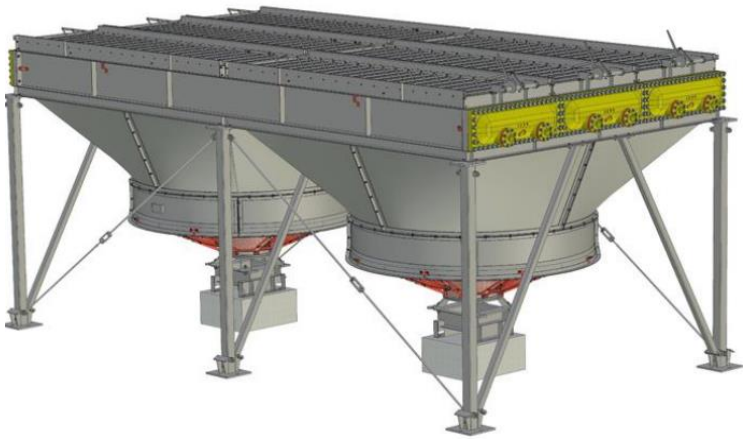
Вентилятор: устанавливается на корпусе и предназначен для создания воздушного потока, проходящего через теплообменные поверхности. Вентилятор может быть осевым или радиальным, в зависимости от конструкции аппарата.

Теплообменные поверхности: состоят из пучков труб, по которым протекает охлаждаемая среда. Трубы могут быть расположены в горизонтальном, вертикальном или зигзагообразном порядке, в зависимости от типа аппарата.

Опоры аппарата: обеспечивают устойчивость аппарата и позволяют регулировать его положение относительно земли.

Важно отметить, что конструкция аппаратов воздушного охлаждения может отличаться в зависимости от требований конкретного проекта и условий эксплуатации.

Аппараты воздушного охлаждения типа АВГ используются для конденсации и охлаждения газообразных и жидких сред в рамках технологических процессов в нефтеперерабатывающей, нефтехимической и других смежных отраслях промышленности в условиях северных районов с температурой воздуха не ниже 46 °С в наиболее холодный период в течение 120 ч.



Общий вид горизонтального АВО

У данного аппарата есть ряд недостатков: невозможность точной регулировки температуры охлаждаемой среды, что может привести к снижению качества продукции; высокий уровень шума и вибрации

из-за постоянной работы вентилятора на максимальной скорости; повышенное потребление электроэнергии из-за неэффективного использования ресурсов; меньший срок службы оборудования из-за возможных перегрузок.

Недостатки, упомянутые выше, должны быть исправлены с помощью некоторых изменений в конструкции. Требуется выбрать электродвигатель, рассчитать его мощность, выбрать частотный преобразователь для привода, вычислить элементы силового канала частотного преобразователя, рассчитать питающие кабели, выбрать защитную пусковую аппаратуру, произвести настройку на оптимум по модулю и провести анализ системы замкнутого электропривода. Преимущества применения частотного преобразователя в данном аппарате:

– экономия энергоресурсов;

– высокое качество регулирования;

– легкость в эксплуатации и обслуживании;

– регулирование частоты вращения в широких пределах – от нуля до предела механической стойкости установки; – высокий коэффициент мощности. Применение частотных преобразователей позволяет существенно сократить потребление ими электроэнергии за счет уменьшения номинальных оборотов.

Таким образом, модернизация аппарата воздушного охлаждения АВГ-20-Ж-6,3-Б3-В2Т/4-2-8 позволит достичь ряда преимуществ:

– энергосбережение: частотное регулирование позволяет плавно регулировать скорость вращения двигателя, что снижает потребление электроэнергии от 20 % до 50 % в зависимости от условий эксплуатации;

– увеличение срока службы оборудования: отсутствие перегрузок и стабильное поддержание оборотов предотвращает износ оборудования;

– повышение эффективности процесса: быстрое и точное реагирование на изменение параметров технологического процесса позволяет стабилизировать его и улучшить качество продукции;

– уменьшение шума и вибрации: частотное управление позволяет поддерживать стабильные обороты двигателя, снижая шум и вибрацию;

– простота настройки и управления: автоматическое регулирование параметров позволяет оператору сосредоточиться на контроле процесса;

– улучшение экологической обстановки: снижение потребления электроэнергии приводит к уменьшению выбросов парниковых газов;

– минимизация риска аварийных ситуаций: плавное регулирование оборотов двигателя предотвращает возникновение перегрузок и связанных с ними аварийных ситуаций;

– возможность интеграции в автоматизированные системы управления производством, что упрощает контроль и управление технологическим процессом;

– снижение затрат на обслуживание и ремонт оборудования за счет увеличения его срока службы и стабильности работы;

– повышение безопасности производства благодаря снижению уровня шума, вибрации, а также предотвращению аварийных ситуаций.

## Источники

1. Мутугуллина И.А. Устройство и расчет аппаратов воздушного охлаждения (АВО): учеб. пособие. Бугульма, 2017. 80 с.

2. Степанов О.А. Тепловой и гидравлический расчет теплообменного аппарата воздушного охлаждения: метод. ук. для студентов специальности 140104 «Промышленная теплоэнергетика» к курсовой работе по «Теоретическим основам теплотехники». Тюмень: РИО ГОУ ВПО ТюмГАСУ, 2009. 41 с.

3. ГОСТ Р 51364-99. Аппараты воздушного охлаждения. Общие технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. 63 с.

УДК 004.89

# НЕЧЕТКАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ НАСТРОЙКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ ВИБРАЦИОННО-ЧАСТОТНОГО ПЛОТНОМЕРА ЖИДКОСТИ

Гусейнов Тургай Климович[1], Гадирова Туран Тургай гызы[2]
[1]Сумгаитский государственный университет, г. Сумгаит
[2]Военный институт имени Гейдара Алиева, г. Баку

В данной статье предлагается система и алгоритм настройки месторасположения электромагнитного возбудителя вибрационно-частотного плотномера с использованием теории нечетких множеств.

**Ключевые слова:** нечеткое множество, нечеткая система, автоматическая настройка, фаззификация, дефаззификация, месторасположение электромагнитного возбудителя.

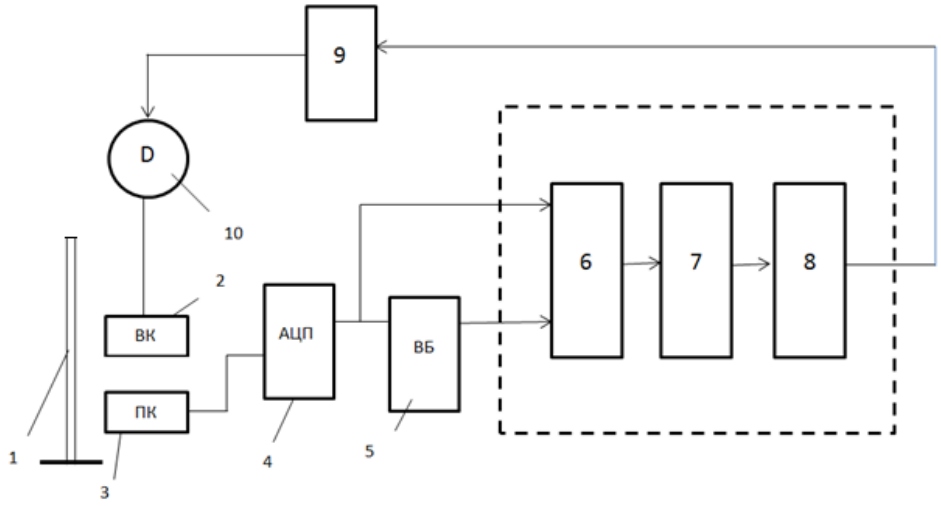
# FUZZY SYSTEM FOR AUTOMATIC ADJUSTMENT OF THE ELECTROMAGNETIC SYSTEM FOR EXCITATION OF VIBRATION-FREQUENCY DENSITY METER OF LIQUID

[1]Huseynov Turgay Тургай Klimovich, Gadirova Turan Turqay qızı
[1]Sumgait State University, Sumgait
[2]Military Institute Named After Heydar Aliyev, Baku

This article proposes a system and algorithm for adjusting the location of the electromagnetic exciter of a vibration-frequency density meter using the theory of fuzzy sets.

**Keywords:** fuzzy set, fuzzy system, automatic tuning, fuzzification, defuzzification, location of the electromagnetic exciter.

В качестве чувствительного элемента (резонатор) плотномера служит жестко закрепленная на концах U образная трубка, совершающая с частотой близкой к собственной автоколебания на второй гармонике [1]. Система возбуждения плотномера образована из электромагнитных возбудителя и приемника колебаний, подключенных соответственно ко входу и выходу электронного усилителя. При этом для обеспечения колебаний на частоте второй гармоники возбудитель колебаний располагается в месте пучности второй гармоники. В связи с этим точное определение места размещения приемника колебаний приобретает особую значимость во время настройки резонатора. В статье рассматривается возможность автоматизации настройки электромагнитной системы возбуждения резонатора вибрационно-частотного плотномера жидкости с использованием положений теории нечеткого регулирования. В качестве управляемой величины нами было взято перемещение электромагнитного приемника колебаний. На рисунке представлена упрощенная структурная схема системы автоматической настройки.




Структурная схема системы автоматической настройки месторасположения электромагнитного возбудителя вибрационно-частотного плотномера жидкости: *1* – трубка; *2* – возбудитель колебаний (ВК); *3* – приемник колебаний (ПК); *4* – аналоговый цифровой преобразователь (АЦП); *5* – вычислительный блок направления изменения напряжения; *6* – фаззификатор; *7* – таблица лингвистических правил (ТЛП); *8* – дефаззификатор; *9* – блок управления двигателем; *10* – двигатель (Д)

На вход системы поступает напряжение $U$ с блока *1* через аналоговый цифровой преобразователь *4*. Полученное значение приходит на один из входов нечеткого контроллера. На второй вход поступает производная $dU/dt$ из вычислительного блока *5*. Нечеткий контроллер включает в себя: фаззификатор *6*; таблицы лингвистических правил *7*; дефаззификатор *8*. Нечеткое значение после дефаззификации в виде четкого управляющего воздействия поступает на вход блока управления двигателем *9* и на двигатель *10*.

Для системы автоматической настройки в качестве нечеткого алгоритма был выбран алгоритм Мамдани [2–4].

При работе контроллера по алгоритму Мамдани в системе автоматической настройки (установки напряжения уровня амплитуды колебаний в нормируемых пределах) на вход нечеткого контроллера подавались: вычисленное значение напряжения уровня амплитуды колебаний и направление изменения напряжения. С выхода снималось направление переключения (вверх, вниз или не менять положения) и продолжительность включения электродвигателя.

Все входные и выходные величины являются четкими значениями, поскольку снимаются с реальных приборов автоматики, которые выдают четкие значения измеряемых параметров. Далее, в самом контроллере, эти величины уже преобразуются к нечетким значениям. После срабатывания нечетких правил, полученные выходные переменные вновь преобразуются к четкому (нормальному) виду.

Во время работы нечеткого контроллера были использованы следующие лингвистические переменные:

– входные переменные: **Напряжение (Voltage)** – напряжение уровня амплитуды колебаний; **Динамика** – динамика изменения напряжения (производная напряжения); **Направление (Direct)** – направление следующего переключения двигателя.

– выходные переменные: **направление (Direct)** – направление следующего переключения двигателя; **Продолжительность** (**Duration)** – время включения электродвигателя.

Во время работы были опробованы различные варианты работы контроллера. По входным и выходным переменным было составлено 15 правил нечеткого вывода для рассматриваемой системы.

В результате исследований было выявлено, что по сравнению с ручным нечеткий контроллер в большинстве случаев совершает меньшее количество переключений. В результате имеет место уменьшение времени настройки уровня амплитуды колебаний плотномера.

## Источники

1. Жуков Ю.П. Вибрационные плотномеры. М.: Энергоатомиздат, 1991. 144 с.

2. Емекеев А.А., Сагдатуллин А.М., Муравьева Е.А. Интеллектуальное логическое управление электроприводом насосной станции // Современные технологии в нефтегазовом деле: сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф. Уфа, 2014. С. 218–221.

3. Sagdatullin A.M., Emekeev A.A., Muraveva E.A. Intellectual control of oil and gas transportation system by multidimensional fuzzy controllers with preciseterms // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 756. Pp. 633–639.

4. Массомер CORIMASS 10G+ MFM 4085 K/F [Электронный ресурс]. URL: http://cdn.krohne.com/dlc/MA_CORIMASS_G_ru_72.pdf (дата обращения: 12.10.2023).

УДК 311.2. 661.927

# СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОТДЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ ТАТАРСТАНА

Занина Валерия Вячеславовна[1], Будникова Иветта Константиновна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]valeriyazanina2004@mail.ru, [2]ikbudnikova@yandex.ru

Одной из важнейших задач современного общества является реализация проекта декарбонизации транспорта, который включает в себя развитие рынка электромобилей, и поднимает вопрос о необходимости создания соответствующей инфраструктуры.

В статье приводятся результаты статистического исследования отдельных задач декарбонизации с целью прогнозирования перспектив решения экологических проблем.

**Ключевые слова:** декарбонизация, экологические проблемы, электромобили, статистические методы, источники загрязнения.

# STATISTICAL ANALYSIS OF SELECTED DECARBONIZATION TASKS IN THE ELECTRIC POWER SECTOR OF TATARSTAN

Zanina Valeria Vyacheslavovna[1], Budnikova Ivetta Konstantinovna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]valeriyazanina2004@mail.ru, [2]ikbudnikova@yandex.ru

One of the most important tasks of modern society is the implementation of the transport decarbonization project, which includes the development of the electric vehicle market, and raises the question of the need to create appropriate infrastructure.

The article presents the results of a statistical analysis of individual decarbonization tasks in order to predict the prospects for solving environmental problems

**Keywords**: decarbonization, environmental problems, electric vehicles, statistical methods, sources of pollution.

Современный мир сталкивается с рядом серьезных экологических проблем, которые требуют комплексного подхода и научных исследований для их решения.

Согласно данным Межгосударственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), концентрация парниковых газов в атмосфере продолжает расти, что приводит к изменению климатических условий на Земле [1].

В энергетической отрасли сегодня ведущую роль в стратегическом планировании играют цели устойчивого развития, среди которых на первый план выходят вопросы декарбонизации.

Одним из основных направлений в решении вопросов декарбонизации рассматривается развитие электротранспорта, так как на транспортный сектор приходится 23 % всех выбросов парниковых газов в мире. Сокращение выбросов за счет электрификации транспорта – ключевой вектр развития в экономике всего мира [2].

Согласно результатам исследования аналитического агентства «АВТОСТАТ» [3, 4], наблюдается рост зарегистрированных электромобилей на территории России (рис. 1).




Рис. 1. Динамика рынка электомобилей в России

Татарстан включен в перечень пилотных регионов РФ, по развитию электротранспорта, Для выполнения данного проекта разработана Государственная программа «Развитие зарядной инфраструктуры для транспортных средств с электродвигателями в Республике Татарстан» [5].

Реализация программы предусматривает несколько направлеий, основные из которых: развитие коммуникационных структур, зарядных станций по обслуживанию; расширение производства электротранспорта; разработка мероприятий по привлечению населения к приобретению электротранспорта. Для стимулирования этого процесса с 1 января 2024 г. от уплаты транспортного налога освбождают владельцев транспорта с электрическими двигателями.

С 2020 г. ПАО «КАМАЗ» является производителем электротранспортных средств [5]. С 2024 по 2026 гг. запланировано ежегодное увеличение объема выпуска электробусов в несколько раз (рис. 2).

В рамках реализации принятой программы запланирован также выпуск новых видов электротранспортных средств.

По данным статистики на начало 2023 г. в Татарстане было зарегистрировано всего 299 машин с электрическими двигателями. Статистические исследования прогнозируют, что к 2030 г. в Татарстане появится от 1,5 тыс. до 4,3 тыс. электромобилей.

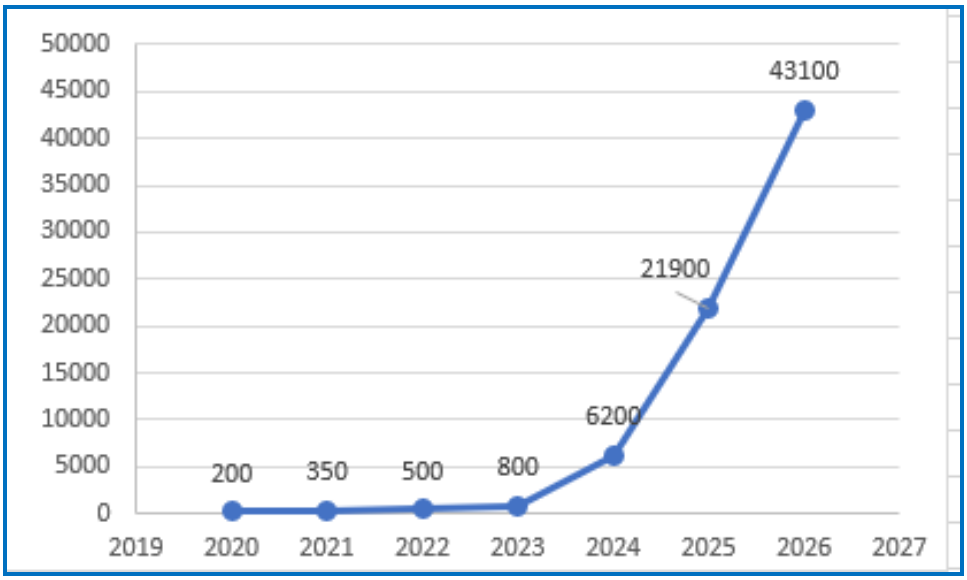



Рис 2. Существующий и прогнозный объем выпуска электробусов, ед./год

Прогнозируемые показатели выпуска

| Год выпуска | Тип транспортных средств, шт./год | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Электромобили | Электробусы | Легковой электротранспорт | Тяжелые грузовики |
| 2023 | – | 800 | – | – |
| 2024 | 5000 | 6200 | 150 | 50 |
| 2025 | 20000 | 21900 | 500 | 200 |
| 2026 | 40000 | 43100 | 1250 | 400 |

Таким образом, выполнение Программы [5] по всем ее аспектам будет способствовать улучшению экологичекого климата за счет процесса декарбонизации в электроэнергетике Татарстана [6].

## Источники

1. Глобальное потепление в России и мире [Электронный ресурс]. URL: https://www.kp.ru/family/ecology/globalnoe-poteplenie/?ysclid=lozlpn517 w778292310 (дата обращения: 10.11.2023).

2. Иктисанов В., Шкруднев Ф. Декарбонизация: взгляд со стороны // Энергетичская политика. 2022. № 8. С. 15–20.

3. Российский рынок электромобилей: будущее «зеленого» автомобилестроения [Электронный ресурс]. URL: https://delprof.ru/upload/iblock/233/DelProf_Analitika_Rynok-ktromobiley.pdf (дата обращения: 10.11.2023).

4. Как развивается инфраструктура для электромобилей в России [Электронный ресурс]. URL: https://journal.tinkoff.ru/statistic-electrocars/ (дата обращения: 10.11.2023).

5. Об утверждении государственной программы «Развитие зарядной инфраструктуры для транспортных средств с электродвигателями в Республике Татарстан» [Электронный ресурс]. URL: https://tatarstan.ru/ regulation/ expertise/list/mpt.htm?corrupt_id=278600 (дата обращения: 10.11.2023).

6. Стимулирование развития электротранспорта как инструмент развития территории / Ю.С. Валеева [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 1 (53). С. 155–172.

УДК 621.317.3

# КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ БЫСТРОЙ ЗАРЯДКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Ившина Полина Петровна[1], Цветков Алексей Николаевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]muhanova-polina@mail.ru, [2]tsvetkov9@mail.ru

В статье рассмотрены измерительные каналы испытательного стенда для проверки и контроля технических характеристик мобильной установки заряда электротранспорта, а также принцип работы скоростной зарядки. Проведен метрологический анализ канала измерения постоянного напряжения.

**Ключевые слова:** испытательный стенд, канал измерения, датчик напряжения, основная приведенная погрешность, метрологический анализ, скоростная зарядка.

# CONTROL OF THE ELECTRIC VEHICLE FAST CHARGING SYSTEM

Ivshina Polina Petrovna[1], Tsvetkov Alexey Nikolaevich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]muhanova-polina@mail.ru, [2]tsvetkov9@mail.ru

The article discusses the measuring channels of the test bench for checking and monitoring the technical characteristics of a mobile charging installation for electric vehicles, as well as the operating principle of high-speed charging. A metrological analysis of the DC voltage measurement channel was carried out.

**Keywords:** test bench, measurement channel, voltage sensor,basic reduced error, metrological analysis, high-speed charging.

Системы скоростной зарядки отличаются прежде всего от систем традиционной зарядки тем, что повышают напряжение, которое подаётся во входное устройство электромобиля и далее преобразуется до уровня приемлемого для заряда батареи. В настоящее время наиболее распространены системы скоростной зарядки постоянным током на напряжении до 800 В. Такая система способна отдать мощность 200 кВт при максимальном токе заряда до 250 А. Ограничение тока зарядки обусловлено пропускной способностью существующих зарядных кабелей. Таким образом, скорость зарядки электрического транспорта повышается и занимает менее одного часа по времени с зарядом батареи до 80 %.

При проведении испытаний систем скоростной зарядки в реальных условиях оценивается соответствие объекта испытаний заявленным характеристикам, при этом появляется возможность своевременного выявления

ошибок при проектировании, которые должны быть устранены на последующих этапах разработки – макетные, опытные, предсерийные образцы. Данные испытания, как правило, проводятся на испытательных стендах.

Стендовые испытания включают в себя несколько этапов. Первый этап заключается в подготовке оборудования к испытанию, второй – непосредственно в самом испытании устройств или объектов для сбора необходимых сведений, и третий, соответственно, в обработке и оформлении полученных испытательных данных.

В рамках НИОКР, выполняемой кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий» ФГБОУ ВО «КГЭУ», разработан испытательный стенд [1], предназначенный для проверки и контроля технических характеристик (параметров) мобильной установки заряда электротранспорта (МУЗЭ) заявленным в Технических требованиях к реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства по теме «Организация высокотехнологичного производства мобильных установок заряда электротранспорта высокой мощностью с интегрированной системой накопления электроэнергии».

В состав стенда входят: симулятор электромобиля, обеспечивающий связь с зарядной станцией; блок управления экспериментальным стендом для испытаний; блок нагрузочных модулей, включающий активную нагрузку постоянного тока не менее 200 кВт и активную трехфазную нагрузку переменного тока не менее 80 кВт; устройство коммутации нагрузок; блок измерительных средств; блок сопряжения с персональной электронно-вычислительной машиной (ПЭВМ); блок сопряжения с МУЗЭ.

К метрологическому обеспечению стенда предъявляются следующие требования:

1. Метрологическое обеспечение изделий должно отвечать требованиям Федерального закона от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений».

2. Для контроля параметров в экспериментальном испытательном стенде должны использоваться стандартизованные средства измерения (СИ), прошедшие поверку.

3. Величины параметров и характеристик стенда должны выражаться в единицах величин, допускаемых к применению в РФ (Постановление правительства РФ от 31 октября 2009 г. № 879) и ГОСТ 8.417-2002 [2], формы представления характеристик погрешности измерений – в соответствии с МИ 1317-2004 [3].

Для реализации работоспособности, разработанный стенд должен быть обеспечен приборной частью, соответствующей требованиям технического задания. В рассматриваемом стенде присутствует несколько измерительных каналов (ИК), образующих измерительную систему стенда. Это каналы измерения напряжения, токов, температуры.

Измерительная система испытательного стенда состоит из подсистем первичного преобразования, построенной на основе датчиков тока, напряжения и температуры, промежуточного преобразования, построенной на основе аналогово-цифровых преобразователей, подсистемы обработки информации и управления, построенной на основе персонального компьютера [4].

С целью проверки соответствия измерительных каналов стенда требованиям к метрологическому обеспечению, проведем анализ применяемых каналов на примере канала измерения постоянного напряжения. Проведем оценку допускаемых среднеквадратических отклонений (СКО) погрешности измерительного канала с учетом устройств, входящих в состав ИК для нормального закона распределения случайных составляющих погрешности в % от нормирующего значения по формуле:

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{N} Y_i^2}}{\sqrt{3}}, \qquad (1)$$

где $\sigma$ – СКО погрешностей компонентов ИК; $Y_i$ – пределы основной приведенной погрешности соответствующего прибора; $N$ – количество приборов.

Для расчета нам понадобятся следующие паспортные данные:

– канал, предназначенный для измерения напряжения, построен на приборе ПИН-1000-У-4-20, который согласно паспортным данным имеет предел допускаемой основной приведенной погрешности преобразования напряжения – ±1,5 %;

– канал измерения прибора МВ210-101, который согласно паспортным данным имеет предел основной приведенной погрешности при измерении ТС и унифицированных сигналов постоянного напряжения и тока – ±0,25 %.

Погрешность всего канала составила:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1,5^2}{3} + \frac{0,25^2}{3}} = 0,877971\ \%. \qquad (2)$$

Проведенный метрологический анализ показал, что применяемый в составе стенда приборный комплекс обладает высокой точностью измерений и способен обеспечить все характеристики, требуемые техническим заданием и способен измерить напряжение постоянного тока в диапазоне 0–1000 В с отклонением не более 8,77 В.

## Источники

1. ГОСТ8.417-2002. Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин. М.: Стандартинформ, 2018. 28 с.

2. МИ 1317-2004. Государственная система обеспечения единства измерений.Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров [Электронный ресурс]. URL: https://www.expertnk.ru/docs/libs/mi1317-2004.pdf?ysclid=lubckbv5s7544158417 (дата обращения: 21.10.2023).

3. Анализ технического уровня разработок в области мобильных зарядных установок для электротранспорта / А.Р. Сафин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2023. Т. 25, № 3. С. 55–64.

4. Развитие технологии мобильных зарядных станций для электромобилей / А.Р. Сафин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 5. С. 100–114.

5. Разработка макета мобильной установки заряда электротранспорта и стенда для проведения испытаний / А.Р. Сафин [и др.] // Естественные и технические науки. 2023. № 7 (182). С. 138–145.

УДК 004.032.26

# ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ В ИНФОРМАЦИОННУЮ СИСТЕМУ УЧЕТА РАСХОДА И ДАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ СИСТЕМЫ ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Камалиев Ильдар Иршатович[1], Мухаметгалеев Танир Хамитевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]Kamalievi24@mail.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

В статье рассматриваются современные цифровые датчики давления для использования в тепловой системе городского хозяйства.

**Ключевые слова:** Цифровые датчики , информационные датчики давления.

# INTRODUCTION OF A MODERN ELEMENT BASE INTO THE INFORMATION SYSTEM OF ACCOUNTING FOR THE FLOW AND PRESSURE OF THE MUNICIPAL HEATING SYSTEM

Kamaliev Ildar Irshatovich[1], Muhametgaleev Tanir Khamitevich[2]
[1,2]KSPEU», Kazan
[1]Kamalievi24@mail.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

The article discusses modern digital pressure sensors for use in the thermal system of an urban.

**Keywords:** Digital sensors, information pressure sensors.

Информационная система Promodem Logger построена на базе автономных логгеров Promodem. Внедрение датчиков и логгеров в городское хозяйство происходит путем установки этих устройств в соответствующие системы и инфраструктуру. Датчики могут быть установлены на отопительных и вентиляционных системах, газовых и водопроводных сетях, а также на инженерных сооружениях, таких как мосты и тоннели. Логгеры, в свою очередь, могут быть использованы для сбора и анализа данных, полученных от датчиков.

Для внедрения датчиков и логгеров в городское хозяйство необходимо провести анализ потребностей и разработать план установки этих устройств. Затем следует выбрать подходящие датчики и логгеры, установить их в соответствии с техническими требованиями и провести настройку для сбора необходимой информации.

Важным этапом является также обучение персонала по работе с новыми системами и устройствами, а также разработка процедур мониторинга и реагирования на полученные данные. После внедрения датчиков и логгеров необходимо проводить регулярное обслуживание и техническое обследование для обеспечения их надежной работы.

Логгеры Promodem обладают возможностью передачи данных через беспроводные сети, что позволяет оперативно получать информацию о работе системы теплоснабжения в реальном времени. Это упрощает процесс мониторинга и управления системой, а также позволяет проводить дистанционное управление без необходимости постоянного присутствия специалистов на объекте.

Область применения: водоканалы, тепловые компании, управляющие компании.

Таким образом, внедрение Promodem Logger в городское хозяйство позволит повысить эффективность управления теплоснабжением, сократить расходы на обслуживание системы и повысить надежность работы. Это в свою очередь способствует улучшению качества жизни горожан и обеспечению более комфортных условий проживания.

## Источники

1. Чуприков К.К., Яманов А.Д. Облачная система диспетчеризации Promodem Cloud для сбора показаний с узлов учета и контроля расхода, давления, температуры с помощью автономных NB-IoT/GSM/LTE/Wi-Fi-логгеров и датчиков PROMODEM // ИСУП. 2022. № 1 (97). С. 75–80.

2.Чуприков К.К., Яманов А.Д. Диспетчеризация расхода, давления, температуры на узлах учета и контроля Promodem в сетях водоснабжения и газораспределения, тепловых камерах, нефтепроводах и скважинах // ИСУП. 2020. № 6 (90). С. 7–15.

УДК 338

# ЦИФРОВИЗАЦИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ: СМАРТ-СЕТИ И УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ

Карипов Рамис Мисхатович[1], Артамонова Екатерина Валерьевна[2]
[1,2]КГЭУ, г. Казань
[1]ramis.karipov@mail.ru, [2]energo515@mail.ru

Цифровизация играет ключевую роль в современной энергетике, способствуя развитию интеллектуальных сетей (смарт-сетей) и эффективному управлению энергопотреблением. Эта статья исследует влияние цифровизации на энергетическую отрасль, рассматривая смарт-сети как технологический тренд и их воздействие на управление энергопотреблением. Мы также анализируем преимущества и вызовы, связанные с внедрением смарт-сетей и развитием систем управления энергопотреблением.

**Ключевые слова** цифровизация, энергетика, смарт-сети, управление энергопотреблением, устойчивость энергосистем, интеллектуальные сети.

# DIGITALIZATION IN THE ENERGY SECTOR: SMART GRIDS AND ENERGY CONSUMPTION MANAGEMENT

Karipov Ramis Miskhatovich[1], Artamonova Ekaterina Valerievna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan,
[1]ramis.karipov@mail.ru, [2]energo515@mail.ru

Digitalization plays a pivotal role in modern energy, promoting the development of smart grids and efficient energy consumption management. This article explores the impact of digitalization on the energy sector, examining smart grids as a technological trend and their influence on energy consumption management. We also analyze the benefits and challenges associated with the implementation of smart grids and the advancement of energy consumption management systems.

**Keywords**: digitalization, energy, smart grids, energy consumption management, energy system resilience, smart networks.

Цифровизация в энергетическом секторе проходит через значительное развитие, преобразуя традиционные энергетические системы в умные и более эффективные смарт-сети. Эта эволюция приносит важные изменения в управлении потреблением энергии и оказывает существенное воздействие на энергетическую индустрию и общество в целом.

В настоящее время цифровизация в энергетическом секторе несет существенные положительные последствия. Одним из ключевых преимуществ смарт-сетей является их способность собирать и анализировать

огромные объемы данных о потреблении и производстве электроэнергии [1]. Эти данные предоставляют операторам сетей и энергетическим компаниям ценную информацию о состоянии сетей и потребительском спросе. Согласно исследованию *McKinsey*, использование аналитики данных в энергетическом секторе может снизить потребление энергии на 10 % [2]. Это приводит к более эффективному использованию ресурсов и снижению затрат на производство и распределение электроэнергии.

Смарт-сети также позволяют более активное управление потреблением энергии. Это включает в себя внедрение динамической ценообразования, при котором тарифы на электроэнергию меняются в зависимости от времени суток и спроса. Исследования, проведенные *Electric Power Research Institute* (*EPRI*), показали, что внедрение динамической ценообразования может смягчить пиковую нагрузку в периоды повышенного спроса, что критически важно для предотвращения перегрузок и сбоев в сетях [3].

Кроме того, смарт-сети способствуют интеграции возобновляемых источников энергии. Солнечная и ветровая энергия становятся все более важными компонентами мирового энергетического ландшафта. Однако эти источники энергии обладают переменной природой, что может создавать нестабильность в сетях. Смарт-сети обеспечивают интеграцию и управление разнообразными источниками энергии, чтобы гарантировать бесперебойное и надежное энергоснабжение [4].

Тем не менее, важно не забывать о вызовах, с которыми сталкивается цифровизация в энергетическом секторе. Кибербезопасность становится ключевым аспектом, поскольку смарт-сети уязвимы к кибератакам. Исследование *World Energy Council* показывает, что кибератаки на энергетические системы становятся все более частыми и могут привести к серьезным последствиям [5].

В заключение, цифровизация в энергетическом секторе представляет собой решающий шаг к более эффективному, надежному и интеллектуальному управлению потреблением энергии. Тем не менее, это также требует внимания к вопросам безопасности данных и конфиденциальности. При правильном балансе и инновациях смарт-сети могут стать ключевым элементом будущей энергетической системы, способствуя устойчивому развитию и экономическому росту.

## Источники

1. Нестулаева Д.Р., Тамилин П.О. Единая энергетическая система России: прошлое и настоящее // Вестник экономики, права и социологии. 2018. № 1. С. 267–270.

2. Шлычков В.В. Об отдельных аспектах процесса цифровизации и определении понятия «цифровая экономика» // Вестник экономики, права и социологии. 2018. № 4. С. 95–99.

3. Рекомендации Комитета Государственной Думы по энергетике на тему «Законодательное обеспечение развитие цифровой энергетики в России» [Электронный ресурс]. URL: http://komitet2-13.km.duma.gov.ru/Rabota/Rekomendacii-po-itogammeropriyatij/item/16637855/ (дата обращения: 21.10.2023).

4. The Future of Electricity. New Technologies Transforming the Grid Edge [Электронный ресурс]. URL: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Electricity_2017.pdf (дата обращения: 21.10.2023).

5. Цифровизация энергетики [Электронный ресурс]. URL: https://in.minenergo.gov.ru/energynet/docs/Цифровая%20энергетика.pdf

УДК: 681.5

# ОПИСАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ОТОПИТЕЛЬНОЙ ГАЗОВОЙ КОТЕЛЬНОЙ

Крылов Григорий Александрович[1], Старостина Ярослава Константиновна[2],
Гаврилова Светлана Владимировна[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «УлГТУ», г. Ульяновск
[1]krgrwork@mail.ru, [2]yaroslava.starostina@bk.ru, [3]s.gavrilova.1990@mail.ru

В статье предложена модифицированная система автоматического управления отопительной газовой котельной. Приводятся ключевые решения по автоматизации, структуре системы, выбору средств автоматизации. Основной особенностью системы является применение свободно программируемых устройств и аппаратов регулирования российского производства. Отопительная котельная, при внедрении подобной системы обеспечит низкий расход газового топлива, электроэнергии, снизит трудозатраты на обслуживание.

**Ключевые слова:** Отопительная котельная, программируемый логический контроллер, автоматическое управление, регулирование соотношения «газ – воздух», горелочное устройство, водогрейный котел.

# DESCRIPTION OF THE MODIFIED AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF THE HEATING GAS BOILER HOUSE

Krylov Grigory Alexandrovich[1], Starostina Yaroslav Konstantinovna[2],
Gavrilova Svetlana Vladimirovna[3]
[1,2,3] ULSTU, Ulyanovsk
[1]krgrwork@mail.ru, [2]yaroslava.starostina@bk.ru, [3]s.gavrilova.1990@mail.ru

The article proposes a modified automatic control system for a heating gas boiler house. The key decisions on automation, system structure, and choice of automation tools are given. The main feature of the system is the use of freely programmable devices and control devices of Russian production. A heating boiler house, with the introduction of such a system, will ensure low consumption of gas fuel, electricity, and reduce labor costs for maintenance.

**Keywords:** Heating boiler house, programmable logic controller, regulation of the gas-air ratio, burner device, hot water boiler.

В связи с текущей ситуацией, связанной с ограничением поставок зарубежного оборудования для автоматизации, большую значимость, при разработке систем автоматического управления имеет применение средств автоматизации отечественных производителей. В настоящее время наблюдается тенденция роста числа индивидуальных котельных, включающие установки тепловой мощностью менее 1,5 МВт [1].

Автоматизация таких теплогенерирующих установок одно из приоритетных направлений в отрасли. Задачи, решаемые описанной системой автоматизации следующие:

1) погодозависимое регулирование температуры подачи двух водогрейных котлов ТТ-100 тепловой мощностью 1 МВт каждый [2];

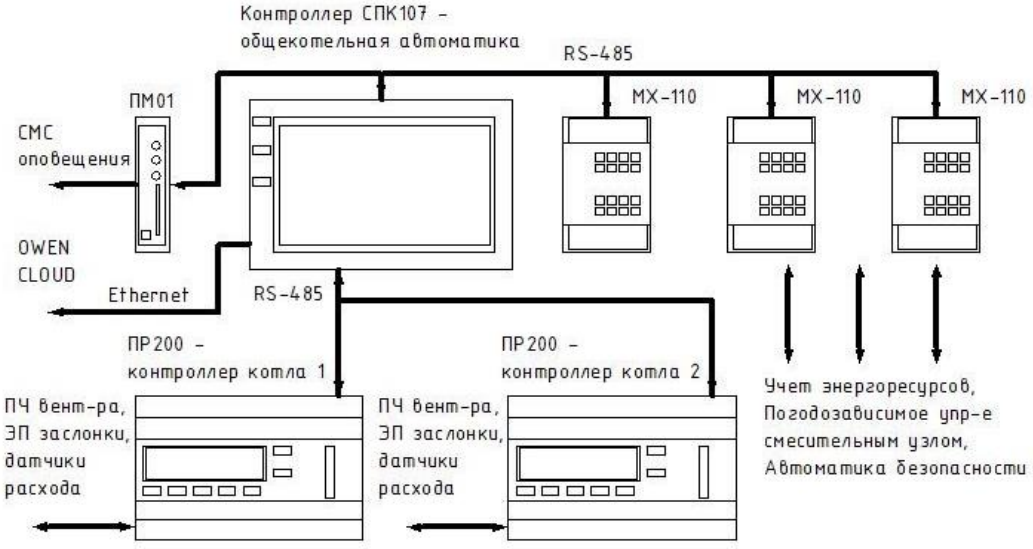
2) погодозависимое регулирование температуры контура отопления и ГВС в составе автоматики смесительного узла котельной;

3) поочередная работа котлов, теплообменных аппаратов, сетевых насосов по времени наработки;

4) регулирование соотношения газа и воздуха с применением кислородной коррекции расхода воздуха;

5) учет энергоресурсов, передача показаний газовых расходомеров, тепловых счетчиков на верхний уровень автоматизации (SCADA системы).

Возможность включения локального технологического процесса, в многоуровневую систему автоматизации промышленного предприятия на сегодняшний день является одной из наиболее приоритетных задач при разработке проектов автоматизации. Применение подобных технологий находится и в тепловой энергетике. [3] Система автоматизации строится с использованием свободно-программируемых устройств российской компании ОВЕН. Для увеличения быстродействия системы управление горелочными устройствами, а также считывание показаний датчиков осуществляется программируемыми реле ПР200-220.28.2.0 [4]. Управление автоматикой котельной осуществляется при помощи контроллера СПК 107, который также является панелью оператора [5]. Также контроллер осуществляет обмен данными с модулями расширения (см. рисунок).




Структура системы автоматизации

## Источники

1. Кикоть Е.А., Газизов Ф.Н. Выбор структуры тепловой генерации в городах РФ при актуализации схем теплоснабжения. // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 5. С. 71–82.

2. Котел водогрейный ТТ100 [Электронный ресурс]. URL: https://www.entroros.ru/produktsiya/kotly-vodogreynye/kotel-vodogreynyy-tt100/ (дата обращения: 05.10.2023).

3. Закирова И.Р., Хабиева И.Р., Вилданов Р.Р. Оптимизация отпуска тепловой и электрической энергии с внедрением автоматизированных систем // Вестник КГЭУ. 2018. № 4. С. 33–38.

4. ПР200 программируемое реле с дисплеем [Электронный ресурс]. URL: https://owen.ru/product/pr200 (дата обращения: 05.10.2023).

5. СПК1xx сенсорные панельные контроллеры с Ethernet [Электронный ресурс]. URL: https://owen.ru/product/spk1xx (дата обращения: 05.10.2023).

УДК 622.276

# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ НЕФТИ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

Ксенофонтов Родион Александрович[1], Харитонов Кирилл Юрьевич[2],
Артамонова Екатерина Валерьевна[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2,3]nedegradant@mail.ru

В статье рассматривается решение проблемы повышения эффективности демульгации нефтяной эмульсии. Исследуются эффекты применения гофрированных пластин с перегородками, ориентированными под углом 45°. Использование этих гофрированных пластин в осадительном баке улучшит эффективность разделения эмульсии и увеличит пропускную способность устройства. Это можно достичь путем создания волнообразного потока, который усиливает процессы флокуляции нефтяных капель и последующей коагуляции.

**Keywords:** водно-нефтяная эмульсия, осадительный бак, гофрированная пластина, демульгация**.**

# IMPROVING THE EFFICIENCY OF EXTRACTING OIL COMPONENTS FROM WASTEWATER

Ksenofontov Rodion Alexandrovich[1], Kharitonov Kirill Yur'evich[2],
Artamonova Ekaterina Valer'evna[3]
[1,2,3]KSPEU, Kazan
[1,2,3]nedegradant@mail.ru

The article discusses the solution to the problem of increasing the efficiency of oil emulsion de-mulching. The effects of the use of corrugated plates with partitions oriented at an angle of 45° are investigated. The use of these corrugated plates in the sedimentation tank will improve the efficiency of the separation of the emulsion and increase the throughput of the device. This can be achieved by creating a wave-like flow that enhances the processes of flocculation of oil droplets and subsequent coagulation.

**Keywords:** water-oil emulsion, settling tank, corrugated plate, demulsification**.**

An important task for oil refining and petrochemical companies is to improve the efficiency of water-in-oil emulsion demulsification. Currently, the most common method of oil production involves injecting water under pressure into the oil reservoir, which allows it to be displaced. As oil production progresses, the oil becomes increasingly watered down, with water content reaching up to 90 %. The extracted mixture of formation water and oil forms a difficult-to-separate water-in-oil emulsion. Dehydration of the water-in-oil emulsion is one of the crucial technological processes. Intensive mixing of formation

water and oil leads to the formation of stable water-in-oil emulsions, which complicate the further transportation and processing of the emulsion. An important characteristic of the emulsion is its dispersion, which indicates the degree of fragmentation of the dispersed phase within the dispersion medium. The droplet sizes of the oil dispersed phase in emulsions can vary: fine dispersion (0.2–20 μm), medium dispersion (20–50 μm), and coarse dispersion (50–300 μm).

The authors of the study proposed separation elements that consist of corrugated plates with a 45º orientation of the corrugation, which are inserted into the settler. The use of corrugated plates led to the hypothesis that their implementation in the settler would enhance the efficiency of water-in-oil emulsion separation and increase the throughput capacity of the device by intensifying the processes of droplet flocculation and subsequent coagulation. The intensification of these processes is caused by the formation of numerous vortices near the corrugations, which create a wave-like flow structure inside the settler, thereby increasing the occurrence of droplet collision and coalescence [1].

To test the adequacy of the hypothesis, a three-dimensional model of the settler with separation elements in the form of corrugated plates with a 45° orientation of the corrugations was created, and numerical simulation of the water-in-oil emulsion separation process in this device was conducted using the ANSYS Fluent software suite. The three-dimensional model of the settler with corrugated plates had the following geometric dimensions: height, width, and depth of the housing were 105 mm, 365 mm, and 20 mm respectively, the height and width of the water inlet area were 100 mm and 5 mm respectively, the height and width of the corrugated plates were 100 mm and 300 mm respectively, the diameter of the corrugations was 8 mm, the distance between two corrugated plates was 10 mm, and the height of the inter-section partition was 50 mm [2–4].

The conducted research has shown that the use of separation elements, which are corrugated plates with a 45º orientation of the corrugations, allows for enhanced separation efficiency of the water-in-oil emulsion into its constituent components by creating a wave-like flow structure and multiple vortices along the plate length. However, the characteristics of the vortices, such as their strength and size, contribute to both the increase and decrease in emulsion separation efficiency due to competing processes - stratification and mixing. The studies have revealed that the average separation efficiency of the water-in-oil emulsion is 73.7%. Furthermore, a peak range has been identified, corresponding to velocities ranging from 0.05 to 0.17 m/s, where the average separation efficiency reaches 77.7%. High efficiency is achieved in this range because the stratification processes prevail over mixing processes. At a flow velocity

of 0.11 m/s, close to this peak range, a maximum separation efficiency of at least 80% can be achieved regardless of the device size. The increase in separation efficiency averaged 3% for every 50 μm increase in the size of oil globules. Thus, the key factors influencing the change in separation efficiency of the water-in-oil emulsion into its constituent components are the flow velocity, as well as the size and density of the oil globules.

## Источники

1. Investigation of the demulsification process of oil-water emulsion in a settler with corrugated plates / V.E. Zinurov [et al.] // Вестник технологического университета. 2020. Т. 23, № 7. С. 61–64.

2. Zinurov V.E., Galimova A.R. Improving the efficiency of separation of oil-water emulsion in a horizontal settler // Proc. of the IV International Scientific-Practical Conference “Bulatov Reading” in 5 Vol. Krasnodar, 2020. Vol. 5. Pp. 94–96.

3. Simulation of the separation process of oil-water emulsion in a rectangular separator / A.V. Dmitriev [et al.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2018. Т. 3, № 39. С. 65–71.

4. Intensification of wastewater treatment from petroleum products in settling tanks / V.E. Zinurov [et al.] // Вестник технологического университета. 2020. Т. 23, № 6. С. 64–67.

УДК 004.032.26

# ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГА

Кудряшов Максим Витальевич[1], Артамонова Екатерина Валерьевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]nedegradant@mail.ru

В статье рассматривается принцип работы искусственных нейронных сетей, прогнозирование аварий и нагрузок, диагностика отказов, распределение нагрузки на промышленном предприятии.

**Ключевые слова:** нейронные сети, промышленное предприятие, предиктивная аналитика**.**

# THE USE OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR PREDICTIVE ANALYTICS OF THE STATE OF ELECTRICAL EQUIPMENT ACCORDING TO MONITORING DATA

Kudryashov Maksim Vital'evich[1], Artamonova Ekaterina Valer'evna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1,2]nedegradant@mail.ru

The article discusses the principle of operation of artificial neural networks, forecasting of accidents and loads, diagnostics of failures, load distribution at an industrial enterprise.

**Keywords:** neural networks, industrial enterprise, predictive analytics.

Предиктивная аналитика мониторинга электрооборудования – это комплексная система сбора, анализа и использования данных, которая позволяет прогнозировать возможную поломку или отказ оборудования на основе накопленной статистики. Данная система используется для предварительного обнаружения отказов оборудования, прогнозирования времени его жизни, увеличения эффективности системы мониторинга и снижения затрат на техническое обслуживание.

Основным принципом оптимизации распределения нагрузки с использованием нейронных сетей является анализ и прогнозирование нагрузки на цифровой подстанции на основе исторических данных. Данные собираются с датчиков и отправляются в систему обработки данных. На основе этой информации, нейронная сеть обучается находить связи между факторами, влияющими на нагрузку (время суток, день недели, погода и др.), и использует эти связи для прогнозирования будущей нагрузки на подстанцию. С помощью прогноза нагрузки, система оптимизации может определить, каким образом лучше распределить нагрузку на различные электроприводы и генераторы для обеспечения стабильной работы системы

и ресурсосбережения. Например, система может принимать решения о запуске дополнительных генераторов или увеличении мощности на существующих электроприводах для обеспечения ожидаемой нагрузки на подстанции.

Выявление неисправностей начинается с определения места короткого замыкания, его характеристик и сравнения с допустимым диапазоном напряжения. Для этого проводится анализ профилей напряжения на шинах за небольшой промежуток времени. Эта процедура может быть передана на распознавание образов на профилях, что делает ее отличным примером для применения нейросетей.

Так как ЭС огромного масштаба, использование нейросетевого анализа для выявления отказов требует значительных вычислительных мощностей. Но с развитием технологий глубокого обучения и аппаратной базы, появились перспективы его практического применения. Например, сверточные нейросети и автокодировщики могут использоваться для автоматической диагностики отказов и аварий. Кроме того, получение множества обучающих примеров для этих сетей может быть обеспечено путем имитационного моделирования в программах-симуляторах промышленного уровня готовности, таких как Siemens PSS/E. Высокая скорость работы такой нейросети позволяет перейти к превентивному анализу состояния до возникновения аварии и определить меры по ее предотвращению. Кроме того, используя нейросети, решаются задачи типа верификации, дезагрегации интегральных профилей потребления на профили отдельных электроприемников и другие.

Одним из самых перспективных вариантов применения нейросетей является прогнозирование структурных катастроф ЭС. Они возникают из-за каскадных разрушений взаимосвязей между элементами, а не от отказов отдельных элементов. Это делает прогнозирование таких катастроф сложным из-за большого числа разноплановых влияющих факторов и негладкого разрывного характера моделируемых зависимостей. Поэтому для их прогнозирования можно использовать нейросети с обучением без учителя.

Таким образом, применение нейросетей для диагностики ЭС является перспективным направлением, которое поможет повысить достоверность прогнозирования структурных катастроф, предотвратить возникновение аварий и эффективно управлять системой электроснабжения.

Для того, чтобы прогнозировать аварии на цифровых подстанциях, могут быть использованы различные типы нейронных сетей, такие как рекуррентные нейронные сети, сверточные нейронные сети, глубокие нейронные сети и т.д.

Для создания модели прогнозирования аварий на цифровых подстанциях с использованием нейронных сетей, необходимо собрать данные о параметрах оборудования и общих условиях работы подстанций.

Эти данные обычно собираются и хранятся в базе данных, и могут включать параметры, такие как температура, давление, силу тока, вибрацию и другие параметры, которые могут влиять на работу оборудования.

Для обучения нейронной сети, данные разбиваются на две группы: обучающие данные и тестовые данные. Обучающая выборка содержит данные об оборудовании и условиях, которые были собраны ранее, и используется для обучения нейронной сети. Тестовая выборка содержит данные, которые нейронная сеть ещё не видела, и используется для проверки точности прогнозирования.

После обработки данных, нейронная сеть проходит тренировку, в которой она учится распознавать сигналы, которые указывают на возможные аварии на цифровых подстанциях. В процессе обучения нейронная сеть пытается выделить наиболее важные признаки из данных, которые связаны с возможными проблемами на цифровых подстанциях.

Когда обучение закончено, модель прогнозирования аварии на цифровых подстанциях готова к использованию. Для прогнозирования возможной аварии, нейронная сеть анализирует показатели оборудования и общие условия на подстанции в режиме реального времени. Если система замечает, что параметры работают не оптимально, или происходит что-то необычное, она предупреждает операторов о возможной аварии на цифровой подстанции.

В итоге, использование нейронных сетей для прогнозирования аварий на цифровых подстанциях помогает улучшить безопасность и надёжность работы энергообъектов, избежать возможные потери энергии и денег, и уменьшить риски возникновения аварий.

## Источники

1. Как предиктивную аналитику уже сегодня применяют в промышленности и энергетике [Электронный ресурс]. URL: https://cloud.vk.com/blog/prediktivnaya-analitika-v-promyshlennosti-i-energetike (дата обращения: 12.10.2023).

2. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2006. 68 с.

3. Малёв Н.А., Погодицкий О.В., Цветков А.Н. Синтез и реализация цифрового регулятора высокого порядка на программируемом логическом контроллере // Тр. IX Междунар. (XX Всерос.) конф. по автоматизированному электроприводу АЭП – 2016. Пермь, 2016. С. 187–190.

4. Кудряшов М.В. Электроснабжение ПАО «Нижнекамскнефтехим». Казань, 2023. С. 76–82.

УДК 621.315

# РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ДЛЯ ПЛАТЫ МОДУЛЯ ЦИФРОВОЙ ИНДИКАЦИИ

Кузеев Дамир Радифович[1], Якупов Нияз Маратович[2],
Галиева Татьяна Геннадьевна[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]kuzeev05@mail.ru, [2]janijaz@yandex.ru

В настоящее время количество контролируемых параметров технологических процессов в промышленном производстве становится всё больше и больше, в связи с чем и возникает необходимость в создании централизованных систем контроля. С их помощью можно было бы быстро провести обследование состояния контролируемых величин. Решением данной задачи являются модули цифровой индикации. В данной статье рассматриваются данные по разработке схемы для платы модуля цифровой индикации.

**Ключевые слова:** устройства цифровой индикации, разработка, оборудование, световые индикаторы, проектирование, модуль

# DEVELOPMENT OF A CIRCUIT FOR A DIGITAL INDICATION MODULE BOARD

Kuzeev Damir Radifovich[1], Yakupov Niyaz Maratovich[2],
Galieva Tatiana Gennadievna[3]
[1,2,3]KSPEU, Kazan
[1]kuzeev05@mail.ru, [2]janijaz@yandex.ru

Currently, the number of controlled parameters of technological processes in industrial production is becoming more and more, and therefore there is a need to create centralized control systems. With their help, it would be possible to quickly conduct a survey of the condition of the controlled quantities. The solution to this problem is the digital display modules. This article discusses data on the development of a circuit for a digital display module board.

**Keywords:** digital display devices, development, equipment, light indicators, design, module

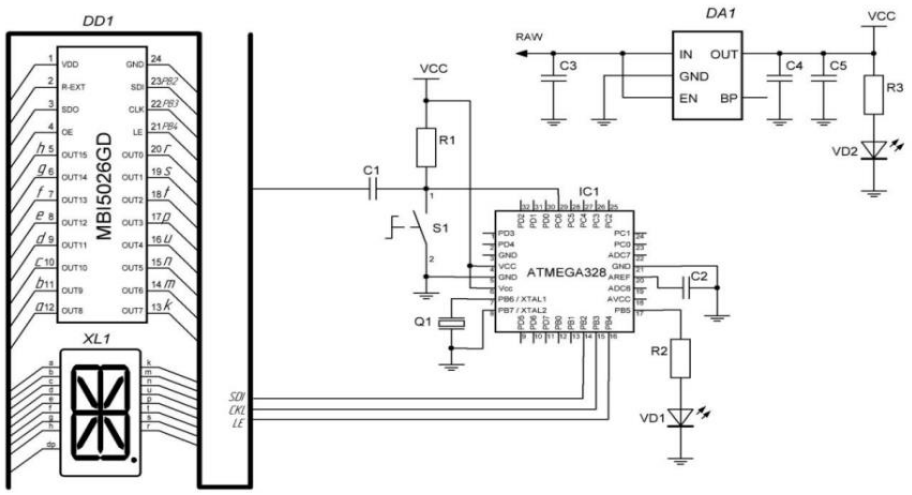
В настоящее время большое количество приборов часто отображают информацию в цифровом виде. Вид индикации сильно влияет на восприятие человеком. Поэтому для более точного восприятия используют цифровые индикаторы сегментного типа. Скорее всего это связано с конструктивной простотой таких индикаторов и хорошей контрастностью. Также одним из несомненных преимуществ этих показателей является широкий диапазон рабочих температур [1]. Системы отображения цифровой информации являются важным элементом многих электронных устройств, таких

как цифровые часы, мобильные телефоны и мониторы компьютеров. Эти устройства основаны на сегментных индикаторах. Они бывают разных видов, например: семи, восьми, четырнадцати, шестнадцатисегментные. В данной статье рассматривается 16-сегментный индикатор, так как он даёт больше пространства для маневра [2].

Данные светодиодные индикаторы и их различные виды могут быть использованы в зависимости от желаемых характеристик и особенностей определенной задачи. Для того чтобы индикатор выводил какую-либо информацию, нужно с помощью контрольной микросхемы подать ток на общие выводы всех разрядов. Следовательно, для того чтобы получить десятизначный экран калькулятора, нужно задействовать всего 18 выводов, то есть 8 анодов и 10 катодов. Современные однокристальные микроконтроллеры, которые оснащены интерфейсом ввода-вывода, подключают 16-сегментные светодиодные индикаторы прямо к своим выходным контактам без использования каких либо дополнительных микросхем [3].

Для того, чтобы не использовать все 18 выводов микроконтроллера лучше будет использовать сдвиговый регистр. Сдвиговый регистр представляет собой устройство, которое состоит из нескольких последовательно соединённых триггеров. Главный режим работы заключается в следующем: при каждой подаче импульса тактового сигнала происходит сдвиг разрядов кода с одного импульсного устройства на другой [4]. Следовательно, возможно более эффективное и экономичное решение для вывода данных на дисплей.

В данной статье рассматривается микроконтроллер ATmega328P. Электрическая принципиальная схема данного микроконтроллера представлена на рисунке. Основные составляющие данной схемы: драйвер, микроконтроллер и стабилизатор также представлены на данном рисунке.




Электрическая принципиальная схема микроконтроллера ATmega328P

16-сегментные индикаторы контролируются с помощью сдвиговых регистров через последовательный интерфейс передачи данных. Далее рассмотрим как работает вывод информации. Когда на входе последовательный интерфейс передачи данных устанавливает требуемый логический уровень, то по положительному скачку тактового сигнала содержимое сдвигового регистра смещается на один разряд, а нулевой разряд регистра, сохраняет логический уровень, установленный на входе. При смещении крайний разряд сдвигового регистра не стирается, а сохраняется во внутреннем импульсном устройстве и передается на вывод устройства, который предназначен для каскадного разбиения сдвигового регистра. Для того, чтобы записать один байт данных, нужно проделать описанную выше последовательность 16 раз [5].

Таким образом можно сделать вывод о том, что нереально представить современную деятельность человека, где не используются модули цифровой индикации. Данные модули широко применяются в цифровой технике. Именно с их помощью мы сможем осуществлять контроль параметров технологических процессов и быстрый опрос состояния контролируемых величин в промышленном производстве.

## Источники

1. Индикатор цифровой сегментный с параллельным отображением знаков: пат. 2311692 Рос. Федерация № 2005138441/09; заявл. 09.12.2005; опубл. 27.11.2007, Бюл. № 33.

2. Патраль А.В. Индикатор сегментный четырехпозиционный // Наука, техника и образование. 2015. № 2 (8). С. 30–43.

3.Колесникова Т. Проектирование схем электрических принципиальных с использованием 7-сегментных индикаторов и LCD-дисплеев в программной среде Multisim 14.0. Часть 3 // Компоненты и технологии. 2017. № 12. С. 116–126.

4. Сдвиговый регистр: а. с. 1624528 СССР № 3600096; заявл. 01.06.1983; опубл. 30.01.1991, Бюл. № 4.

5. Водовозов А.М. Микроконтроллеры для систем автоматики: учеб. пособие. М.: ООО «Издательство «Инфра-Инженерия», 2016. 164 с.

УДК 621-313.3

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАГРУЗКИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Кузин Станислав Сергеевич[1], Тумаева Елена Викторовна[2]
[1,2]НХТИ ФГБОУ ВО “КНИТУ”, г. Нижнекамск
[1]stanislav_kuzin@mail.ru, [2]e.tumaeva@mail.ru

В работе рассматривается способ экспериментального определения коэффициента загрузки асинхронных двигателей по току статора. Представлено сравнение предложенного способа со способом определения коэффициента загрузки по мощности. Определен диапазон работы двигателя, при котором коэффициенты загрузки по току и мощности равны.

**Ключевые слова:** коэффициент загрузки асинхронных двигателей, эффективность электропотребления, энергосбережение, асинхронный двигатель, ток нагрузки, активная мощность.

# DETERMINATION OF THE LOAD FACTOR OF ASYNCHRONOUS MOTORS WITH AN INCREASE IN THE EFFICIENCY OF ELECTRICAL POWER CONSUMPTION OF THE ELECTRICAL COMPLEX

Kuzin Stanislav Sergeevich[1], Tumaeva Elena Viktorovna[2]
[1,2]NHTI FGBOU VO “KNITU”, Nizhnekamsk
[1]stanislav_kuzin@mail.ru, [2]e.tumaeva@mail.ru

The paper considers a method for experimentally determining the load factor of asynchronous motors by stator current. A comparison of the proposed method with the method of determining the load factor by power is presented. The range of engine operation is determined, at which the load coefficients of current and power are equal.

**Keywords:** load factor of asynchronous motors, power consumption efficiency, energy saving, asynchronous motor, load current, active power.

В современных условиях одной из актуальных задач, стоящих перед энергетиками, является задача повышения эффективности электропотребления существующих электротехнических комплексов (ЭТК), при решении которой, часто необходимо знать коэффициент загрузки асинхронных двигателей (АД) по мощности. Согласно теории электрических машин, коэффициент загрузки АД принято определять, как отношение потребляемой активной мощности (АМ) машины к номинальной:

$$K_з^P = P_{факт} / P_{ном} . \quad (1)$$

На практике не всегда имеются в наличии приборы, позволяющие определять фактическую потребляемую АД мощность, которая, согласно формуле (1), необходима для определения коэффициента загрузки машин.

Таким образом, возникает необходимость определить коэффициент загрузки АД другим способом, например, по току статора. Известно [1, 3], что коэффициент загрузки АД по току $K_з^I = I_{факт} / I_{ном}$ совпадает с коэффициентом загрузки по АМ (1) до определенных пределов, что подтверждают экспериментальные данные, снятые авторами лично, с терминалов LTMCU реального производственного объекта (см. рисунок и таблицу).




Фактические показания токовой нагрузки




Фактические показания нагрузки по активной мощности

Снимок терминала оператора LTMCU (АД марки M3KP280SMB2)

Искомые параметры $P_{факт}$ (кВт) и $I_{факт}$ (А) были сняты с помощью панелей оператора LTMCU с 15 АД различной мощности и частоты вращения.

Сравнение методов определения коэффициента загрузки

| № | Тип АД | Рн, кВт | η, о.е. | Рн.э, кВт | Рф, кВт | Iн, А | Iф, А | Кз (Рф/Рн) | Кз (Iф/Iн) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | M3JP280SMC2 | 110 | 0,95 | 116,2 | 106,7 | 196 | 176 | 0,92 | 0,90 |
| 2 | M3KP280SMB2 | 90 | 0,95 | 94,7 | 81,9 | 160 | 134,4 | 0,86 | 0,84 |
| 3 | M3KP280SMA2 | 75 | 0,94 | 79,7 | 65,3 | 137 | 108 | 0,82 | 0,79 |
| 4 | ВАСО5Л-22-14 | 22 | 0,9 | 24,4 | 19,8 | 48 | 40,15 | 0,81 | 0,84 |
| 5 | ВА250М2 | 90 | 0,91 | 98,9 | 76,5 | 162 | 121,6 | 0,77 | 0,75 |
| 6 | M3KP315SMC4 | 160 | 0,96 | 167,2 | 110,4 | 300 | 208 | 0,66 | 0,69 |
| 7 | M3KP280SMA2 | 75 | 0,94 | 79,7 | 46,5 | 137 | 78,4 | 0,58 | 0,57 |
| 8 | M3JP225SMB2 | 45 | 0,93 | 48,4 | 26,6 | 82,5 | 48,8 | 0,55 | 0,59 |
| 9 | M3JP160MLB2 | 15 | 0,91 | 16,6 | 8,7 | 27,8 | 16,2 | 0,53 | 0,58 |
| 10 | ВАСО5Л-30-14 | 30 | 0,91 | 33,1 | 18 | 64 | 38,8 | 0,54 | 0,61 |
| 11 | ВАСО5Л-30-14 | 30 | 0,91 | 33,1 | 17,4 | 64 | 37,1 | 0,52 | 0,58 |
| 12 | M3JP225SMC4 | 55 | 0,94 | 58,8 | 30,3 | 99 | 55,2 | 0,52 | 0,56 |
| 13 | M3JP180MLB2 | 30 | 0,92 | 32,5 | 16,5 | 55 | 30 | 0,51 | 0,55 |
| 14 | W22XdB | 7,5 | 0,86 | 8,7 | 4,1 | 15,1 | 9,14 | 0,47 | 0,61 |
| 15 | АС35г112М4 | 4 | 0,87 | 4,6 | 1,4 | 9,3 | 5,78 | 0,30 | 0,62 |

Из таблицы видно, что при загрузке АД более 50 % сравниваемые коэффициенты загрузки по току и мощности отличаются друг от друга на 2÷3 %, что допустимо и считается статистической погрешностью, возникшей вследствие колебаний параметров питающей сети и отсутствии возможности одновременного снятия эксплуатационных параметров с АД. При снижении активной нагрузки менее 50 % расхождение становятся значительным. Так как при коэффициенте загрузки по АМ менее 50 % $K_з^P \leq 0{,}5$ ток нагрузки становится нелинейным, так как присутствует реактивная мощность намагничивания, независящая от нагрузки двигателя:

$$Q_\mu = \frac{I_X \cdot P_{\text{ном}}}{I_{\text{ном}} \cdot \eta_{\text{ном}} \cdot \cos\varphi_{\text{ном}}}.$$

Таким образом, определение коэффициента загрузки по току при решении задачи повышении эффективности электропотребления ЭТК может использоваться для определения коэффициента загрузки по мощности. При условии, что АД загружен более чем на 50 %, коэффициент загрузки по току равен коэффициенту загрузки по току.

## Источники


1. Красник В.В. Автоматические устройства по компенсации реактивной мощности в электросетях предприятий. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат., 1983. 136 с.

2. Тумаева Е.В., Кузин С.С. Минимизация потерь активной мощности в кабельных линиях электропередачи 0,4 кВ на предприятиях нефтехимии и нефтепереработки // Вестник Чувашского университета. 2019. № 1. С. 154–160.

3. Белявский Р.В. Анализ влияния коэффициента загрузки асинхронных двигателей на потребление реактивной мощности // Вестник КГТУ. 2010. № 6. С. 66–69.

4. Решение задачи оптимального распределения мощности индивидуальных компенсирующих устройств для группы асинхронных двигателей / Е.В. Тумаева [и др.] // Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2020. № 36. С. 175–192.

УДК 004.032.26

# РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТАЛЛОИСКАТЕЛЯ ДЛЯ ПОИСКА ПОДЗЕМНЫХ КАБЕЛЕЙ

Куличихин Данил Вячеславович[1], Мухаметгалеев Танир Хамитевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]danilkulichihin43@gmail.com, [2]banzay-13-13@yandex.ru

Данная статья рассматривает процесс разработки электронного металлоискателя для поиска подземных кабелей. В статье описываются изменения в схеме устройства и оптимизация его параметров для повышения чувствительности к определенным металлам. Разработка электронного металлоискателя имеет важное значение для облегчения работ, ремонта и предотвращения повреждений подземных кабелей.

**Ключевые слова:** металлоискатель, подземный кабель.

# DEVELOPMENT AND RESEARCH OF METAL DETECTOR ELEMENTS FOR UNDERGROUND CABLE SEARCH

Kulichikhin Danil Vyacheslavovich[1], Mukhametgaleev Tanir Khamitevich[2]
KSPEU, Kazan
[1]danilkulichihin43@gmail.com, [2]banzay-13-13@yandex.ru

This article examines the process of developing an electronic metal detector for searching underground cables. The article describes changes in the device's circuit and optimization of its parameters to increase sensitivity to certain metals. The development of an electronic metal detector is essential to facilitate work, repair and prevent damage to underground cables.

**Keywords:** metal detector, underground cable.

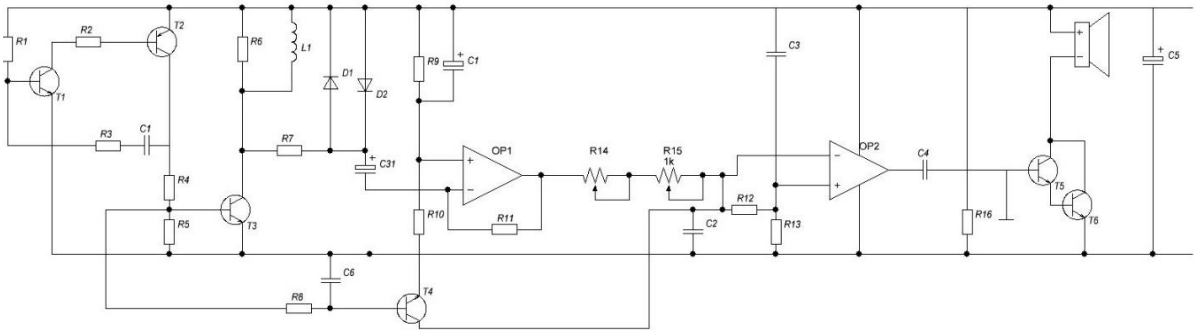
В современном мире металлоискатели приобрели огромную популярность и стали неотъемлемым атрибутом многих людей, занимающихся поиском сокровищ, раскопками и обнаружением подземных коммуникаций. Одним из основных направлений использования металлоискателей является поиск подземных кабелей. Диагностика силовых кабельных линий, определение мест их повреждения требует серьезного приборного обеспечения. В данной работе описываются методы поиска повреждения кабельной линии.

Металлоискатель – это устройство, функционирующее с применением магнитного поля с целью обнаружения металлических объектов под землей. Механизм его работы таков: катушка детектора создает магнитное поле вокруг себя, взаимодействующее с металлами в зоне воздействия. В итоге этого взаимодействия на катушке формируется электрический сигнал, усиливающийся и обрабатывающийся микропроцессором.

Существует несколько видов металлоискателей. Один из самых популярных – металлоискатель типа PI (*Pulse Induction*). Он использует принцип индукционного приема и отличается простотой конструкции и надежностью работы. Однако этот тип металлоискателей не очень чувствителен к тонким проводам, таким как кабели и провода.

Для обнаружения кабелей используются металлоискатели типа PIR (*Pulsed Induction Radiometer*).

Они обладают более высокой чувствительностью и позволяют обнаруживать даже тонкие провода на большой глубине. Кроме того, эти металлоискатели могут быть настроены на обнаружение определенных металлов, что позволяет находить кабели из алюминия, меди или стали. Выбор был сделан в пользу данного вида металлоискателя, функциональная схема которого изображена на рисунке ниже.




Функциональная схема

Модификация схемы металлоискателя включает в себя добавление дополнительных компонентов и изменение параметров основных элементов. Для обнаружения кабелей из алюминия и меди необходимо изменить катушки передатчика и приемника на более высокую частоту. Это достигается путем уменьшения числа витков в катушках и использования более толстого провода. В катушке передатчика используется меньшее количество витков по сравнению с базовой моделью PIRAT, а катушка приемника имеет большее количество витков для увеличения чувствительности.

Металлоискатели являются полезными инструментами для поиска металлических предметов, скрытых под землей. Они могут использоваться в различных областях, таких как археологические исследования, поиск сокровищ, и обнаружение скрытых коммуникаций, включая подземные кабели.

Разработка электронного детектора металлов для обнаружения подземных кабелей – сложная, но необходимая задача. Она позволяет упростить выполнение работ, ремонт и предотвратить повреждение подземных

кабелей. Необходимо учесть требования к прибору, спроектировать и собрать его, запрограммировать и настроить, а затем протестировать и улучшить. Разработка электронного детектора металла – это важный этап в обеспечении эффективной эксплуатации подземных кабелей.

## Источники

1. Щедрин А.И., Осипов И.Н. Металлоискатели для поиска кладов и реликвий. М.: Радио и связь; Горячая линия – Телеком, 2000. 192 с.

2. Хворов Е.А. Двухпороговый магнитный датчик для охранных систем повышенной надежности // Научная дискуссия: вопросы технических наук: сб. ст. по материалам XLVIII–XLIX Междунар. науч.-практ. конф. 2016. № 8 (38). С. 22–26.

3. Булгак Л.В., Осипов И.Н., Степанов А.Н. Современные электронные металлоискатели: справочник. М.: Родонит, 2003. 80 с.

4. Березанский Д.П. Металлодетекторы – обнаружители оружия. Обзор принципов действия [Электронный ресурс] // Специальная техника. 1998. № 4, 5. URL: https://www.vrsystems.ru/stati/metallodetektori__ obnarujiteli _orujiya_obzor_principov_deistviya.htm (дата обращения: 04.10.2023).

УДК 620.92

# РАЗВИТИЕ ЗЕЛЕНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ В ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНАХ НА ПРИМЕРЕ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Лесниченко Иван Николаевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
lesnichenkoivan@yandex.ru

Развитие возобновляемой энергетики является одним из стратегических направлений экомодернизации российского энергетического сектора, которое позволит не только снизить негативное воздействие отрасли на окружающую среду, но и обеспечить удаленным территориям стабильный доступ к электроэнергии. Целью настоящего исследования является оценка потенциала внедрения различных возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в энергетическом секторе Свердловской области – одного из крупнейших промышленных регионов России.

**Ключевые слова:** возобновляемая энергетика, развитие зеленой энергетики, энергетика, энергетический сектор.

# DEVELOPMENT OF GREEN ENERGY IN RUSSIA IN INDUSTRIAL REGIONS USING THE EXAMPLE OF THE SVERDLOVSK REGION

Lesnichenko Ivan Nikolaevich
KSPEU, Kazan
lesnichenkoivan@yandex.ru

The development of renewable energy is one of the strategic directions of eco-modernization of the Russian energy sector, which will not only reduce the negative impact of the industry on the environment, but also provide remote areas with stable access to electricity. The purpose of this study is to assess the potential for the introduction of various renewable energy sources (RES) in the energy sector of the Sverdlovsk region – one of the largest industrial regions of Russia.

**Keywords:** renewable energy, green energy development, energy, energy sector.

**Введение.** Топливно-энергетический комплекс Свердловской области в основном представлен объектами традиционной энергетики и характеризуется достаточно развитой инфраструктурой. Регион располагает ограниченным количеством топливно-энергетических ресурсов. На северо-востоке региона разведаны незначительные запасы нефти; кроме того, имеются залежи природного газа и большие запасы торфа (около 3 млрд т). Добыча угля в регионе практически приостановлена из-за его незначительных запасов.

Установленная мощность электростанций, принадлежащих региональной энергосистеме, в 2019 г. составила 10 567 МВт [1].

В структуре потребления топлива энергетическими объектами природный газ и уголь занимают 45,2 % и 36,4 % соответственно. Использование угля и природного газа в качестве топлива для производства электроэнергии приводит к образованию огромных выбросов вредных веществ в атмосферу.

**Анализ перспектив внедрения возобновляемых источников энергии в энергетическом секторе Свердловской области.** Ключевыми целями энергетического развития Свердловской области до 2024 г. являются достижение целевых показателей энергетического комфорта, достижение целевых показателей концепции экологической безопасности Свердловской области и увеличение доли малой генерации и возобновляемых источников энергии в структуре регионального производства энергии.

Основными проблемами энергетического сектора Свердловской области являются износ основных активов энергетической системы, значительное загрязнение окружающей среды энергетическими предприятиями и отсутствие стабильного доступа к электроэнергии в ряде населенных пунктов.

Свердловская область обладает потенциалом для развития малой генерации и возобновляемых источников энергии: климатические и географические условия подходят для использования малой гидроэнергетики и биоэнергетики. Солнечная энергия и энергия ветра также могут войти в энергетическую систему региона, но их использование во многом зависит от сезонности, что снижает их перспективы.

**Развитие малой гидроэнергетики.** Малая гидроэнергетика является наиболее перспективным направлением развития возобновляемой энергетики в Свердловской области. Речная сеть региона представлена 18 414 реками, большинство из которых относятся к ручьям и малым рекам. На территории региона расположено более 100 водохранилищ с объемом водных ресурсов свыше 1 млн $м^3$. Среднегодовой сток реки составляет 30,2 $м^2$/год. Показатели водных ресурсов, а именно площадь и количество водохранилищ, болот, водно-болотных угодий, характеризуются изменчивостью из-за высокой зависимости от природных и антропогенных факторов.

Установка крупных гидроэлектростанций в регионе невозможна из-за преобладания малых рек и ручьев в водной системе региона, но развитие малой гидроэнергетики возможно. В настоящее время рассматриваются перспективы установки мини-ГЭС мощностью более 1 МВт в трех населенных пунктах (Серов, Верхняя Тура, Каменск-Уральский) на существующих гидротехнических сооружениях.

Правительство Свердловской области оценивает общий гидрологический потенциал региона на уровне 300 МВт. Список гидротехнических сооружений с ожидаемым уровнем мощности более 1000 кВт состоит из 13 позиций, общая мощность которых составляет 31 301 кВт

Малая гидроэнергетика могла бы быть эффективной в производстве электроэнергии для небольших населенных пунктов и отдаленных территорий Свердловской области [2].

**Производство энергии из биомассы.** Биоэнергетика также является одним из ключевых направлений развития возобновляемых источников энергии в Свердловской области. В региональном агропромышленном комплексе животноводство занимало в 2019 г. более 60 % всей структуры. В список крупнейших животноводческих ферм региона входят три птицефабрики: совхозы «Уральский», «Богословский» и «Артинский».

Таким образом, ежедневная экономия от развития биоэнергетики может составлять около 1010 тонн условного топлива в день или 368 650 т у. т. в год. Потенциал использования биоэнергии в регионе составляет 75 МВт. Несмотря на высокий энергетический потенциал, производство энергии из биомассы остается невостребованной областью экомодернизации топливно-энергетического комплекса [3].

**Заключение.** Развитие зеленой энергетики является одним из приоритетных направлений развития энергетического сектора Свердловской области. Регион обладает наибольшим потенциалом в области гидроэнергетики и биоэнергетике, которые вместе могут производить до 500 МВт энергии.

## Источники

1. Марковская Н.Н., Тасеска-Георгиевска В.К., Поп-Иорданов П.И. SWOT-анализ национального энергетического сектора в целях устойчивого развития энергетики // Energy. 2009. № 2. С. 752–756.

2. Проскурякова Л.И., Ермоленко Г. . Будущее российского сектора возобновляемой энергетики: тенденции, сценарии и политика // Возобновляемая энергетика. 2019. № 3. С. 1670–1686.

3. Карамов Д.А. Автономные системы возобновляемой энергетики в России. Критический обзор текущей ситуации // Energy. 2020. № 2. С. 31–37.

УДК 621.34

# ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ *SPUTNIK VEMAX* ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Львова Татьяна Николаевна[1], Мухаметгалеев Танир Хамитевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]tn.lvova@yandex.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

Приводится обзор преобразователей частоты (ПЧ) *Vemax* компании *Sputnik* с широкими возможностями мониторинга и коммуникаций для управления электродвигателями (асинхронными и синхронными) в различных технологических процессах. Представлены основные особенности двух линеек преобразователей частоты: VFC300, VFC400.

**Ключевые слова:** преобразователь частоты, контроль и управление технологическими процессами, оптимизация энергопотребления, передовые технологии, асинхронные и синхронные двигатели.

# SPUTNIK VEMAX FREQUENCY CONVERTERS FOR PROCESS AUTOMATION

Lvova Tatiana Nikolaevna[1], Mukhametgaleev Tanir Khamitevich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]tn.lvova@yandex.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

An overview of Sputnik's Vimax frequency converters with extensive monitoring and communication capabilities for controlling electric motors (asynchronous and synchronous) in various technological processes is given. The main features of two lines of frequency converters are presented: VFC300, VFC400.

**Keywords:** frequency converter, control and management of technological processes, optimization of energy consumption, advanced technologies, asynchronous and synchronous motors.

Преобразователи частоты (ПЧ), ставшие неотъемлемой частью любого современного производства, выпускаются с применением самых передовых технологий. ПЧ способны не только управлять скоростью вращения электродвигателя, что подробно рассматривалось в проекте модернизации [1], но и защищать электропривод от преждевременного выхода из строя, обеспечивать необходимый контроль большого количества параметров в технологическом процессе любой сложности. В [2] современные насосы, регулируемые ПЧ, осуществляют циркуляцию воды для поддержания необходимого уровня содержания кислорода в рыбоводческом производстве. В большинстве применений преобразователи обеспечивают существенное снижение потребления электроэнергии.

В данной работе рассматриваются многофункциональные ПЧ *SPUTNIK Vemax*. Компания *SPUTNIK* занимается профессиональным производством электроприводов различного назначения (электромеханические приводы для противопожарных клапанов, для клапанов дымоудаления, приводы для вентиляционных заслонок, электроприводы во взрывозащищенной оболочке), преобразователей частоты и другого оборудования и устройств для обеспечения комфорта, безопасности и энергоэффективности в исследовательских лабораториях, на промышленных предприятиях, в общественном транспорте [3].

Многофункциональные ПЧ *SPUTNIK Vemax* являются оптимальными по соотношению цена-качество для использования в различных промышленных системах. Компанией выпускается серия ПЧ *Vemax* для широкого диапазона мощностей и напряжений с учетом их использования в различных сегментах рынка. В данной работе представлен обзор ПЧ для управления технологическими процессами.

Многофункциональные частотные преобразователи *Vemax* серии *VFC*300 специально разработаны для оборудования малой и средней мощности (до 11 кВт). Предназначены для нагрузки с постоянным моментом. В преобразователях используется современная технология скалярного управления *V/f*, имеется встроенный ПИД-регулятор, многоскоростное управление, программируемое управление работой, встроенная поддержка протокола *Modbus RTU* и другие передовые технологии. Компактная конструкция позволяет сократить занимаемое пространство при установке.

Отличительными собенностями серии *VFC*300 являются:

– высокая мощность при малых габаритах;

– высокий пусковой момент, адаптивность к различным нагрузкам;

– поддержка программируемого управления для сложных задач;

– высокая перегрузочная способность, минимальное время ускорения;

– встроенный ПИД-регулятор для управления по обратной связи;

– комплексные функции защиты, хорошая надежность.

В связи наличием широкого набора функций и превосходной производительности, многофункциональный ПЧ серии *VFC*300 подходит для решения задач, связанных с поддержанием постоянного давления воды, управления вентиляторами. Применяется для управления деревообрабатывающим, текстильным и пищевым оборудованием. Используется в автоматизированных производственных линиях при производстве керамики, в упаковочном оборудовании и т.д.

Серия *VFC*400 представляет собой общепромышленные векторные преобразователи частоты для управления электродвигателями номинальной мощностью до 700 кВт. Предназначены для работы как с постоянным,

так и с переменным моментом. Применяются в текстильном и бумажном производстве, в металлургии, химической промышленности, в управлении насосами и вентилятами, в производстве пластмасс и т. д.

Преобразователи частоты серии *VFC*400 включают передовую технологию векторного управления потоком и имеют 4 режима управления: скалярное *V*/*F*, скалярное *V*/*F* улучшенное, скалярное *V*/*F* раздельное, векторное. Имеют высокий выходной крутящий момент на всем диапазоне частот, быстрый отклик, идеальную адаптируемость к нагрузке, высокую точность управления скоростью. Отличные возможности управления током и возможности поволнового ограничения тока. Всё это в сочетании с хорошей надежностью обеспечивает соответствие самым высоким требованиям.

Имеющиеся на российском рынке ПЧ могут успешно применяться для автоматизации технологических процессов.

## Источники

1. Исматов Э.Б., Мухаметгалеев Т.Х, Львова Т.Н. Модернизация электропривода планетарного бетоносмесителя принудительного действия // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VII Нац. науч.-практ. конф.: в 2 т. Казань, 2021. Т. 1. С. 169–171.

2. Мухаметшин С.М., Львова Т.Н. Применение амперометрического метода определения кислорода в воде // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VIII Нац. науч.-практ. конф.: в 2 т. Казань, 2022. Т. 1. С. 75–78.

3. Privod Sputnik [Электронный ресурс]. URL: https://sputnik.nt-rt.ru/price/catalog/1128839 (дата обращения: 01.11.2023).

УДК 621

# УПРАВЛЕНИЕ РЕКУПЕРАТИВНЫМ ТОРМОЖЕНИЕМ В ЭЛЕКТРОМОБИЛЯХ

Одозиободо Ифеаньи Бернард[1], Мухаметгалеев Танир Хамитевич[2]
[1]ФГБОУ ВО «КНИТУ», [2]ФГБОУВО «КГЭУ», г. Казань
[1]iodoziobodo@gmail.com, [2]banzay-13-13@yandex.ru

Исследуется преобразующее воздействие систем рекуперативного торможения на электромобили, раскрывая механизм, лежащий в основе повышения эффективности. В краткой статье рассматриваются основные принципы рекуперативного торможения, в соответствии с которыми энергия торможения изобретательно преобразуется в электрическую энергию, накапливается и впоследствии используется для увеличения дальности движения.

**Ключевые слова:** системы рекуперативного торможения, электромобили, эффективность транспортных средств, восстановление заряда батареи.

# REGENERATIVE BRAKING SYSTEMS IN ELECTRIC VEHICLES

Odoziobodo Ifeanyi Bernard[1], Mukhametgaleev Tanir Khamitevich[2]
[1]KNRTU, [2]KSPEU, Kazan
[1]iodoziobodo@gmail.com

Explore the transformative impact of regenerative braking systems on electric vehicles, uncovering the mechanism behind enhanced efficiency. This concise article delves into the core principles of RBS, where braking energy is ingeniously converted into electrical power, stored, and subsequently utilized to extend driving ranges.

**Keywords:**Regenerative braking systems, Electric vehicles, vehicle efficiency, battery recovery.

На постоянно развивающемся рынке электромобилей (EVS) RBS выделяется как новаторская технология, изменяющая эффективность и экологичность современного транспорта. В отличие от традиционных автомобилей с двигателем внутреннего сгорания (ICE), электромобили, оснащенные RBS, не только переосмысливают концепцию торможения, но и решают важнейшие вопросы энергопотребления, выбросов вредных веществ и общей производительности автомобиля.

Основной принцип рекуперативного торможения заключается в его способности преобразовывать кинетическую энергию, традиционно теряемую в виде тепла при торможении, в электрическую энергию, которую можно сохранить для использования в будущем. Это особенно актуально для электромобилей с аккумуляторными батареями (BEV), где захваченная энергия может быть направлена обратно в аккумулятор автомобиля, расширяя его дальность действия и сводя к минимуму потери энергии.

Когда электромобиль тормозит: электродвигатель переключается в режим генератора, создавая противоположные токи в обмотках ротора и статора. Это создает тормозной момент, замедляя движение автомобиля и преобразуя кинетическую энергию в электрическую. Преимущества многогранны, начиная от снижения затрат на техническое обслуживание и увеличения срока службы тормозов и заканчивая снижением выбросов при торможении без выхлопных газов.

Несмотря на многообещающие достижения, проблемы сохраняются. Малая дальность езды и высокая стоимость аккумуляторов являются препятствиями, влияющими на широкое внедрение электромобилей с RBS. Однако для преодоления этих ограничений изучаются инновационные решения, такие как ультраконденсаторы, маховики и усовершенствованные системы подвески, направленные на то, чтобы сделать электромобили более практичными и доступными. Исследования показывают, что система с маховиком для рекуперации энергии через колеса автомобиля, преобразователем постоянного тока (buck boost), который поддерживает управление питанием в RBS для повышения ускорения, и ультраконденсатором для поддержания более переходного состояния автомобиля во время старта, обеспечивает более плавную работу аккумулятора. Эта технология позволяет автомобилю ускоряться и замедляться быстрее с меньшими потерями энергии и меньшим износом основного аккумуляторного блока. Используя ультраконденсаторы с двунаправленным IGBT-преобразователем постоянного тока в постоянный ток, можно добиться повышения эффективности автомобиля за счет рекуперативного торможения.

Традиционная роль тормозов как простого средства замедления меняется. RBS вводит динамику, при которой торможение становится действием двойного назначения: замедление движения автомобиля и выработка энергии. Этот сдвиг бросает вызов общепринятым представлениям о дизайне транспортных средств и открывает возможности для более эффективных, устойчивых и экономически целесообразных перевозок.

Интеграция рекуперативного торможения в процесс вождения выходит за рамки технической сферы. Это предлагает водителям более плавный и экономичный способ передвижения по городским ландшафтам. Хотя текущая эффективность RBS заслуживает похвалы, текущие исследования и разработки направлены на дальнейшее расширение ее возможностей.

В стремлении к более чистому и энергоэффективному автомобильному будущему RBS становится маяком инноваций. Поскольку технология продолжает совершенствоваться, ее бесшовная интеграция в электромобили готова по-новому определить наше понимание мобильности. Переход

от традиционного торможения к рекуперативному означает не только технологический скачок, но и приверженность устойчивой, экологически чистой транспортной экосистеме.

В заключение, системы рекуперативного торможения в электромобилях представляют собой преобразующую силу, предвещающую будущее, в котором торможение будет не просто средством замедления, но и источником энергии, который продвигает нас к более устойчивому и эффективному завтрашнему дню.

## Источники


1. Research on Regenerative Braking Systems: A Review Article // International Journal of Science and Research. 2020. Vol. 9, Iss. 9. Pp. 160–166. DOI: 10.21275/SR20902143703 (дата обращения: 12.11.2023).
2. Regenerative braking on electric vehicles: working principles and benefits of application / S. Vasiljević [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2022. Vol. 1271. DOI: 10.1088/1757-899X/1271/1/012025 (дата обращения: 12.11.2023).
3. Effect of Regenerative Braking on the Life of Battery / R.C. Kumar [et al.]. DOI: 10.20944/preprints202306.1382.v1 (дата обращения: 12.11.2023).
4. Регенеративное торможение в электромобилях: как работает технология и насколько реально можно увеличить запас хода [Электронный ресурс]. URL: https://autogeek.com.ua/rekuperativnoe-tormozhenie-v-jelektromobiljah-kak-rabotaet-tehnologija-i-naskolko-realno-mozhno-uvelichit-zapas-hoda/ (дата обращения: 12.11.2023).

УДК 621.311.6

# РАЗРАБОТКА СИСТЕМ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ: ТЕХНОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Осипов Дмитрий Александрович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
dmitriyosipov@internet.ru

В данной научной статье рассматривается тема разработки систем бесперебойного питания (БПП) и их роль в обеспечении непрерывности работы электронных устройств. Описываются основные принципы работы БПП и рассматриваются различные технологии, используемые в их разработке. В статье также анализируются перспективы развития систем БПП и их влияние на современные технологии.

**Ключевые слова:** разработка, системы бесперебойного питания, технологии, перспективы, энергосбережение, инверторы, аккумуляторы.

# UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY SYSTEMS: TECHNOLOGIES AND PROSPECTS

Osipov Dmitry Alexandrovich
KSPEU, Kazan
dmitriyosipov@internet.ru

This scientific article examines the topic of developing uninterruptible power supply (UPS) systems and their role in ensuring the continuity of electronic device operation. The main principles of operation of UPS systems are described and various technologies used in their development are considered. The article also analyzes the prospects for the development of UPS systems and their impact on modern technologies.

**Keywords:** development, uninterruptible power supply systems, technologies, prospects, energy saving, inverters, batteries.

В современном мире, где электроника играет все более важную роль в различных сферах жизни, обеспечение непрерывности питания становится критическим вопросом. Сбои в энергоснабжении могут привести к потере данных, повреждению оборудования и прерыванию работы систем. В этой связи, системы бесперебойного питания приобретают все большую популярность и востребованность.

Системы бесперебойного питания обеспечивают непрерывное электропитание электронных устройств, даже в случае сбоев в основном источнике питания. Они состоят из аккумуляторов, инверторов и автоматических переключателей. Аккумуляторы заряжаются в нормальном режиме работы, а при сбоях автоматически включаются инверторы, которые преобразуют постоянный ток аккумуляторов в переменный ток, необходимый для питания электронных устройств.

В настоящее время существует несколько технологий, используемых в разработке систем БПП. Одной из самых распространенных является технология линейного интерактивного БПП, которая обеспечивает защиту от скачков напряжения и коротких замыканий. Другой популярной технологией является двойное преобразование, которое обеспечивает максимальную защиту от сбоев в энергоснабжении. Также существуют технологии, основанные на использовании солнечных батарей и топливных элементов, что делает системы БПП более экологически чистыми и энергоэффективными.

С развитием технологий и увеличением потребностей в непрерывном питании, системы БПП продолжают эволюционировать. Одной из перспективных тенденций является разработка систем, работающих на базе суперконденсаторов, которые обеспечивают более высокую плотность энергии и длительность работы. Также исследуются возможности использования энергии, полученной из возобновляемых источников, таких как солнечная и ветровая энергия. Эти инновации позволят создать более эффективные и экологически устойчивые системы БПП.

Дальнейшее развитие систем бесперебойного питания (БПП) также направлено на повышение уровня автоматизации и управляемости данных систем. В современных системах БПП активно используются алгоритмы управления и мониторинга, которые позволяют эффективно управлять энергетическими ресурсами и предупреждать о возможных сбоях.

Одним из направлений развития является интеграция систем БПП с умными домами и сетями Интернет вещей (IoT). Это позволяет управлять системой БПП удаленно, мониторить ее работу и получать уведомления о любых сбоях или проблемах. Кроме того, интеграция с IoT позволяет оптимизировать энергопотребление, учитывая текущую нагрузку и потребности системы, что способствует более экономичному использованию энергии.

Еще одной перспективной технологией является использование систем БПП в электромобилях и сетях зарядных станций. Системы БПП могут обеспечить непрерывность зарядки электромобилей даже при сбоях в энергоснабжении, предотвращая потерю заряда и обеспечивая надежность использования электротранспорта.

Однако, несмотря на все достижения и перспективы развития, существуют некоторые вызовы, которые необходимо преодолеть. Один из таких вызовов – это стоимость систем БПП. В настоящее время, системы БПП все еще остаются довольно дорогостоящими, что может ограничивать их широкое применение. Однако с развитием технологий и увеличением спроса на них, можно ожидать снижение стоимости и улучшение доступности таких систем.

В целом, разработка систем бесперебойного питания – это важная и актуальная тема, которая имеет большой потенциал для развития и внедрения в различных отраслях.

## Источники


1. Борисов К.П., Горшков В.Э. Разработка и исследование эффективных систем бесперебойного питания для светотехнического оборудования // Электрические сети и энергосистемы. 2019. № 5. С. 46–53.
2. Васильева Е.А., Матвеев А.В. Исследование и разработка систем бесперебойного питания для медицинских устройств с применением инверторных технологий // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 12. С. 356–366.
3. Голубев С.П. Разработка и анализ эффективных схем бесперебойного питания с использованием современных технологий инверторного преобразования // Электроника и связь. 2017. № 4. С. 54–60.
4. Дементьев А.С., Крюков А.В. Применение новейших технологий в разработке систем бесперебойного питания для промышленных объектов // Энергетика и энергосбережение. 2020. № 3. С. 42–47.
5. Иванова Н.Г., Смирнова О.С. Технологические аспекты разработки и исследования систем бесперебойного питания для компьютерных сетей // Информационные технологии и вычислительные системы. 2016. № 2. С. 82–89.
6. Козлов Д.Ю., Лебедев С.И. Разработка интеллектуальных систем бесперебойного питания для крупных промышленных предприятий // Экономика и управление: проблемы, решения. 2019. № 1. С. 69–75.
7. Луцкий Д.В., Пономарев А.А. Исследование технических и экономических аспектов разработки и внедрения систем бесперебойного питания на базе солнечных батарей // Альтернативные источники энергии. 2018. № 6. С. 64–72.
8. Макаров А.И., Уваров В.В. Разработка системы бесперебойного питания на основе аккумуляторных батарей и суперконденсаторов // Техническая электродинамика. 2020. № 3. С. 9–14.
9. Николаев В.М., Орлов И.В. Технические решения и перспективы разработки систем бесперебойного питания в сфере информационных технологий // Проблемы информатики. 2017. № 1. С. 28–35.
10. Сорокин А.Ю., Федотова М.В. Исследование и разработка эффективных систем бесперебойного питания для промышленных электросетей // Энергосбережение и энергетика. 2019. № 2. С. 48–54.

УДК 004.023

# ВЫБОР СОВРЕМЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ

Петров Тимур Игоревич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
tobac15@mail.ru

На сегодняшний день существует множество программ для проведения топологической оптимизации. Однако, при ознакомлении с программами, становится очевидным, что они позволяют проводить оптимизацию по прочностным характеристикам. Для реализации топологической оптимизации синхронных двигателей с постоянными магнитами (СДПМ) необходимо выбрать программу, в которой есть возможность комплексно решить задачи, связанные с расчетом магнитных полей, температуры устройства и изменения прочностных характеристик.

**Ключевые слова:** оптимизация, топология, двигатели, программное обеспечение, магниты, расчет.

# SELECTION OF MODERN SOFTWARE FOR MODELING AND CALCULATING PARAMETERS OF A SYNCHRONOUS MOTOR WITH PERMANENT MAGNETS

Petrov Timur Igorevich
Kazan State Power Engineering University, Kazan
tobac15@mail.ru

Today there are many programs for topological optimization. However, when familiarizing yourself with the programs, it becomes obvious that they allow optimization of strength characteristics. To implement topological optimization of permanent magnet synchronous motors (PMSMs), it is necessary to select a program that has the ability to comprehensively solve problems related to the calculation of magnetic fields, device temperature and changes in strength characteristics.

**Keywords:** optimization, topology, motors, software, magnets, calculation.

При первом рассмотрении, создается впечатление, что в выборе программного обеспечения для топологической оптимизации нет смысла, так как уже существуют готовые решения под данный тип задач, однако они не обладают возможностью проведения комплексного решения, включающего в себя электромагнитный и тепловой расчет [1–4].

Исходя из этого условия выбрано 4 варианта (COMSOL, ELCUT, ANSYS, Maxwell) программного обеспечения (ПО), которые позволяют проводить все необходимые типы расчетов.

Стоит отметить, что среди этих программ выделяется ELCUT, так как он предназначен только для электромагнитных расчетов, и связанных с ними вычислений (тепловые, прочностные в зависимости от результатов полученных магнитных полей), а также большинство расчетов проводятся для 2D моделей [5]. А программы ANSYS Multiphysics, Maxwell, COMSOL Multiphysics можно использовать для более широкого круга научных и инженерных задач, с возможностью использования трехмерных моделей, но возрастает и сложность взаимодействия с этими программами, очевидно, что и стоимость данных решений будет существенно выше.

Сравнение особенностей четырех программ, для выбора оптимального решения, представлено в таблице.

Возможности, преимущества и недостатки рассматриваемого ПО

| Пакет | COMSOL | ELCUT | ANSYS | Maxwell |
|---|---|---|---|---|
| Расчет магнитных полей | + | + | + | + |
| Расчет температуры устройства | + | + | + | - |
| Изменение прочностных характеристик | + | + | + | - |
| Комплексный расчет | + | + | + | - |
| Русификация | - | + | - | - |
| Инструменты реализации автоматизированного расчета | + | + | + | + |
| Наличие возможности интеграции со сторонним инструментарием | - | + | + | - |
| Простота интерфейса | - | + | - | + |
| 3D-моделирование | + | + | + | + |

На основе анализа преимуществ и недостатков, доступности, возможностей взаимодействия с разработчиками, наличием всех видов выполняемых расчетов, а также возможности автоматизировать расчет сторонним инструментарием (в нашем случае Python) в качестве программного обеспечения для решения целевой функции выбран ELCUT.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-00134, URL: https://rscf.ru/project/22-79-00134/

## Источники

1. Петров Т.И., Сафин А.Р. Разработка и реализация стенда для подтверждения эффективности топологической оптимизации ротора синхронных двигателей с постоянными магнитами // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2021. Т. 13, № 2 (50). С. 100–108.

2. Петров Т.И. Модификация генетического алгоритма для комплексной топологической оптимизации ротора синхронных двигателей // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 3. С. 70–79.

3. Метод проектирования и топологической оптимизации роторов синхронных двигателей с постоянными магнитами / А.Р. Сафин [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2020. Т. 12, № 2 (46). С. 45–53.

4. Forecasting technical state and efficiency of electrical switching devices at electric complexes in oil and gas industry / T.V. Tabachnikova [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Almetyevsk, 2020. DOI: 10.1088/1757-899X/860/1/012014 (дата обращения: 10.11.2023).

5. Nemirovskiy A., Gracheva E., Bashirov M. Experimental study of the relationship between the technical state of a power transformer and the parameters of the higher harmonic components of currents and voltages generated by it // Sustainable Energy Systems: innovative perspectives: Conference proceedings. Saint-Petersburg, 2021. Pp. 155–166. URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-67654-4_18 (дата обращения: 10.11.2023).

УДК 621.311

# АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ КОНТАКТОРОВ НИЗКОВОЛЬТНЫХ СЕТЕЙ

Петров Алмаз Радикович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
petroval13@mail.ru

В статье исследованы эксплуатационные характеристики контакторов низковольтной электрических сетей, приведены результаты сравнительного анализа аппаратов различных заводов-изготовителей.

**Ключевые слова:** низковольтные электрические аппараты, эксплуатационные характеристики, автоматические выключатели, контактные соединения, параметры надежности, вероятность безотказной работы.

# ANALYSIS OF RELIABILITY OBJECTIVES OF LOW-VOLTAGE NETWORK CONTACTORS

Petrov Almaz Radikovich
KSPEU, Kazan
petroval13@mail.ru

In the article operational characteristics of contactors of low-voltage electric networks are investigated, results of comparative analysis of apparatuses of different manufacturers are given.

**Keywords:** low-voltage electrical apparatus, performance characteristics, circuit breakers, contact connections, reliability parameters, probability of failure-free operation.

Оценим параметры надежности контакторов различных фирм-производителей. Для этого вычислим значения основных параметров надежности аппаратов для условий их работы в режиме АС-3.

В качестве расчета наработки на отказ принимается экспоненциальный закона распределения [1, 2]. Для исследуемых контакторов определим закон изменения вероятности безотказной работы $P(t)$ в зависимости от количества коммутационных циклов.

При испытании 5 образцов контакторов КТИ на номинальный ток 150 А после $25 \cdot 10^6$ циклов зарегистрировано 12 отказов, из которых два произошли в период приработки.

Для примера вычислим среднюю наработку на отказ аппарата КТИ по выражению [3]:

$$t_{\text{ср}} = \frac{1}{\lambda} = \frac{n_x \Delta t}{\Delta n_x} = \frac{5 \cdot 25 \cdot 10^6}{10} = 12{,}5 \cdot 10^6, \qquad (1)$$

где $n$ – общее количество контакторов за которым производится наблюдение; $\Delta n_x$ – число отказов за наработку.

Средняя интенсивность отказов КТИ определяется по выражению:

$$\lambda = \frac{1}{t_{ср}} = \frac{1}{12,5 \cdot 10^6} = 0,08 \cdot 10^{-6}, \qquad (2)$$

где $t_{ср}$ – средняя наработка на отказ аппаратов.

Значение вероятности безотказной работы аппаратов определяется по выражению:

$$P(t) = e^{-\lambda t} = \exp\left|-\lambda t\right| = \exp\left|-0,08 \cdot 10^{-6} \cdot 0,1 \cdot 10^6\right| = 0,9920. \qquad (3)$$

Результаты расчета для исследуемых аппаратов приведены в таблице.

Вероятность безотказной работы $P(t)$ контакторов различных заводов-изготовителей с $I_н$ = 150 А для разного количества циклов

| Кол-во циклов $N \cdot 10^6$ | 0,1 | 0,5 | 1 | 5 | 10 | 15 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P(t)$ КТИ | 0,9920 | 0,9608 | 0,9231 | 0,6703 | 0,4493 | 0,3012 | 0,2019 |
| $P(t)$ СТХ | 0,9952 | 0,9763 | 0,9531 | 0,7866 | 0,6188 | 0,4868 | 0,3829 |
| $P(t)$ EasyPact TVS | 0,9944 | 0,9724 | 0,9455 | 0,7558 | 0,5712 | 0,4317 | 0,3263 |

Графические зависимости вероятности безотказной работы исследуемых контакторов на номинальный ток $I_н$ = 150 А от количества циклов коммутаций показаны на рисунке.

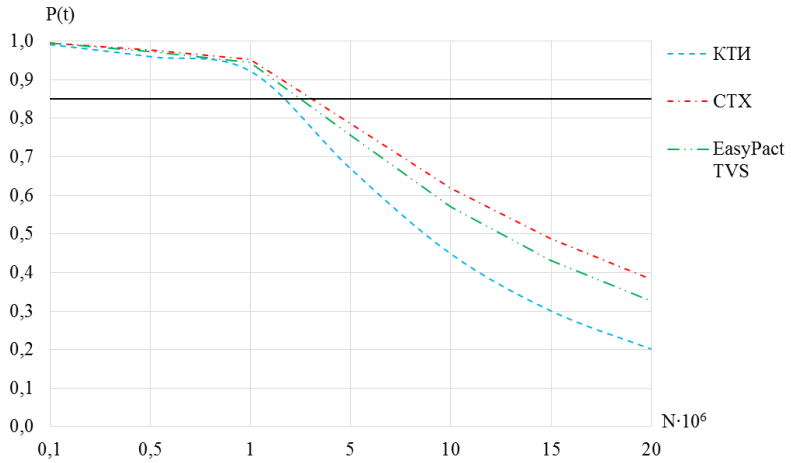



График зависимости вероятности безотказной работы контакторов с $I_н$ =150 А от количества циклов включения-отключения

Из графической зависимости видно, что вероятность безотказной работы $P(t)$ и срок службы у зарубежных аппаратов (CTX, EasyPact TVS) значительно выше, чем у отечественных (КТИ).

## Источники

1. Петров А.Р., Грачева Е.И. Моделирование потерь мощности в контактных системах низковольтных коммутационных аппаратов // Омский научный вестник. 2023. № 2 (186). С. 126–133. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-186-126-133.

2. Алгоритмы и вероятностные модели параметров функционирования внутризаводского электроснабжения / Е.И. Грачева [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 1. С. 93–104. DOI: 10.30724/1998-9903-2021-23-1-93-104.

3. Исмоилов И.И., Грачева Е.И. Повышение управляемости энергетическими системами и улучшение качества электроэнергии // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 1 (53). С. 3–12.

УДК 621-311

# ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СХЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ 0,4 кВ

Петрова Рената Маратовна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
1998renata@mail.ru

Статья посвящена оценке надежности схем электроснабжения промышленных предприятий 0,4 кВ с помощью логико-вероятностного метода, а именно построения дерева отказов.

**Ключевые слова:** надежность, схема электроснабжения, интенсивность отказов, время безотказной работы, частота отключений.

# EVALUATION OF RELIABILITY OF 0.4 kV ELECTRICAL SUPPLY SYSTEMS FOR INDUSTRIAL ENTERPRISES

Petrova Renata Maratovna
KSPEU, Kazan
1998renata@mail.ru

The article is devoted to assessing the reliability of 0.4 kV power supply schemes of industrial enterprises by means of the logical-probabilistic method, namely the construction of a tree of failures.

**Keywords:** reliability, power supply scheme, failure rate, failure-free operation time, frequency of outages.

Предлагаемая статья посвящена оценке надежности схем электроснабжения промышленных предприятий 0,4 кВ с помощью логико-вероятностного метода, а именно построения дерева отказов [1, 2].

В работе представлен метод оценки надежности схемы электроснабжения, включающей основные элементы, такие как – силовые трансформаторы 10/0,4 кВ (Т), кабельные линии 0,4 кВ (Л), силовой распределительный шкаф (ШРс) и распределительный пункт (ПРс), автоматические выключатели (АВ), магнитные пускатели (ПМ), контакторы (К), рубильник (Р), двигатели различной мощности, кВт (Д). Система (рис. 1а) состоит из высоконадежных элементов, когда время безотказной работы превышает время восстановления электроустановки, и отказ более двух независимых элементов событие маловероятное [3].

Для расчетной схемы (рис. 1) определим частоту отключений секции шин, построив дерево отказов (рис. 2) относительно источников питания ШРс (на примере первого присоединения). Данные для расчета параметров надежности приведены в таблице.

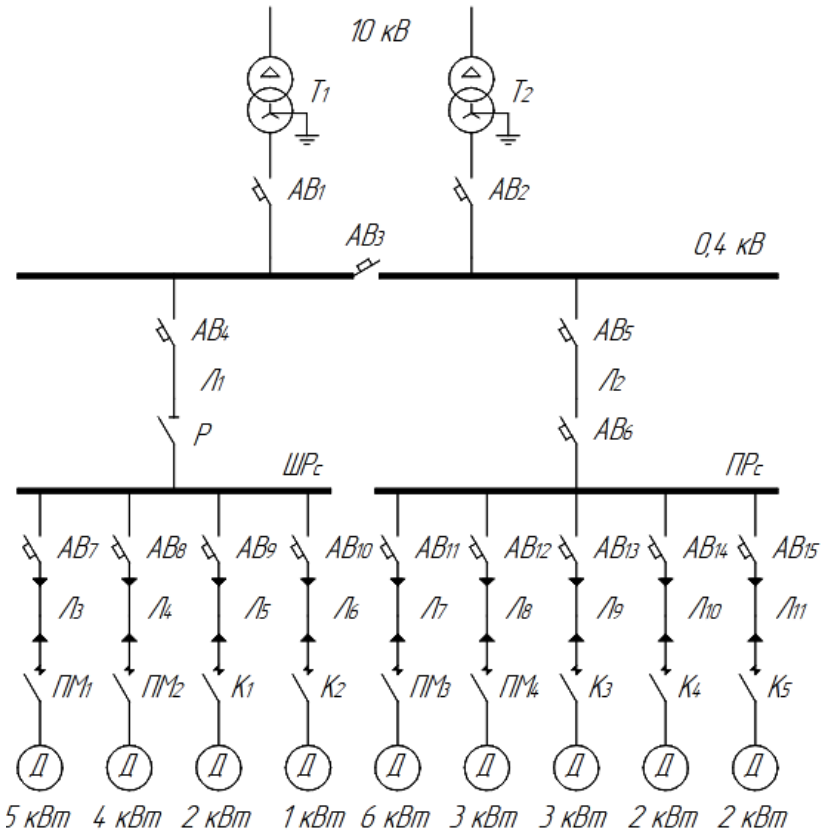



Рис. 1. Схема промышленного предприятия

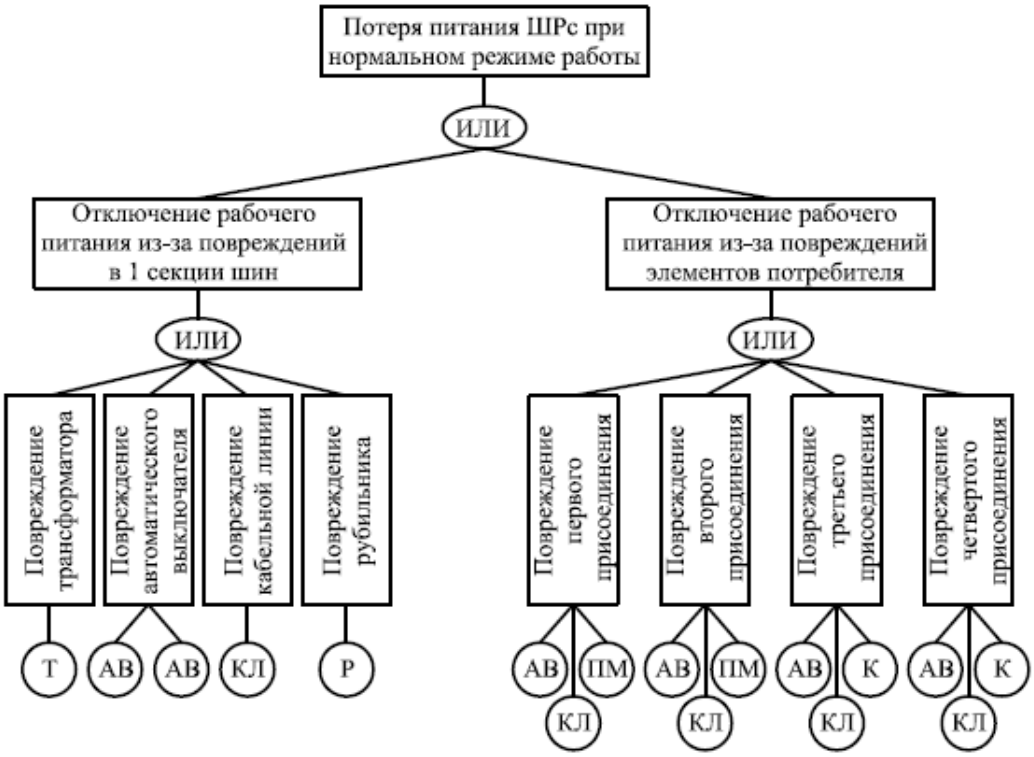



Рис. 2. Дерево отказов для оценки частоты потери питания ШРс

Данные для расчета параметров надежности схемы относительно ШРс

| Номер элемента схемы | Элемент схемы | Интенсивность отказов λ, откл./год |
|---|---|---|
| 1 | $Т_1$ | 0,015 |
| 2 | $АВ_1$ | 0,051 |
| 3 | $Л_1$ | 0,0026 |
| 4 | $АВ_4$ | 0,051 |
| 5 | Р | 0,038 |
| 6 | ШРс | 0,001 |
| 7 | $Л_3$ | 0,0013 |
| 8 | $АВ_7$ | 0,051 |
| 9 | $ПМ_1$ | 0,095 |
| 10 | $Л_4$ | 0,0013 |
| 11 | $АВ_8$ | 0,051 |
| 12 | $ПМ_2$ | 0,095 |
| 13 | $Л_5$ | 0,0013 |
| 14 | $АВ_9$ | 0,051 |
| 15 | $К_1$ | 0,098 |
| 16 | $Л_6$ | 0,0013 |
| 17 | $АВ_{10}$ | 0,051 |
| 18 | $К_2$ | 0,098 |
| Сумма интенсивностей $\lambda_{С1}$ | | 0,7538 |

Функция отказа при потере питания ШРс (рис. 2) запишется в виде:

$$X(\text{ШРс}) = \left[\text{Т} + \text{АВ} + \text{АВ} + \text{КЛ} + P\right] +$$

$$+\left[(\text{АВ} + \text{КЛ} + \text{ПМ}) + (\text{АВ} + \text{КЛ} + \text{ПМ}) + (\text{АВ} + \text{КЛ} + \text{К}) + (\text{АВ} + \text{КЛ} + \text{К})\right] =$$

$$= \text{Т} + 2 \cdot \text{АВ} + \text{КЛ} + \text{Р} + 2 \cdot (\text{АВ} + \text{КЛ} + \text{ПМ}) + 2 \cdot (\text{АВ} + \text{КЛ} + \text{К}) =$$

$$= \text{Т} + 6 \cdot \text{АВ} + 5 \cdot \text{КЛ} + P + 2 \cdot \text{ПМ} + 2 \cdot \text{К} =$$

$$= 0,015 + 6 \cdot 0,051 + 5 \cdot 0,026 + 0,038 + 2 \cdot 0,095 + 3 \cdot 0,098 = 0,973.$$

В результате расчетов установлено, что логико-вероятностный метод (дерево отказов) может быть использован для оценки надежности схемы промышленных предприятий 0,4 кВ и выше. Результаты расчетов параметров надежности схемы могут применяться для оценки частоты потери питания как ШРс и ПРс, так и каждого присоединения в отдельности.

## Источники

1. Исследование вероятностных характеристик надежности электрооборудования внутрицеховых систем электроснабжения / Р.М. Петрова [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2023. Т. 15, № 1 (57). С. 93–105.

2. Study of Probability Characteristics of the Reliability of Electrical Equipment in Internal Power Supply Systems / E. Gracheva [et al.] // Proc. of the 5th Global Power, Energy and Communication Conference. Nevsehir, Turkiye, 2023. Pp. 460–465. DOI: 10.1109/GPECOM58364.2023.10175821.

3. Садыков Р.Р., Грачева Е.И. Формирование моделей оценки эксплуатационной надежности систем внутризаводского электроснабжения // Вести высших учебных заведений Черноземья. Электроэнергетика. 2017. № 1 (47). С. 1–10.

УДК 62-503.54

# ОБОСНОВАНИЕ СОЗДАНИЯ РОБОТА ДЛЯ ПОИСКА УТЕЧЕК ИЗ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Постников Елисей Владимирович[1], Ломакин Игорь Владимирович[2]
[1,2] ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]postnikovelik@yandex.ru, [2]lomakin_igor@mail.ru

В данной статье рассмотрены существующие методы обнаружения утечек природного газа из трубопроводов. На основе анализа было предложено использование роботов для повышения точности и скорости определения места утечки природного газа. В статье рассматриваются возможные преимущества использования роботов, а также ряд сложностей, которые могут помещать их внедрению.

**Ключевые слова:** робот, природный газ, трубопровод, утечка, обнаружение утечки.

# RATIONALE FOR THE CREATION OF A ROBOT FOR DETECTING LEAKS FROM NATURAL GAS PIPELINES

Postnikov Elisei Vladimirovich[1], Lomakin Igor Vladimirovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]postnikovelik@yandex.ru, [2]lomakin_igor@mail.ru

This article discusses existing methods for detecting natural gas leaks from pipelines. Based on the analysis, the use of robots was proposed to improve the accuracy and speed of locating natural gas leaks. The research article outlines the benefits of using robots, as well as a number of challenges that their implementation can pose.

**Keywords:** robot, natural gas, pipeline, leak, leak detection.

Существуют различные методы обнаружения утечек природного газа из трубопроводов. Визуальный метод сводится к фиксации запаха, наличии звука, вспенивании мыльной эмульсии, поиска следов утечки на земле. Инструментальный метод заключается в использовании датчиков и газоанализаторов. Трубопроводы зачастую находятся в отдаленных и труднодоступных местах и имеют большую длину, поэтому устанавливать, на всей их протяженности, датчики и газоанализаторы экономически невыгодно. Метод выявления утечек по анализу профиля давления основан на моделировании распределения давления вдоль трубопровода и статистическом анализе [1]. При появлении утечки расход на участке до места утечки становится больше первоначального расхода на этом участке, что приводит к изменению давления, на участке до утечки давление увеличивается, а после уменьшается. Это приводит к появлению излома в приведенном профиле давления. Данный метод обладает низкой точностью и имеет ложные срабатывания, кроме того многие факторы вызывают похожие изменения. Объемно-балансовый метод контроля основан на том, что при образовании утечки расход на входе становится больше расхода

на выходе. Для реализации этого метода необходимо измерять расход на концах контролируемого участка с помощью высокоточных приборов. Параметром контроля газопровода при объемно-балансовом методе является нормализованный расход газа через сечение трубы. Метод позволяет диагностировать утечки на больших участках трубопровода между расходомерами. Метод анализа акустической эмиссии [2] основан на регистрации и анализе акустических волн, возникающих в процессе пластической деформации и разрушения трубопровода. Для приема сигналов акустической эмиссии применяются пьезоэлектрические преобразователи и быстродействующие измерители давления. Преимуществами метода анализа акустической эмиссии являются высокая чувствительность к растущим дефектам, малое время обнаружения, высокая точность определения координат места утечки. При этом отметим, что основным недостатком этого метода является трудность выделения сигнала акустической эмиссии на фоне шумов и помех.

Все вышеперечисленные способы, позволяют обнаружить утечку газа, но не дают возможности определить конкретное место, где она произошла. Обнаружение конкретного местонахождения утечки, требует значительных временных затратах. Использовать роботов [3] можно как отдельно, так и в совокупности с проанализированными методами, например робот может постоянно перемещаться по трубопроводу, либо начать свое движение после поступления сигнала от других систем, обнаруживших утечку. Использование роботов в совокупности с другими системами обнаружения утечки, позволит ускорить процесс нахождения того места, где она произошла. Сложностями, которые будут встречаться при разработке и использовании роботов являются: обеспечение надежной связи с другими системами контроля, обеспечение питания, для обеспечения долгого времени работы и возможности проходить большие расстояния, а также разработка надежной конструкции робота, который будет способен перемещаться по трубопроводу, проходить по его маршруту, преодолевать сложные участки и определять конкретное местонахождение утечки.

## Источники

1. Чупин В.Р., Майзель Д.И. Обнаружение утечек газа из магистрального газопровода // Известия вузов: Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2011. № 1 (1). С. 142–148.

2. Метод акустической эмиссии [Электронный ресурс]. URL: https://avek.ru/info/opisanie_metoda_akusticheskoj_emissii (дата обращения: 17.10.2023).

3. Поезжаева Е.В., Федотов А.Г., Заглядов П.В. Разработка робота для контроля трубопроводов // Молодой ученый . 2015. № 16 (96). С. 218–222.

УДК 621.311.1

# ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМАХ

Садриев Реназ Ренатович[1], Кушакова Анастасия Игоревна[2],
Зарипова Римма Солтановна[3]
[1,2]Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет), Санкт-Петербург
[3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]renaz.sadriev@bk.ru, [2]anastasia.kushakova@mail.ru

Статья посвящена роли искусственного интеллекта в оптимизации энергопотребления многоквартирных домов. Освещены ключевые аспекты, включая анализ данных, создание точных прогностических моделей с использованием глубокого обучения, и активного управления ресурсами. Обсуждаются вызовы, такие как кибербезопасность и ограниченность данных, предлагая перспективы для будущих исследований в области устойчивых алгоритмов управ-ления и интеграции ИИ с другими технологиями.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, энергопотребление, многоквартирные дома, машинное обучение, прогнозирование, умные устройства, кибербезопасность, устойчивые алгоритмы, интеграция технологий.

# APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR OPTIMIZING ENERGY CONSUMPTION IN MULTI-APARTMENT BUILDINGS

Sadriev Renaz Renatovich[1], Kushakova Anastasiia Igorevna[2], Zaripova Rimma Soltanovna[3]
[1,2]Saint Petersburg State Institute of Technology (Technical University), St. Petersburg
[3]KSPEU, Kazan
[1]renaz.sadriev@bk.ru, [2]anastasia.kushakova@mail.ru

The article is dedicated to the role of artificial intelligence in optimizing energy consumption in multi-apartment buildings. Key aspects are highlighted, including data analysis, the development of accurate predictive models using deep learning, and active resource management. Challenges such as cybersecurity and data limitations are discussed, offering perspectives for future research in sustai-nable control algorithms and the integration of AI with other technologies.

**Keywords:** artificial intelligence, energy consumption, multi-apartment buildings, machine learning, forecasting, smart devices, cybersecurity, sustainable algorithms, technology integration.

В современном обществе, где энергетические ресурсы становятся все более ограниченными, внимание уделяется поиску инновационных методов оптимизации энергопотребления. Искусственный интеллект (ИИ) представляет собой перспективное направление, способное произвести революцию в управлении энергетикой в многоквартирных домах.

Искусственный интеллект позволяет применять алгоритмы машинного обучения для анализа больших объемов данных из различных источников. Этот анализ выявляет шаблоны и корреляции, создавая основу для эффективного управления энергопотреблением.

С использованием глубокого обучения создаются модели прогнозирования, способные предсказывать будущие требования к энергии с высокой точностью. Данная технология демонстрирует способность адаптироваться к изменениям в спросе на энергию, обеспечивая гибкость систем управления.

Системы управления, основанные на ИИ, активно взаимодействуют с ресурсами. Это включает динамическое распределение энергии, минимизацию пиковых нагрузок и взаимодействие с устройствами для оптимизации потребления. Продвинутые системы, интегрированные в устройства, используемыми жильцами, привносят новые возможности. Так, умные термостаты и адаптивные системы освещения, поддерживаемые ИИ, автоматически оптимизируют энергопотребление в каждой квартире. Например, учитывая прогноз погоды и предпочтения жильцов, термостат может регулировать температуру, а система освещения — яркость света, создавая оптимальные условия с учетом энергосбережения и комфорта. Нейронные сети, анализируя временные ряды, предоставляют точные прогнозы, предотвращая пиковые нагрузки. Это позволяет системам внести коррективы заранее и эффективно распределить ресурсы.

Необходимость постоянного улучшения точности прогнозирования подразумевает развитие более сложных моделей машинного обучения, адаптированных к энергетическим системам многоквартирных домов, и интеграцию новых источников данных. Изменчивость в спросе и климатических условиях как постоянный фактор требует разработки методов, позволяющих моделям ИИ гибко реагировать на изменения и адаптироваться к динамике потребления энергии в реальном времени. Необходимость создания устойчивых алгоритмов управления энергопотреблением подразумевает разработку алгоритмов, способных учитывать неопределенность и адаптироваться к новой информации.

Необходимость высоких стандартов кибербезопасности в использовании ИИ в энергетическом управлении требует разработки эффективных методов шифрования и усиления системы защиты данных. Интеграция ИИ с другими технологиями для создания более комплексных систем управления энергопотреблением поднимает вопрос о возможностях интеграции с блокчейн для прозрачности и безопасности, а также с умными сетями для создания взаимосвязанных систем.

Применение искусственного интеллекта для оптимизации энергопотребления в многоквартирных домах представляет собой перспективное направление, способное решать вызовы эффективности и устойчивости в энергетическом секторе. Системы, основанные на ИИ, не только повышают точность прогнозирования, но и активно участвуют в управлении ресурсами, обеспечивая оптимальное использование энергии в реальном времени.

## Источники

1. Моделирование электромагнитных полей линий электропередач на основе теории масштабного эксперимента / З.М. Гизатуллин [и др.] // Современные инновации в науке и технике: сб. науч. тр. 4-й Междунар. науч.-практ. конф. Курск, 2014. С. 269–272.

2. Лучинкин В.Л., Зарипова Р.С. Перспективы применения нейронных сетей в энергетике // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: Междунар. науч.-техн. конф. Казань, 2023. С. 77–80.

4. Нгуен Фук Хау, Зарипова Р.С., Нгуен Тхи Тху. Применение технологии распознавания голоса для управления системой включения / выключения электричества в доме // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 7. С. 167–170.

5. Гибадуллин Р. Ф., Лекомцев Д. В., Перухин М. Ю. Анализ параметров промышленных сетей с применением нейросетевой обработки // Искусственный интеллект и принятие решений. 2020. № 1. С. 80–87. DOI: 10.14357/20718594200108.

6. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Применение искусственного интеллекта в сфере энергетики // Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование: матер. Междунар. науч.-техн. конф. Казань, 2023. Т. 2. С. 551–554.

7. Емдиханов Р.А., Смирнов Ю.Н. Основные этапы и стратегии успешной цифровой трансформации // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: Междунар. науч.-техн. конф. Казань, 2023. С. 216–218.

УДК 004.056

# КРИПТОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОТОКОЛЫ В СЕТЯХ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Салимов Раниль Рамилевич[1], Зарипова Римма Солтановна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
zarim@rambler.ru

В данной статье рассматриваются такие понятия, как интернет вещей, его область использования, протоколы и методы безопасности в контексте ограниченных ресурсов устройств IoT. В статье обозначены научные достижения в области Интернета вещей и малоресурсной криптографии за последние несколько лет, выявлено текущее состояние изученности темы, рассмотрены перспективы развития этих технологий.

**Ключевые слова:** интернет вещей (IoT), безопасность данных, протоколы безопасности, криптография.

# THE INTERNET OF THINGS. SECURITY PROTOCOLS IN THE CONTEXT OF LIMITED RESOURCES

Salimov Ranil Ramilevich[1], Zaripova Rimma Soltanovna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
zarim@rambler.ru

This article discusses such concepts as the Internet of Things, its scope of use, protocols and security methods in the context of resource-constrained IoT devices. The article outlines scientific achievements in the field of the Internet of Things and low-resource cryptography over the past few years, reveals the current state of research of the topic, considers the prospects for the development of these technologies.

Keywords: Internet of Things (IoT), data security, security protocols, cryptography.

В настоящее время с развитием технологий тема Интернета вещей (IoT) и малоресурсной криптографии становится ключевой в контексте модернизации и совершенствования информационных технологий. Промышленные предприятия и потребители встают перед задачей адаптации своих систем к новым требованиям, исходя из необходимости эффективного использования ресурсов и обеспечения безопасности данных.

В последние годы наблюдается стремительное развитие Интернета вещей (IoT), превращая привычные предметы повседневной жизни в интеллектуальные устройства, способные взаимодействовать и обмениваться данными. Этот подход к технологиям создает неисчислимые возможности для улучшения жизни людей и оптимизации производственных процессов.

Интернет вещей охватывает разнообразные области, начиная от умных городов и умных домов до промышленного оборудования и здравоохранения. В умных городах датчики и устройства в реальном времени собирают и анализируют данные о движении, энергопотреблении и общественном транспорте, позволяя оптимизировать инфраструктуру и обеспечивать гражданам комфортные условия проживания. В умных домах IoT устройства взаимодействуют для обеспечения автоматизации и управления энергопотреблением, безопасностью и коммуникацией.

В промышленности технологии IoT используются для создания «умных» производственных линий, где сенсоры и устройства обеспечивают мониторинг состояния оборудования, оптимизацию процессов и предсказание неисправностей. Здравоохранение внедряет IoT для создания интеллектуальных медицинских устройств, отслеживания пациентов и мониторинга состояния здоровья в реальном времени.

Исследования в области интернета вещей фокусируются на оптимизации протоколов связи, улучшении энергопотребления устройств и разработке систем управления для обеспечения безупречной координации в глобальной сети.

Протокол LoRaWAN (*Long Range Wide Area Network*) представляет собой беспроводной стандарт, который идеально подходит для обеспечения связи в глобальных сетях IoT. Этот протокол обеспечивает долгий срок службы устройств и прекрасную проходимость сигнала через преграды, что делает его идеальным для применения в IoT. С использованием технологии распределенных сетей LoRaWAN позволяет взаимодействовать устройствам с центральным узлом, обеспечивая эффективную передачу данных в условиях городской застройки или промышленных объектов.

Протокол NB-IoT (*Narrowband IoT*) представляет собой норму связи, оптимизированную для устройств IoT. Работая в лицензированных частотных диапазонах, NB-IoT обеспечивает надежную связь, минимальное энергопотребление и широкий охват, что делает его предпочтительным выбором для развертывания IoT в городах и на территориях с большой плотностью устройств.

Выделяется также такой протокол, как CoAP (*Constrained Application Protocol*) и MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*). CoAP – это протокол прикладного уровня, разработанный для взаимодействия между устройствами в сети Интернет вещей (IoT). Он был создан с учетом ограниченных ресурсов, характерных для устройств IoT, таких как датчики, микроконтроллеры и другие маломощные устройства. CoAP использует простой и легковесный формат передачи данных, что снижает нагрузку на сеть и упрощает взаимодействие. Одной из ключевых особенностей

CoAP является поддержка протокола UDP (User Datagram Protocol), что обеспечивает быструю передачу данных и минимизацию задержек. Также CoAP предоставляет возможность использования методов запроса-ответа, как HTTP, что упрощает интеграцию с существующими веб-технологиями.

Научные исследования в области Интернета вещей продолжают направляться на улучшение протоколов передачи данных и методов обеспечения безопасности в условиях ограниченных ресурсов. Введение новых стандартов и разработка инновационных подходов к защите данных на устройствах с ограниченными вычислительными возможностями открывают перспективы для дальнейшего развития IoT и уверенного интегрирования его в различные сферы жизни и производства. На пути к этим целям важно продолжать сбор данных, проведение экспериментов и обмен опытом для создания более надежной и безопасной экосистемы Интернета вещей.

## Источники


1. Зарипова Р.С., Кудряков Р.И. Роль интернета вещей в цифровой экономике // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023. Т. 13, № 7-1. С. 487–493.
2. Кудакаев А.Р., Эшелиоглу Р.И. Криптографические методы защиты информации в современном мире // Современные технологии документооборота в бизнесе, производстве и управлении: сб. ст. по матер. XXIII Всерос. науч.-практ. конф. (с международным участием). Пенза, 2023. С. 105–108.
3. Разработка аппаратно-программного модуля обнаружения объектов для встраиваемых систем // Р.Ф. Гибадуллин [и др.] // Вестник технологического университета. 2018. Т. 21, № 6. С. 118–122.
4. Снижение электромагнитных помех и защита информации в вычислительной технике с помощью экранирующих стекол / З.М. Гизатуллин [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 3 (35). С. 46–57.
5. Емдиханов Р.А., Смирнов Ю.Н. Основные этапы и стратегии успешной цифровой трансформации // Технологический суверенитет и цифровая трансформация. Международная научно-техническая конференция. Казань, 2023. С. 216–218.
6. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Актуальность обеспечения информационной безопасности в условиях цифровой экономики // Инновационное развитие экономики. Будущее России: сб. матер. и докл. V Всерос. (Нац.) науч.-практ. конф. 2018. С. 257–260.

УДК 621.31

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДСИСТЕМ АСУТП В СРЕДЕ ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ SIMINTECH

Самойлов Павел Николаевич[1], Шарипов Ильнар Ильдарович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]Pavelkot2004@mail.ru

Моделирование является важной и неотъемлемой частью современной инженерной и научной работы. Оно позволяет не только создавать и анализировать различные модели и системы, но и оценивать их поведение в разных условиях. Однако выбор подходящей среды для моделирования может стать серьезной задачей. В этой статье автор рассматривает моделирование подсистем АСУ ТП в среде динамического моделирования, а также основные преимущества моделирования в среде SiminTech.

**Ключевые слова:** АСУ ТП, SiminEech, моделирование, подсистемы автоматизированной системы управления технологическим процессом, оптимизация, динамические изменения.

# SIMULATION OF AUTOMATED CONTROL SYSTEM SUBSYSTEMS IN THE DYNAMIC SIMULATION ENVIRONMENT OF THE SIMINTECH TECHNICAL SYSTEM

Samoilov Pavel Nikolaevich[1], Sharipov Ilnar Ildarovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]Pavelkot2004@mail.ru

Modeling is an important and integral part of modern engineering and scientific work. It allows not only to create and analyze various models and systems, but also to evaluate their behavior in different conditions. However, choosing the right environment for modeling can be a serious task. In this article, the author examines the modeling of automated process control subsystems in a dynamic modeling environment, as well as the main advantages of SimInTech modeling.

**Keywords:** automated process control system, SimipEesh, modeling, subsystems of an automated process control system, optimization, dynamic changes.

Моделирование подсистем автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) является важным аспектом разработки и оптимизации современных технических систем. Одной из эффективных сред для проведения такого моделирования является среда динамического моделирования технической системы SiminTech.

SiminTech предоставляет возможность создания высокоинтерактивных моделей и проведения комплексного анализа работы подсистем АСУ ТП. Благодаря ее функциональности, инженеры и специалисты могут эффективно исследовать поведение системы в различных условиях, вносить изменения и тестировать различные сценарии работы.

Основные преимущества моделирования в среде SiminTech включают возможность анализа динамических характеристик системы, оптимизации ее работы, а также сокращение времени и затрат на разработку и внедрение новых технических решений [1].

Другим преимуществом моделирования в среде SiminTech является его простота использования. Благодаря интуитивно понятному интерфейсу и четкой структуре программы, SiminTech позволяет быстро и легко создавать и настраивать модели различной сложности. Даже новички в области моделирования могут легко освоить эту среду и начать работу над своими проектами [2].

Одной из наиболее ценных особенностей SiminTech является его точность. Среда использует передовые методы и алгоритмы моделирования, что позволяет получать высококачественные результаты. Благодаря этому, исследователи и инженеры могут быть уверены в достоверности своих результатов и прогнозов, что существенно упрощает процесс разработки и оптимизации различных систем и устройств.

Наконец, SiminTech предлагает широкий спектр инструментов для анализа моделей и получения необходимых выводов. Среда позволяет проводить различные тесты, оптимизировать параметры систем, анализировать динамику системы и многое другое. Это позволяет исследователям и инженерам более глубоко понять и проработать свои модели и системы [3].

В заключение, моделирование в среде SiminTech предлагает ряд значительных преимуществ. Его простота использования, гибкость, точность и возможности анализа делают эту среду неотъемлемым инструментом для всех, кто занимается моделированием и анализом различных систем и процессов. С SiminTech вы сможете создавать, исследовать и оптимизировать модели и системы своих проектов с высокой эффективностью и уверенностью в качестве получаемых результатов.

В процессе моделирования подсистем АСУ ТП в SiminTech, исследователи могут учитывать различные параметры и условия, включая физические, технологические и операционные факторы. Кроме того, среда позволяет учитывать динамические изменения в системе, что особенно важно для работы с комплексными и сложными техническими системами [4].

Одним из значимых аспектов моделирования в SiminTech является возможность визуализации работы подсистем АСУ ТП. Благодаря наглядной интерактивности, пользователи могут наблюдать за динамикой системы, анализировать полученные данные и проводить дополнительные эксперименты для оптимизации работы системы.

Таким образом, моделирование подсистем АСУ ТП в среде динамического моделирования технической системы SiminTech является эффективным инструментом для анализа и оптимизации работы технических систем. Эта среда позволяет проводить комплексное и глубокое исследование, учитывая различные факторы и условия, что способствует улучшению работы современных технических систем и повышению их производительности [5].

## Источники

1.Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года [Электронный ресурс]. URL: https://minenergo.gov.ru/node/1026 (дата обращения: 07.11.2023).

2.Солодков М.В., Елфимова Ю.В. Развитие солнечной энергетики как фактор экономической безопасности России [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-solnechnoy-energetiki-kak-faktorekonomicheskoy-bezopasnosti-rossii/viewer (дата обращения: 07.11.2023).

3. Ратнер С.В. Стоимостной анализ развития солнечной энергетики в мире и ее перспективы для России // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2019. № 3 (197). С. 90–97.

4. Среда динамического моделирования технических систем SimInTech / Б.А. Карташов [и др.]. М.: ДМК Пресс, 2019. 424 с.

5.Справочная система SimInTech [Электронный ресурс]. URL: https:// help.simintech.ru/#o_simintech/o_simintech. html (дата обращения: 07.11.2023).

УДК 621.311.13

# АНАЛИЗ ЕМКОСТНОГО ЭФФЕКТА В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Сафонов Александр Шамилевич[1], Мифтахова Наиля Камильевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]sashauchastkin@gmail.com, [2]nailya_miftahovna@mail.ru

В тезисе представляется описание емкостного эффекта, причины его возникновения и выраженность при различных параметрах электрической сети системы электроснабжения. Показан пример линии электропередачи, способы уменьшения емкостного эффекта и недостатки каждого метода.

**Ключевые слова:** емкостной эффект, эффект Ферранти, кабельные линии, электрическая сеть, реактор с тиристорным управлением, стационарное перенапряжение.

# ANALYSIS OF THE CAPACITIVE EFFECT IN POWER SUPPLY SYSTEMS

Safonov Aleksandr Shamilevich[1], Miftakhova Nailya Kamilievna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]sashauchastkin@gmail.com, [2]nailya_miftahovna@mail.ru

The thesis presents a description of the capacitive effect, the causes of its occurrence and severity at various parameters of the electrical network of the power supply system. An example of a power transmission line, ways to reduce the capacitive effect and disadvantages of each method are shown in this thesis.

**Keywords**: capacitive effect, Ferranti effect, cable lines, electrical network, thyristor-controlled reactor, stationary overvoltage.

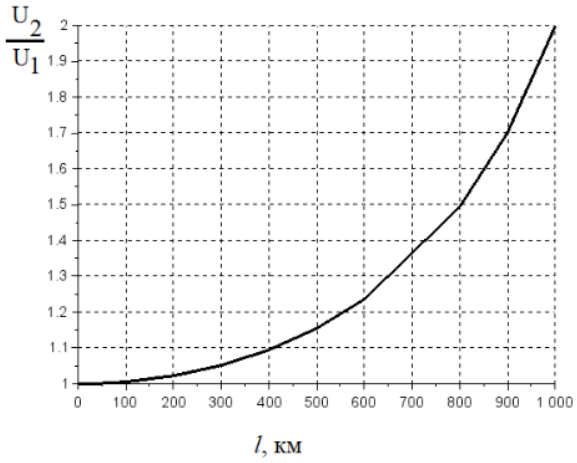
Емкостной эффект – явление повышение напряжения на приемном конце линии электропередачи в ненагруженном режиме. Оно вызвано наличием емкостной проводимости между фазами [1].

В кабельных линиях емкостной эффект будет более выраженным, так как близкое взаиморасположение проводников увеличивает емкость между фазами [2].

Кроме того, при равных напряжениях и длинах линий более высокая частота означает большее влияние емкостного эффекта [3].

На рисунке показана зависимость повышения напряжения в зависимости от длины ЛЭП. Как видно по графику, напряжение в конце ЛЭП возрастает экспоненциально длине линии.

В таблице показан пример индийской ЛЭП 400 кВ и напряжения в линии в зависимости от наличия компенсирующего устройства [4].




Перенапряжение, вызванные емкостным эффектом, в зависимости от длины ЛЭП

Напряжение в ЛЭП при разных длинах линий

| Напряжение в начале ЛЭП, кВ | Длина линии, км | Некомпенсированное напряжение в конце ЛЭП, кВ | Напряжение, скомпенсированное *TCR*, в конце ЛЭП, кВ |
|---|---|---|---|
| 400 | 1000 | 761 | 405 |
| 400 | 900 | 668 | 402 |
| 400 | 800 | 595 | 406 |

Емкостной эффект можно снизить несколькими путями:

– добавлением статического реактора;

– добавлением реактора с тиристорным управлением (*TCR*);

– добавлением статического последовательного синхронного компенсатора (*SSSC*);

– изменением параметров электрической сети.

Статический реактор действует как фиксированная реактивная нагрузка, которая в некоторых случаях может приводить к гиперкомпенсации реактивной мощности [5].

Оптимальным решением для уменьшения перенапряжения будет использования реактора с тиристорным управлением, так как он относительно прост в использовании и его можно контролировать.

Как было показано в таблице 1, за счет применения *TCR* напряжение в приемном конце линии электропередачи снижается до значения 1,01 напряжения передающего конца ЛЭП.

Реактор с тиристорным управлением обладает системой управления, которая позволяет точно контролировать баланс реактивной мощности в системе электроснабжения. Но главным недостатком таких реакторов является добавление высших гармоник в энергосистему, но это можно решить за счет его последовательного регулирования.

## Источники

1. Техника высоких напряжений: учебник для вузов / Л.Ф. Дмоховская [и др.]; под ред. Д.В. Разевига. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергия, 1976. 488 с.

2. The evaluation of the operation of continuous monitoring system control of power quality at mining enterprises [Электронный ресурс] / Yu. Bebikhov [et al.] // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 124. URL: https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912403015 (дата обращения: 23.10.2023).

3. Application of static synchronous series compensators in mitigating Ferranti effect [Электронный ресурс] / G. Chavan [et al.] // Proc. of the IEEE Power and Energy Society General Meeting. Boston, MA, USA, 2016. DOI: 10.1109/PESGM.2016.7741380 (дата обращения: 23.10.2023).

4. Venu Y., Nireekshana T., Phanisaikrishna B. Mitigation of Ferranti Effect Using Thyristor Controlled Reactor [Электронный ресурс] // Advances in Automation, Signal Processing, Instrumentation, and Control: Select Proc. of i-CASIC 2020. Springer Nature Singapore, 2021. DOI: 10.1007/978-981-15-8221-9_236 (дата обращения: 23.10.2023).

5. Grunbaum R., Samuelsson J. Series capacitors facilitate long distance AC power transmission [Электронный ресурс] // Proc. of IEEE Russia Power Tech. 2005. DOI: 10.1109/PTC.2005.4524354 (дата обращения: 23.10.2023).

УДК 004.942

# МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Славкина Кристина Александровна, Шарипов Ильнар Ильдарович
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]kristinaslavkina2051@gmail.com

Рассматривается понятие имитационного моделирования, а также говорится о способах его применения.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, технологии, модели объектов, начертательная геометрия, пространственные формы, сложные системы.

# MODELING AND SIMULATION

Slavkina Kristina Alexandrovna[1], Sharipov Ilnar Ildarovich[2]
KSPEU, Kazan
kristinaslavkina2051@gmail.com

The author considers the concept of simulation modeling, and also talks about the ways of its application.

**Keywords:** simulation modeling, technologies, object models, descriptive geometry, spatial forms, complex systems.

Моделирование и имитационное моделирование играют важную роль в развитии и применении начертательной геометрии. Начертательная геометрия – это дисциплина, которая изучает пространственные формы и их свойства. Она является основой для различных инженерных и архитектурных предметов.

Моделирование в начертательной геометрии позволяет создавать реалистичные, трехмерные модели объектов. С помощью специальных программ и инструментов, таких как компьютерные графика и CAD-системы, писательности окружающих нас вещей можно создать точные модели. Это позволяет нам визуализировать и понять сложные формы и их свойства. Например, при проектировании здания моделирование позволяет архитектору увидеть его внешний вид и подобрать лучший вариант дизайна.

В современном мире, где информационные технологии занимают все более важное место, моделирование становится неотъемлемой частью многих сфер деятельности. Имитационное моделирование, как один из подходов в этой области, позволяет создавать точные и эффективные модели сложных систем [1].

Имитационное моделирование – это процесс создания моделей, которые в точности повторяют поведение реальной системы. Это позво-ляет предсказывать результаты исследуемой системы и оптимизировать

ее работу. Применение этого подхода в различных областях может иметь огромное значение, включая процессы производства, транспортные системы, логистику, экологию, экономику и другие.

Одним из ключевых преимуществ имитационного моделирования является его способность учитывать множество факторов, влияющих на работу системы, и анализировать их взаимодействие. Это позволяет принимать во внимание множество различных сценариев и предсказывать их последствия. Точность моделей в сочетании с учетом множественных переменных делает имитационное моделирование незаменимым инструментом для анализа сложных систем [2].

Однако, подходы имитационного моделирования имеют и некоторые ограничения. Необходима точная и полная информация о системе, а также понимание каждого элемента и его влияния на общую систему. Большие и сложные модели требуют высокой вычислительной мощности и обширных ресурсов.

В целом, имитационное моделирование является мощным инструментом, который позволяет анализировать и улучшать работу сложных систем. Его применение можно встретить в различных областях и оно продолжает развиваться и совершенствоваться. Современные технологии позволяют создавать все более сложные и точные модели, что открывает новые возможности для предсказания и оптимизации работы различных систем [3].

Имитационное моделирование является важным инструментом для понимания и управления сложными системами, позволяя принимать обоснованные решения и достигать эффективности в различных областях деятельности.

Имитационное моделирование позволяет смоделировать различные сценарии и протестировать их виртуально. Это особенно полезно в случаях, когда физическое моделирование неэффективно или невозможно. Например, для предсказания работы и нагрузки на конструкцию можно использовать имитационное моделирование. Это позволяет увидеть возможные слабые места и оптимизировать конструкцию до ее физического создания [4].

Таким образом, моделирование и имитационное моделирование в начертательной геометрии являются мощными инструментами, которые помогают исследовать и понимать пространственные формы и их взаимодействие. Они позволяют создавать точные и реалистичные модели, а также тестировать различные сценарии. Это значительно упрощает и повышает эффективность процесса проектирования и конструирования. В современном мире, где требуется высокая точность и быстрые результаты, моделирование и имитационное моделирование в начертательной геометрии становятся все более востребованными и неотъемлемыми инструментами [5].

## Источники

1. Имитационное моделирование: создание терминов [Электронный ресурс]. URL: https://habrahabr.ru/post/246307/ (дата обращения: 06.11.2023).

2. Журавлев С.С. Краткий обзор методов и средств имитационного моделирования производственных систем [Электронный ресурс]. URL: http://simulation.su/uploads/files/default/obzor-2010-guravlev.pdf (дата обращения: 06.11.2023).

3. Михеева Т.В. Обзор существующих программных средств имитационного моделирования при исследовании механизмов функционирования и управления производственными системами // Известия АлтГУ. 2009. № 1 (61). С. 87–90.

4. Инструмент инновационного моделирования для бизнеса [Электронный ресурс]. URL: http://www.anylogic.ru/features (дата обращения: 06.11.2023).

5. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем: введение в моделирование с помощью AnyLogic 5. СПб.: БХВ-Петербург, 2018. 390 с.

УДК 621

# АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК, ЧАСТОТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА БАЗЕ ИНВЕРТОРА ТОКА, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ГРЕБНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

Султанов Эльшан Фахраддин[1], Мамедов Эмиль Мамед[2], Исмаилов Сахиб Союн[3]
[1,2,3]Азербайджанская Государственная Морская Академия, Баку
[1]elshen_sultanov@mail.ru, [2]emilmemmedoglu@gmail.com, [3]sahib-ismayil@bk.ru

Рассмотрены характеристики преобразователей частоты на основе инвертора тока, используемых в гребных электрических установках большой мощности. Исследованы однофазные и трехфазные инверторы тока, а также рассматрен принцип работы преобразователей частоты выпускаемых для применения на судах. В статье проведён анализ основных элементов схем инверторов тока и отмечены их преиму-щества.

**Ключевые слова:** судно, переменный ток, гребная установка, преобразователь частоты, инвертор тока.

# ANALYSIS OF CHARACTERISTICS OF FREQUENCY CONVERTERS BASED ON CURRENT INVERTER USED IN HIGH POWER PROPELLER ELECTRICAL INSTALLATIONS

[1]Sultanov Elshan Fakhraddin, [2]Mammadov Emil Mammad, [3] Ismayilov Sahib Soyun
[1,2,3]Azerbaijan State Marine Academy, Baku

The article talks about the characteristics of frequency converters based on the current inverter used in large power boat oar electrical installations. Here, single-phase and three-phase current inverters manufactured for use in ships are investigated and the working principle of the frequency converter is also considered. The article also analyzed the main elements of current inverter circuits and noted its advantages.

**Keywords:** ship, alternating current, propellered engine, frequency converter, current invertor.

В настоящее время регулирование частоты вращения электродвигателей переменного тока осуществляется путём изменения числа пар полюсов и частоты тока на выходе генератора. На некоторых судах (преимущественно кранах), в случае установки в качестве гребного, электродвигателя с фазным ротором, регулирование оборотов электродвигателя осуществляется путём изменения величины сопротивления, подключаемого в роторную цепь последнего. На современных судах приводные двигатели главных генераторов работают с постоянной частотой вращения и не реверсируются. Для регулирования скорости вращения гребного электродвигателя используется частотный преобразователь, устанавливаемый

между генератором и гребным электродвигателем. Применением указанного преобразователя частоты достигается плавность регулирования скорости вращения [1–3].

Достижения в области технологий преобразователей частоты являются предпосылкой (позволяют) для разработки и установки мощных гребных электроустановок с мощностью на валу 50 МВт и более. Указанные гребные установки имеют такие положительные качества как, перегрузочная способность, улучшенные регулировочные и эксплуатационные качества, выгодность с экономической точки зрения, а также сравнительно малые массогабаритные показатели. Благодаря применению гребных электроустановок с частотными преобразователями появляется возможность реализации судов с единой электроэнергетической установкой.

Повышение установленной мощности электрических машин, применяемых в гребных установках, как следствие, создаёт необходимость применения ещё более мощных преобразователей частоты. Данные преобразователи имеют возможность организовывать распределенные шины постоянного тока, которые используются также для привода мощных электроприводов, обеспечивающих маневренность, производственные нужды и безопасность мореплавания. Применение указанных преобразователей реализовано в таких электроприводах как, подруливающие устройства, грузовые насосы и компрессоры, а также пожарные насосы и лафеты [2–4].

Согласно прогнозу компании ABB применение инверторов тока целесообразно в основном в установках больших мощностей и высоких напряжений. Рабочие напряжения современных инверторов, применяю-щихся в судовых установках, могут достигать 10 кВ, а мощности – 50 МВт. Первоначально, инвертор тока – CSI (*Current Source Inverter*) – схемо-технически и конструктивно являлся наиболее простым и не требовал сложной элементной базы. Инвертору тока присущи две характерные особенности:

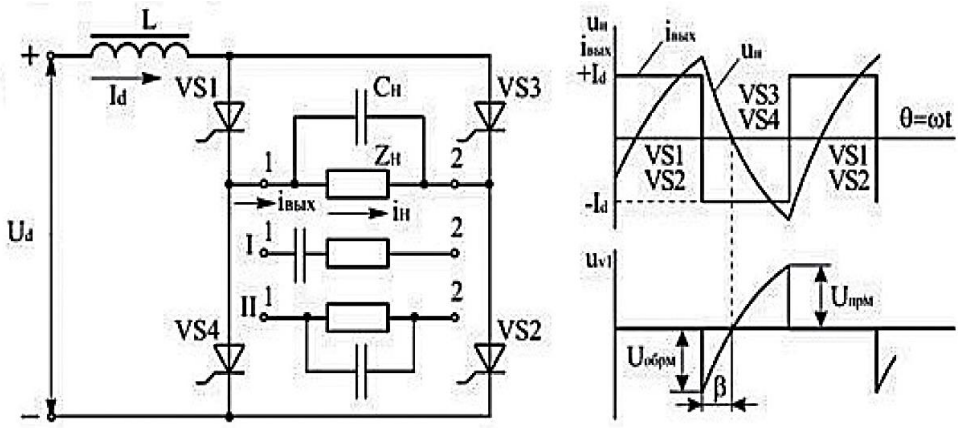
– на входе инвертора теоретически должна стоять бесконечная по величине индуктивность, следовательно, входная цепь инвертора будет представлять собой источник постоянного тока. На практике достаточно, чтобы индуктивное сопротивление дросселя в 5-6 раз превышало по абсолютной величине на минимальной рабочей частоте активную составляющую сопротивления нагрузки. В процессе переключения тиристоров на выходе тиристорного коммутатора будут иметь место прямоугольные импульсы постоянного тока противоположной полярности, так называемый «переменный» ток;

– нагрузкой инвертора должна быть цепь с внутренним динамическим сопротивлением, близким к нулю, чтобы пропускать прямоугольные импульсы тока с минимальными искажениями. С этой целью параллельно

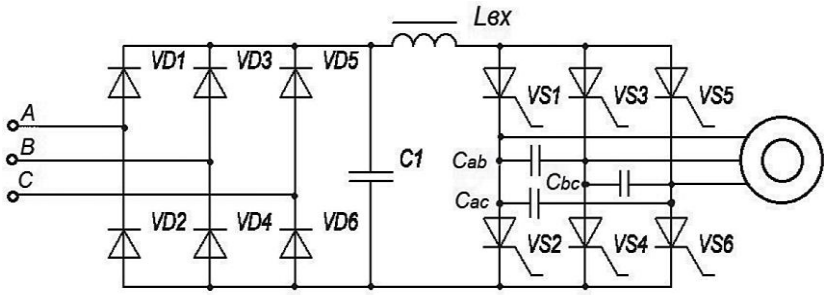
с нагрузкой подключается конденсатор, который шунтирует нагрузку в момент возникновения фронтов импульсов. Таким образом, выходная цепь инвертора тока по свойствам близка к источнику напряжения в моменты переключений.

Форма выходного тока определяется только порядком переключения тиристоров, а форма напряжения зависит от характера нагрузки. Автономные инверторы могут работать с естественной и искусственной коммутацией. Естественная коммутация автономного инвертора имеет место при его работе на пере компенсированные синхронные двигатели, на статорные обмотки вентильного двигателя и др. Однако чаще всего в автономных инверторах, выполненных на базе тиристоров, применяется искусственная коммутация вентилей.

Характер общей нагрузки инвертора тока должен быть емкостным. Конденсатор $C_н$ должен компенсировать не только реактивную мощность нагрузки $Z_н$, но и инвертора (рис. 1, *а*). Это означает, что при условии мгновенной коммутации тиристоров к запираемому вентилю должно быть приложено отрицательное напряжение в течение времени, определяемого углом $\beta = \delta$ и необходимого для восстановления его управляющих свойств. Напряжение на конденсаторе $U_{Cн}$ равно напряжению на нагрузке и на тиристоре $U_{v1}$ . При регулировании частоты выходного тока необходимо регулировать емкость конденсатора $C_н$ обратно пропорционально квадрату частоты для сохранения постоянства угла δ, что приводит к большой величине емкости при низких частотах. Вследствие этого, представленная на рис. 1, *б* схема, практически не применяется, а используются более сложные схемы.




*а*




*б*

Рис. 1. Схемы инверторов тока: *а* – однофазный инвертор тока и диаграммы напряжений и токов, поясняющие его работу; *б* – трехфазный инвертор тока с коммутирующими конденсаторами

В целях повышения качества сигнала на выходе инвертора применяется широтно-импульсная модуляция (ШИМ). В большинстве случаев в многоуровневых инверторах, используемых на судах, для большего эффекта применяется амплитудно-широтная модуляция (АШИМ) [4–6].

Работа каждой фазы многофазного инвертора, приведенного на рис. 1, подобна работе одного однофазного преобразователя. Когда открыты вентили *VS*1 и *VS*2 ток имеет одно направление. Коммутирующий конденсатор заряжается до напряжения $U_d$. Левая часть конденсатора будет иметь положительную полярность. Ток через конденсатор будет протекать лишь во время коммутации тиристоров. Отсюда и название конденсатора – «коммутирующий». При открытии тиристоров *VS*3 и *VS*4, открытые до этого тиристоры окажутся под действием обратного (запирающего) напряжения $U_c$ и начнут запираться. Ввиду этого в схемах обычных инверторов могут использоваться не запираемые тиристоры.

Приведенная на рис. 2 схема частотного преобразователя применяется на морских судах для напряжений 6000–6600 В в преобразователях частоты Power FlexTM 7000. ПЧ имеет на входе выпрямитель с широтно-импульсной модуляцией (с активным фильтром) (*Active Front End AFE rectifier*), а на выходе – инвертор тока с ШИМ.

В схеме ПЧ применены тиристоры с симметричным управляющим электродом SGCT (*Symmetrical Gate Commutated Thyristor*). SGCT является модификацией запираемого тиристора (GTO – *Gate Turn-Off thyristor*) с интегрированным драйвером. Размещение драйвера вблизи от SGCT определяет низкую индуктивность цепи управления, и это в свою очередь обеспечивает более однородное и эффективное управление силовым коммутирующим прибором. Тиристор SGCT имеет такие же характеристики, как и прибор IGCT, они используются в ряде ПЧ, однако SGCT обладает способностью держать (блокировать) напряжение до 6500 В не только в прямом, но и обратном направлениях за счет NPT-структуры

(*Non-Punch-Through Structure* – непробиваемая структура) с почти симметричным PNP транзистором в подложке, в то время как ток течет в одном направлении [6, 7].

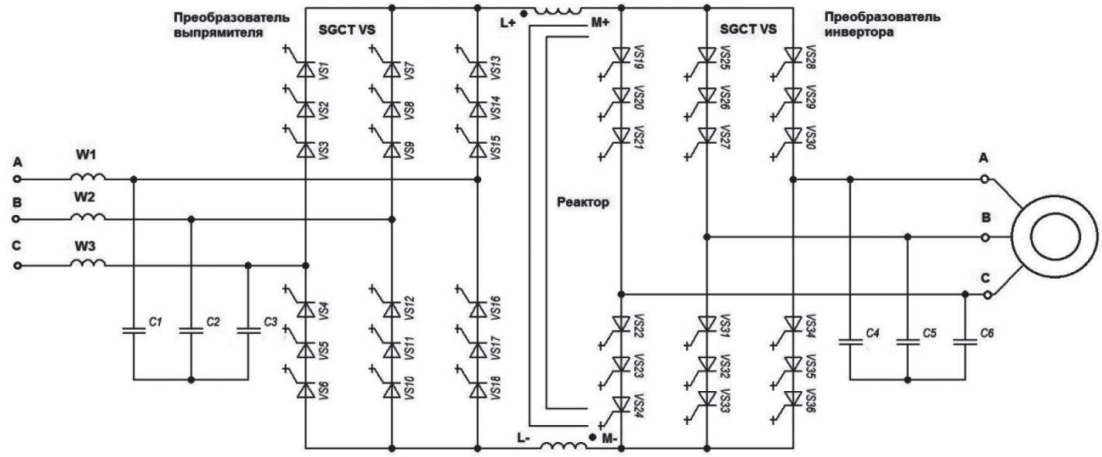



Рис. 2. Схема частотного преобразователя на основе инвертора тока и ШИМ

Использование тиристоров типа SGCT в частотных преобразователях меет нижеуказанные достоинства:

– формирование ШИМ при более высокой частоте модуляции (420–540 Гц), и, следовательно, уменьшение размеров пассивных компонентов (реактора звена постоянного тока и конденсаторов фильтра двигателя) на 50 %;

– улучшение характеристик электромагнитных и электромеханических переходных процессов в электроприводе;

– более упрощённые схемы электрических цепей, а также снижение ёмкости конденсаторов;

– уменьшение массогабаритных показателей ввиду снижения числа компонентов, а также увеличение надежности работы преобразователя частоты.

Конденсаторы *C* на выходе инвертора выполняют функцию «энергети-ческого буфера» между импульсами тока, которым по выходу является инвертор тока, и нагрузкой *Z*н, как правило, имеющей индуктивный импеданс (индуктивности рассеивания трансформаторов, асинхронных двигателей), не допускающий скачков тока в них. Ввиду этого графики напряжения и тока (для одной фазы) гребного электро-двигателя имеют следующий вид (рис. 3).

В зависимости от того, как включен конденсатор по отношению к нагрузке, инверторы тока и напряжения разделяются на параллельные, последовательные и последовательно-параллельные.

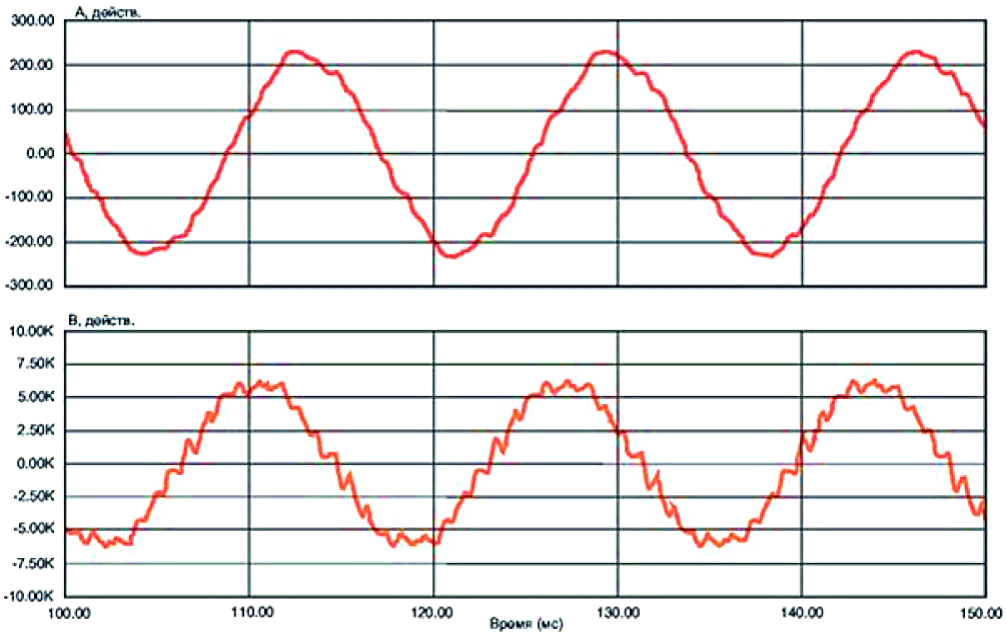



Рис. 3. Форма тока и напряжения электродвигателя при полной нагрузке и номинальной скорости

В параллельном инверторе коммутирующий конденсатор подключается параллельно с нагрузкой.

В режиме холостого хода, когда конденсатор *C* заряжается до напряжения U, инвертор не работает, так как тиристоры остаются запертыми. При большом токе нагрузки, когда напряжение на конденсаторе *C* быстро уменьшается (сокращается время $t_c$), может произойти опрокидывание, т. е. тиристоры, выходящие из работы, не успеют закрыться. При опрокидывании ток в цепи будет ограничен только активным сопротивлением дросселя *L*, следовательно, автономный инвертор тока может работать в ограниченном диапазоне токов нагрузки [7, 8].

Проведено исследование особенностей, перспективных для гребных электродвигателей большой мощности, преобразователей частоты на базе инверторов тока, на основании которых были выявлены и указаны преимущества и недостатки широко применяемых на судах инверторов тока:

– не допускает режимов холостого хода и имеет ограничение по предельному значению тока нагрузки;

– имеет внешнюю характеристику с участком резкого спада напряжения;

– имеет форму выходного напряжения, зависящую от величины нагрузки (треугольная форма в режимах, близких к холостому ходу, и синусоидальная – в режимах предельных нагрузок);

– является инерционным преобразователем, так как скорость изменения режима определяется скоростью изменения тока в реакторе с большой индуктивностью $L_d$;

– низкая рациональность при получении низких частот на выходе, так как при этом возрастают массогабаритные показатели реактора и конденсатора.

Для ослабления влияния этих недостатков или даже устранения некоторых из них обычно модифицируют классическую схему (так называемого параллельного инвертора тока) за счет следующих преобразований:

– введения дополнительных конденсаторов на выходе инвертора;

– введения отсекающих вентилей;

– введения вентилей обратного тока;

– введения тиристорно-индуктивного регулятора;

– введения необходимых для гребной электроустановки обратных связей;

– применения широтно-импульсного регулирования выходного тока инвертора;

– применения векторного (фазового) регулирования.

Улучшенные регулировочные и эксплуатационные качества, позволяют указать целесообразность применения частотных преобразователей на базе инверторов тока в гребных электроустановках большой мощности судов, проектируемых на судостроительных предприятиях нашей республики.

## Источники


1. Полонский В.И. Гребные электрические установки. Л.: Морской транспорт, 1968. 540 с.

2. Səlimova A.K., Sultanov E.F., Məmmədov E.M. Böyük güclü gəmi avar elektrik qurğularının tədqiqi // ADDA-nın Elmi əsərləri. 2023. № 1. Səh. 115–122.

3. Воскобобур В.Ю. Моделирование систем электродвижения переменно-постоянного тока с управляемыми выпрямителями. СПб., 2000.

4. Radan D. Power electronic convertors for ship propulsion electric motors. Trondheim, Norway: NTNU, 2005. 23 p.

5. Sultanov E.F., Rüstəmov R.M. Dəyişən cərəyan avar elektrik mühərriklərinin tezlik çeviriciləri ilə idarə olunmasının tədqiqi // Gənc Tədqiqatçı, Elmi praktiki jurnal. 2021. № 1. Səh. 14–15.

6. Зиновьев Г.С. Основы силовой электроники: учеб.: в 2 ч. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. Ч. 2. 197 с.

7. Sultanov E.F., Məmmədova F.V. Gəmi elektronikası və güc çeviriciləri. Dərs vəsaiti, Bakı, ADDA, 2020. 170 səh.

8. Sultanov E.F., Səlimova A.K., Rüstəmov A.K. Gəmi elektrik intiqalının tezlik çeviriciləri ilə idarə olunması. Dərslik, Bakı, ADDA, 2023. 215 səh.

УДК 621.315.592.2

# AB INITIO И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО СОЕДИНЕНИЯ СВОЙСТВ $In_2Se_3$

Талыфлы Айсель Физули[1], Алигулиева Хаяля Вагиф[2]
[1,2]Сумгаитский государственный университет, г. Сумгаит
[1]talibli_aysel@mail.ru, [2]xayala-firuza@mail.ru,

Представлены результаты исследования колебательных свойств полупроводникового соединения $In_2Se_3$ теоретически, методом теории возмущений функционала плотности (DFPT), и экспериментально, с использованием рамановской спектроскопии. Сравнение измерений комбинационного рассеяния света и расчетов динамики решетки позволило нам идентифицировать четыре раман-активных моды, обнаруженных в 91.28, 104.5, 182.68 и 193.6 $см^{-1}$. Идентификация фононных мод проводились по рассмотрению точечной группы симметрии. Результаты идентификации фононных мод подтвердили R3m-симметрию фазы $\alpha$-$In_2Se_3$. Проведено также сравнение результатами с имеющимся в литературе экспериментальными данными, полученными методом рамановской спектроскопии. Рассчитанные частоты и симметрии фононных мод в центре зоны Бриллюэна хорошо согласуются с экспериментальными данными.

**Ключевые слова:** $In_2Se_3$, комбинационного рассеяния света, ИК активные моды, дисперсия фононов, плотность состояний.

# AB INITIO AND EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE VIBRATIONAL PROPERTIES OF THE $In_2Se_3$ SEMICONDUCTOR COMPOUND

[1]Talifli Aysel Fizuli, Aligulieva Xayala Vaqif [2]
[1,2]Sumgait State University, Sumgait
[1]talibli_aysel@mail.ru, [2]xayala-firuza@mail.ru,

The results of the investigation into the vibrational properties of the $In_2Se_3$ semiconductor compound are presented both theoretically, using the density functional perturbation theory (DFPT) method, and experimentally, through Raman spectroscopy. A comparison between Raman scattering measurements and lattice dynamics calculations allowed the identification of four Raman-active modes at 91.28, 104.5, 182.68, and 193.6 $cm^{-1}$. Phonon modes were identified by considering the point group symmetry. The results of phonon mode identification confirmed the R3m symmetry of the $\alpha$-$In_2Se_3$ phase. These results are also compared with experimental data available in the literature obtained by Raman spectroscopy. The calculated frequencies and symmetries of phonon modes at the center of the Brillouin zone exhibit good agreement with experimental data.

**Keywords:** $In_2Se_3$, Raman scattering of light, IR active modes, phonon dispersion, density of states.

Полупроводниковое соединение $In_2Se_3$ привлекает внимание как материал для фотоэлектрических солнечных элементов ионных батарей, фотоприемников, фазовых запоминающих устройств с произвольным доступом, термоэлектрических материалов [1, 2].

Объемные кристаллы $In_2Se_3$ характеризуются различными модификациями кристаллической структуры, не слишком однородны и не имеют зеркальных поверхностей скола. Вследствие технологических трудностей выращивания эти кристаллы до сих пор мало изучены.

С помощью DFPT и рамановской спектроскопии в данной работе исследована динамика решетки полупроводникового соединения $\alpha$-$In_2Se_3$ с ромбоэдрической структурой.

Электронные, оптические и динамические свойства данного соединения хорошо изучены экспериментально, тогда как теоретические исследование колебательных свойств, играющее важную роль в интерпретации спектров комбинационного рассеяния (КР), инфракрасного отражения (ИК) спектров, и в уточнении кристаллических структур, почти отсутствует. Спектры КР $\alpha$-$In_2Se_3$ изучены экспериментально в работах, однако нет четких выводов о пространственной симметрии $\alpha$- фазы, поскольку не проведены теоретические расчеты для интерпретации эксперимен-тальных данных. Теоретически колебательное состояние изучалось лишь в работе, т и то только для центра зоны Бриллюэна (ЗБ). Поэтому, все еще остаются актуальными теоретические исследования динамических свойств данного соединения, что и послужило мотивацией настоящей работы.

Целью настоящей работы является исследование фононных спектров, определение симметрии фононных мод в центре ЗБ, сравнение результатов с экспериментальными данными, полученными из КР спектра, и на основе этого уточнить кристаллической симметрии данного образца $In_2Se_3$.

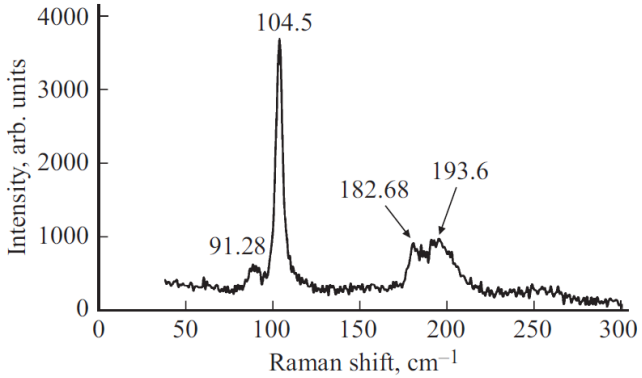



Рис. 1. Спектр комбинационного рассеяния света $\alpha$-$In_2Se_3$

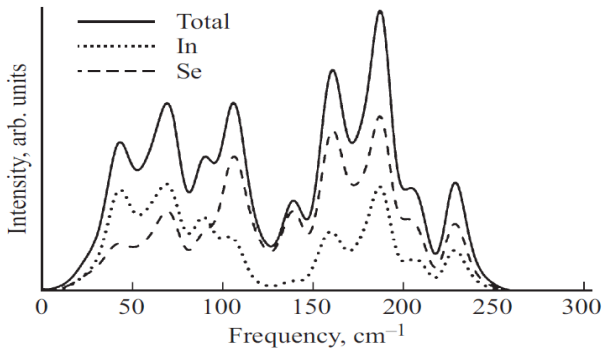



Рис. 2. Полная и проецированные на атомы плотности фононных состояний в $\alpha$-$In_2Se_3$

В настоящей работе были проведены совместное экспериментальное и теоретическое исследование колебательных свойств α-$In_2Se_3$ с помощью измерений комбинационного рассеяния света, а также *ab initio* расчетами динамики решетки. Сравнение результатов комбинационного рассеяния света с расчетами из первых принципов, а также теоретико-групповой анализ позволили нам идентифицировать фононные моды α-$In_2Se_3$. Наше исследование подтвердило R3m-симметрию фазы α- $In_2Se_3$ как подходящую пространственную группу.

## Источники

1. Локализационные эффекты в тонких плёнках твёрдого раствора $BI_2TE_2$, 7SE0,3 / Н.А. Абдуллаев [и др.] // Физика диэлектриков: матер. XIV Междунар. конф. 2017. С. 41–43.

2. Влияние легирования редкоземельными элементами (EU, TB, DY) на электропроводность слоистых монокристаллов $BI_2TE_3$ / Н.А. Абдуллаев [и др.] // Физика и техника полупроводников. 2017. Т. 51, № 7. С. 981–985.

УДК 621-313.3

# КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Толочманова Милена Александровна[1], Валиуллина Дилия мансуровна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]milena_tolochmanova@mail.ru, [2]valiullinadiliya@mail.ru

Качество электроэнергии – это комбинация эксплуатационных параметров сети, при которых их реальные значения полностью или частично соответствуют заявленным показателям. Как правило, основные параметры электрической сети определяются, исходя из регламентов нормативной документации и должны соблюдаться путём применения высокотехнологичных генерирующих или трансформирующих устройств.

**Ключевые слова:** электроэнергия, качество, система электроснабжения, качество электрической энергии.

# POWER QUALITY IN POWER SUPPLY SYSTEM

Tolochmanova Milena Alexandrovna[1], Valiullina Dilia Mansurovna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]milena_tolochmanova@mail.ru, [2]valiullinadiliya@mail.ru

Power quality is a combination of operational parameters of the network, at which their real values fully or partially correspond to the declared indicators. As a rule, the main parameters of the electrical network are determined, based on the regulations of regulatory documentation and must be observed through the use of high-tech generating or transforming devices.

**Keywords:** electricity, quality, power supply system, quality of electric energy.

Потребители электрооборудования и электрической энергии могут вырабатывать номинальную мощность и достигать максимального КПД только при постоянном напряжении питания, частоте питающего тока и других параметрах. Развитие электрооборудования и потребителей электрической энергии связано с определенными параметрами подводи-мого напряжения, частоты питающего тока и другими показателями. Однако напряжение, подаваемое на приемник, может существенно отличаться от требуемого. Также может отличаться и частота подаваемого тока. Эти отклонения могут негативно влиять на работу оборудования и приемника, а в некоторых случаях даже приводить к сбоям в работе.

Причины, вызывающие отклонения параметров сети от номинальных значений могут быть разнообразными: непрерывное изменение нагрузки потребителей, плановые коммутации и изменения конфигурации сети, аварии.

Отклонение напряжения определяется при помощи специального коэффициента, характеризующего установившиеся отклонения по отношению к номинальным. Для расчета используется следующая формула:

$$\delta U_{уст} = 100\ \% \cdot (U_т - U_н) / U_н,$$

где $U_т$ – текущий показатель; $U_н$ – номинальный. Измерения показателей качества производится на приемниках электроэнергии. Осцилограмма данного процесса представлена ниже.




Установившееся отклонение и колебания напряжения

Различные виды отклонений параметров электрической энергии могут встречаться, но при этом оставаться в пределах нормативов. В соответствии с требованиями ПУЭ, существуют две категории отклонений: нормальные и предельно допустимые. Нормальные отклонения не превышают 5 % от номинальных значений, в то время как предельно допустимые отклонения могут достигать 10 %, как в положительную, так и в отрицательную сторону от эталонных значений.

Качество поставляемой электроэнергии может изменяться со временем, в зависимости от количества потребителей в сети. Для контроля всех параметров и оценки качества, рекомендуется проводить периодические инспекции электроустановок не реже одного раза в год, согласно нормативным документам.

Одним из показателей качества электроэнергии является коэффициент временного перенапряжения. В работе сети переменного тока наблюдаются колебания интенсивности и стабильности. Идеально это явление описывается синусоидальной зависимостью, при которой амплитуда колебаний остается постоянной. В случае появления короткого замыкания или импульсного скачка напряжения, превышающего 10 % от номинальных параметров, говорят о временном перенапряжении.

Коэффициент временного перенапряжения – это величина, характеризующая обеспечение качества электрической энергии, которая определяется на основе линейной зависимости. Данный показатель описывает изменение амплитуды колебаний в единицу времени. При вычислении этого параметра важно уделять повышенное внимание количеству скачков напряжения в минуту, час или другой промежуток времени.

Для проверки всех характеристик электроэнергии на соответствие требованиям ГОСТ 53144-2013, ГОСТ Р 54149-2010 и другим нормативным документам, потребуется специальная измерительная техника. Но часть основных показателей можно измерить, используя обычный мультиметр или определить несоответствие по косвенным признакам.

Качество электроэнергии является важным аспектом для эффективной работы электрической сети. При оценке этого параметра используется несколько показателей, которые связаны с амплитудой синусоиды, описывающей колебания в сети переменного тока. Однако, если отклонения превышают 10%, это уже указывает на необходимость улучшения качества энергии. Хотя такие значения все еще находятся в пределах допустимых значений, они могут влиять на работу некоторых электрических устройств и оборудования. В таких случаях, требуется вмешательство для улучшения эксплуатационных параметров. Если качество электроэнергии значительно превышает допустимые значения, то это может привести к серьезным проблемам. Например, высокие уровни искажений сигнала могут повлиять на работу электронных приборов, вызывая сбои и неисправности. В таких случаях, необходимо принять меры для улучшения качества электроэнергии, что может включать в себя установку фильтров, стабилизаторов или других устройств для подавления помех и снижения искажений. В целом, поддержание надлежащего качества электроэнергии является важной задачей для энергетических компаний и потребителей. Это помогает обеспечить надежное и безопасное функционирование электрической сети, а также сохранить работоспособность электронного оборудования. Поэтому, постоянное контролирование и улучшение качества электроэнергии является неотъемлемой частью современной энергетической инфраструктуры.

## Источники

1. Воркунов О.В., Галимова Г.Ф. Автоматизированная система учета расхода электрической энергии и контроля показателей ее качества // Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации: сб. тр. конф. Махачкала, 2023. С. 109–111.

3. Хилажев Т.И., Валиуллина Д.М., Хайретдинов Р.М. Системы контроля качества электрической энергии // Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация»: матер. Междунар. молод. научн. конф.: в 3 т. Казань, 2021. С. 67–68.

УДК 629.064.5

# СХЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ВЗРЫВОПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ НА ЭЛЕВАТОРЕ

Файзрахманов Ришат Рамильевич[1], Артамонова Екатерина Валерьевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]nedegradant@mail.ru

В статье рассматривается схема автоматического управления технологическим процессом элеватора во избежание взрывопожароопасности.

**Ключевые слова:** взрывопожароопасность, элеватор, автоматизация**.**

# AUTOMATIC CONTROL SCHEME TO INCREASE EXPLOSION AND FIRE SAFETY AT THE ELEVATOR

Faizrakhmanov Rishat Ramilevich[1], Artamonova Ekaterina Valer'evna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1,2]nedegradant@mail.ru

The article discusses the scheme of automatic control of the technological process of the elevator in order to avoid explosion and fire hazard.

**Keywords:** explosion and fire hazard, elevator, automation**.**

Предприятия по хранению и переработке зерна входят в число наиболее опасных промышленных объектов. Увеличение валового урожая зерновых культур приводит к росту загруженности производственных мощностей предприятий зерноперерабатывающей отрасли [1], что увеличивает и их взрывоопасность при постоянном наличии пылевоздушной смеси.

Предлагается технология автоматического управления процессами сушки и хранения растительного сырья [2], обеспечивающего не только его высокое качество и сохранность, но и условия снижения пожарной опасности (см. рисунок).

По текущей информации о расходе растительного сырья с повышенным содержанием жирных кислот в линии 0.2 микропроцессор 28 в соответствии с заложенным в него алгоритмом устанавливает массовый и тепловой расход воздуха на входе в зоны нагрева *2* шахтной сушилки *1* воздействием на мощность регулируемых приводов вентиляторов *8* и на расход рабочего пара в калориферах *7* посредством исполнительных механизмов. По текущим значениям влажности растительного сырья в зонах нагрева *2* микропроцессор устанавливает расход антиоксиданта

на этапах смешивания путем воздействия на исполнительные механизмы шнековых смесителей *4*, а по текущей температуре растительного сырья в секциях охлаждения *3* микропроцессор устанавливает расход кондиционированного воздуха на входе в эти секции воздействием на мощность регулируемых приводов вентиляторов *9*.

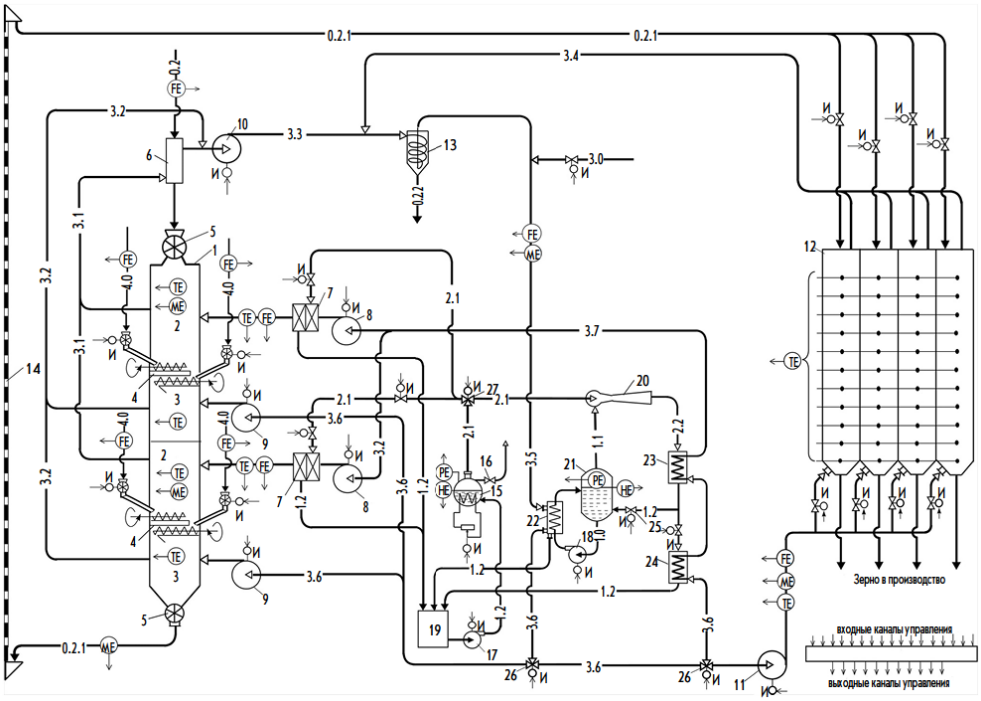



Схема управления процессами сушки и хранения растительного сырья

По информации датчиков о расходе и влагосодержании паровоздушной смеси после сушилки 1 и силосов 12 в линии 3.5 микропроцессор 28 определяет количество водяных паров в смеси, в зависимости от которого устанавливает коэффициент эжекции пароэжекторного теплового насоса воздействием на соотношение расходов рабочего пара, подаваемого по линии 2.1 в сопло эжектора, и эжектируемого пара хладагента по линии 1.1 из испарителя 21 путем изменения расхода рабочего пара. Причем микропроцессор устанавливает производительность парогенератора 15 воздействием на мощность его электронагревательных элементов в зависимости от давления рабочего пара, подаваемого в эжектор 20 по линии 2.1.

При отклонении текущей температуры сырья в любой из точек измерения от заданного значения микропроцессор устанавливает заданный расход смеси кондиционированного и свежего воздуха в линии 3.6 воздействием на мощность регулируемого привода вентилятора 11 с помощью соответствующего исполнительного механизма. Таким образом, исключаются очаги самосогревания и возможность возникновения взрывопожароопасной среды.

По информации датчика давления микропроцессор осуществляет непрерывную стабилизацию давления рабочего пара в парогенераторе 15 воздействием на мощность электронагревательных элементов посредством исполнительного механизма. При этом достигается заданное значение производительности парогенератора, необходимое для эжектирования паров хладагента из испарителя.

Информация о текущем значении уровня конденсата в парогенераторе с помощью датчика передается в микропроцессор. При изменении уровня конденсата микропроцессор осуществляет двухпозиционное регулирование приводом питающего насоса 17, а именно инициирует включение питающего насоса при достижении уровня конденсата в парогенераторе нижнего заданного значения и отключение его при достижении верхнего заданного значения. В случае технологических и аварийных сбоев в работе парогенератора, связанных с возможным увеличением давления рабочего пара в его рабочем объеме, предусмотрен предохранительный клапан 16.

Предлагаемая схема автоматического управления позволяет существенно повысить взрывопожаробезопасность элеваторов за счет внедрения систем автоматизации для одновременного ведения процессов сушки и хранения. Происходит стабилизация термовлажностных характеристик зерновых культур, что исключает возможность образования взрывопожароопасной среды.

## Источники

1. Батчер Е., Парнаэлл А. Опасность дыма и дымозащита // пер. с англ.; под ред. В.М. Есина. М.: Стройиздат, 1983. 152 с.

2. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2006. 98 с.

3. Цветкова О.В. Автоматизация систем управления плавательного бассейна: магистерская диссертация. Казань, 2012.

4. Малёв Н.А., Погодицкий О.В., Цветков А.Н. Синтез и реализация цифрового регулятора высокого порядка на программируемом логическом контроллере // Тр. IX Междунар. (XX Всерос.) конф. по автоматизированному электроприводу. Пермь, 2016. С. 187–190.

5. Цветкова А.А. Электроснабжение АО «Татэлектромонтаж»: ВКР. Казань, 2023. С. 76–82.

УДК 621.311

# НЕРАЗРУШАЮЩИЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ

Хасанов Тагир Азатович[1], Мифтахова Наиля Камильевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]tagir02@bk.ru, [2]nailya_miftahovna@mail.ru

В тезисе описывается необходимость неразрушающих методов диагностики, описание и разбор самих методов. Перечисляются положительные и отрицательные стороны неразрушающих методов диагностики кабельных линий.

**Ключевые слова:** неразрушающий контроль кабельной линии, рефлектрометрия, тепловизионный метод, бесперебойная работа, диэлектрические потери, частичные разряды.

# NON-DESTRUCTIVE METHODS FOR CABLE LINE DIAGNOSTICS

Khasanov Tagir Azatovich[1], Miftakhova Nailya Kamilievna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]tagir02@bk.ru, [2]nailya_miftahovna@mail.ru

The thesis describes the need for non-destructive diagnostic methods, a description and analysis of the methods themselves. The positive and negative aspects of non-destructive methods for diagnosing cable lines are listed.

**Keywords**: non-destructive testing of a cable line, reflectometry, thermal imaging method, uninterrupted operation, dielectric losses, partial discharges.

На сегодняшний день вопрос бесперебойной работы есть везде, как и в работе систем электроснабжения промышленных предприятий, сельского хозяйства, городов, судов, транспорта и т. д. Одним из главных критериев бесперебойной работы является надежность кабельной линии, которые в любом случае подвергаются электрическому, тепловому пробою, механическому старению.

Решение по дальнейшей эксплуатации, ремонта или полной замене кабельной линии в рабочих условиях, принимают после диагностики, которая делится на разрушающую и неразрушающую. Рассмотрим ближе несколько неразрушающий метод диагностики [1].

Первым методом является измерения сопротивления изоляции. Этот метод используется для оценки качества изоляции кабельной линиях. Этот процесс позволяет определить, насколько хорошо изоляция кабеля предотвращает утечку тока между проводниками и землей.

Вторым методом является измерение емкости и диэлектрических потерь в кабельной линии. Этот метод позволяет оценить электрические характеристики изоляции и обнаружить потенциальные проблемы.

Третий метод измерение частичных разрядов – это ещё один важный метод для диагностики состояния изоляции в кабельных линиях и электрооборудовании. Частичные разряды – это маленькие электрические разряды, которые могут возникать внутри изоляции и являются индикатором её деградации или дефектов.

Четвертый – тепловизионный метод. Этот метод основан на использовании тепловизоров – приборов, способных измерять инфракрасное излучение и преобразовывать его в видимое изображение [2].

Последний метод – измерение методом рефлектометрии. Для проведения рефлектометрии используется специальное оборудование – рефлектометр (см. рисунок) или OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*). При помощи рефлектометра можно проводить диагностику как оптоволоконных, так и медных кабельных линий.




Имульсный рефлектрометр Tempo CableScout CS90B

Преимуществами методов неразрушающего контроля кабельных линий являются:

1. Экономия времени и ресурсов: неразрушающие методы позволяют проводить диагностику кабельных линий без необходимости отключюючения электричества или аналогичных процедур, что существенно экономит время и ресурсы.

2. Безопасность: данный вид диагностики предотвращает возможность повреждения кабельных линий или оборудования, что уменьшает риск возникновения аварий или проблем.

3. Возможность обследования в труднодоступных местах: неразрушающие методы позволяют проводить диагностику кабельных линий в труднодоступных местах, где проведение разрушающей диагностики было бы затруднительным или невозможным.

Недостатки неразрушающих методов диагностики кабельных линий:

1. Ограничения по глубине проведения диагностики: некоторые неразрушающие методы могут иметь ограничения по глубине проведения диагностики и не позволяют получить информацию о состоянии кабельной линии на больших расстояниях.

2. Зависимость от опыта и квалификации специалиста: неразрушающие методы требуют высокой квалификации и опыта у специалистов, проводящих диагностику, чтобы получить достоверные результаты и избежать ошибок.

3. Возможность ошибочной интерпретации результатов: некоторые неразрушающие методы могут давать неправильные или двусмысленные результаты, требующие дополнительных проверок или конкретных знаний для правильной интерпретации [3].

Таким образом неразрушающая диагностика кабельных линий является перспективным направлением в энергетике, позволяющий без повреждения кабеля проводить его оценку работы, что положительно влияет на экономические затраты для передачи элетроэнергии.

## Источники

1. Привалов Е.Е. Диагностика оборудования кабельных линий электропередач: учебное пособие. М.; Берлин: Директ-Медиа, 2015. 57 с.

2. Гильманов Э.А. Повышение эффективности эксплуатации кабельных линий передачи на основе их диагностики методом импульсной рефлектометрии: дис. … канд. техн. наук. Уфа, 2009. 167 с.

3. Мифтахова Н.К. Ившин И.В. Методики диагностики кабельных линий // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. Междунар. молод. науч. конф. по естественнонаучным и техническим дисциплинам. Йошкар-Ола, 2014. С. 69–71.

УДК 621.313

# ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРА НАПРЯЖЕНИЯ ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА ГОРОДА

Холопов Дмитрий Викторович[1], Савенко Александр Евгеньевич[2]
[1,2]Керченский государственный морской технологический университет, г. Керчь
[1]dima.smolin.93@mail.ru, [2]savenko-70@mail.ru

В работе рассматривается система электроснабжения наземного городского электротранспорта. Отмечается влияние мощных выпрямительных установок на качество электри-ческой энергии из-за возникновения высших гармоник. Приведены осциллограммы формы кривых тока и напряжения в цепи вторичной обмотки преобразовательного трансформатора тяговой подстанции, когда наблюдался максимум искажения формы кривой напряжения.

**Ключевые слова:** электротранспорт, тяговая подстанция, система электроснабжения, высшая гармоника, выпрямительная установка, коэффициент искажения.

# STUDY OF THE VOLTAGE SPECTRUM OF CITY ELECTRIC TRANSPORT TRACTION SUBSTATIONS

Holopov Dmitrij Viktorovich[1], Aleksandr Evgenevich Savenko[2]
[1,2]Kerch State Maritime Technological University
[1]dima.smolin.93@mail.ru, [2]savenko-70@mail.ru

The paper examines the power supply system for ground urban electric transport. The influence of powerful rectifier units on the quality of electrical energy due to the occurrence of higher harmonics is noted. Oscillograms of the shape of the current and voltage curves in the circuit of the secondary winding of the converter transformer of a traction substation are presented, when the maximum distortion of the voltage curve shape was observed.

**Keywords:** electric transport, traction substation, power supply system, higher harmonics, rectifier installation, distortion factor.

Одной из основных задач системы электроснабжения наземного городского электротранспорта является прием и преобразование электрической энергии в постоянный ток, поскольку, городской электрический транспорт является преимущественно потребителем постоянного тока [1]. Останавливаясь на вышеуказанной особенности, следует отметить, что приемниками электроэнергии с нелинейными характеристиками являются в первую очередь преобразовательные установки переменного тока в постоянный. Применение этих устройств в системе электроснабжения электротранспорта обостряет проблему качества электроэнергии, составной частью которой является уровень высших гармоник. Несинусоидальные режимы, возникающие при работе силовых преобразовательных

агрегатов тяговых подстанций, неблагоприятно отражающихся на работе силового электрооборудования, систем релейной защиты, автоматики, телемеханики и связи [2].

В целом, стоит отметить, что мощные выпрямительные установки всегда являются генераторами высших гармоник, которые, трансформируясь в первичную сторону трансформатора питания, проникают в распределительную сеть 6 - 10 кВ, искажая синусоидальное напряжение сети, особенно когда мощность выпрямительной установки определяет основную нагрузку данной сети.

Пример осциллограммы формы кривых тока и напряжения в цепи вторичной обмотки преобразовательного трансформатора тяговой подстанции, когда наблюдался максимум искажения формы кривой напряжения, приведен на рис. 1.

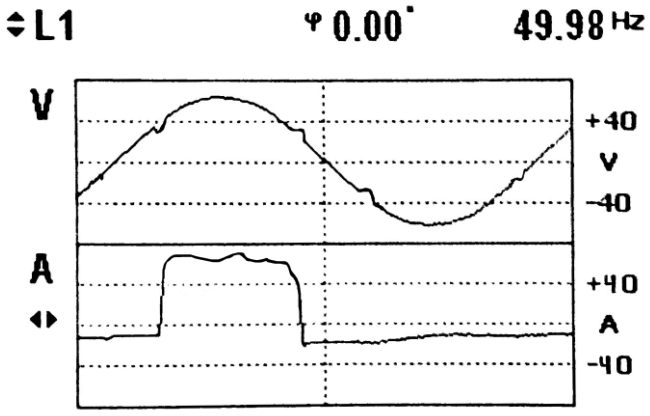



Рис. 1. Осциллограмма напряжения и тока вторичной обмотки преобразовательного трансформатора при значительной загруженности тяговых подстанций

Именно в часы пик проведено инструментальное определение значений показателей качества электрической энергии, что позволило получить доказательства того, что в течение работы тяговых подстанций и контактной сети электрического транспорта в них возникают недопустимые уровни помех и искажений, которые вносятся преобразователями в электрическую сеть. Допустимое содержание гармоник оценивалось коэффициентом искажения синусоидальности кривой напряжения. Согласно ГОСТ 13109 для промышленных сетей коэффициент искажения $K_u$ не должен превышать 8 %. Исследованиями определено, что на тяговых подстанциях значение коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения достигало 7 % от $U_н$, при допустимом стандартном значении 8 % $U_{нэ}$, а отдельные гармонические составляющие напряжения иногда превышали в несколько раз допустимые значения. При этом следует отметить, что

основными превалирующими гармониками в спектре напряжения переменного тока были канонические гармоники с номерами 5, 7, 11, 13. 17. Соответствующие изображенным выше кривым спектры напряжения и тока приведены на рис. 2.

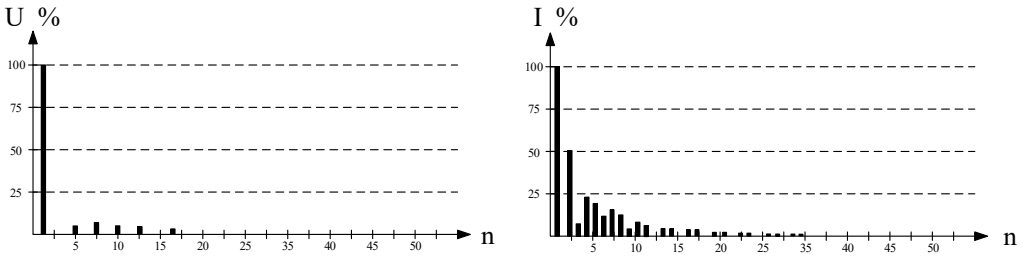



Рис. 2. Спектры напряжения и тока вторичной обмотки преобразовательного трансформатора при значительной загруженности тяговых подстанций

Полученные данные свидетельствуют, что при этом кривая тока содержала и четные, и нечетные гармонические составляющие, амплитудные значения токов которых пропорционально уменьшались с увеличением порядка высшей гармоники. Характер присутствия высших гармоник в спектрах тока был идентичным для всех исследуемых тяговых подстанций электрического транспорта. Кривые тока в цепях вторичных обмоток преобразовательных трансформаторов имели не синусоидальную, а прямоугольно-ступенчатую форму.

## Источники

1. Грачева Е.И., Исмоилов, И.И. Повышение управляемости энергетическими системами и улучшение качества электроэнергии // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 1 (53). С. 3–12.

2. Грачева Е.И., Рахимов, О.С., Мирзоев Д.Н. Экспериментальное исследование показателей качества и потерь электроэнергии в низковольтных сельских электрических сетях // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 3. С. 209–222.

УДК 629.064.5

# ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С УЧЕТОМ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМАТИЗАЦИИ

Цветкова Анастасия Алексеевна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
nedegradant@mail.ru

В статье рассматривается выявление наиболее энергоэффективного способа управления вентиляционной системой предприятия.

**Ключевые слова:** датчик влажности, датчик температуры, промышленное предприятие**.**

# TECHNICAL AND ECONOMIC CALCULATION OF THE PARAMETERS OF THE VENTILATION SYSTEM, TAKING INTO ACCOUNT THE INTRODUCTION OF AUTOMATION ELEMENTS

Tsvetkova Anastasia Alexseevna
KSPEU, Kazan
nedegradant@mail.ru

The article discusses the identification of the most energy-efficient way to control the ventilation system of the enterprise.

**Keywords** humidity sensor, temperature sensor, industrial enterprise**.**

Промышленное предприятие АО «Татэлектромонтаж» функционирует в дневном режиме. Следовательно, постоянное поддержание комфортных для рабочего персонала условий не имеет необходимости [1]. Совместное использование частотного регулятора и датчика контроля температуры и влажности является способом автоматизации вентиляционной системы предприятия за счет автоматического регулирования параметров. Поставлена задача выявления наиболее энергоэффективного способа управления вентиляционной системой предприятия, для этого рассмотрим нормы необходимых для расчета параметров:

– кратность воздухообмена;

– производительность вентиляционных установок (для промышленных помещений – 1000–10000 $м^3$/ч);

– расход электроэнергии.

Чтобы посчитать кратность обмена воздуха, можно воспользоваться формулой (м$^3$/ч): $L = S \cdot H \cdot n$, где $S$ – площадь комнаты (м$^2$); $H$ – высота потолка (м); $n$ – кратность.

Для расчета обмена кислорода по количеству людей используют формулу (м$^3$/ч): $L = N \cdot L_{норм}$, где $L_{норм}$ – количество потребляемого воздуха одним человеком (минимальная физическая активность – 20 м$^3$/ч, средняя активность – 40 м$^3$/ч, высокая активность – 60 м$^3$/ч); $N$ – число людей в комнате. Аналогичным образом рассчитывается расход воздуха и для остальных помещений предприятия, после чего суммируется общая производительность. От полученного значения делается подбор вентиляционного оборудования.

Полученные значения

| | Прессовый участок | Инструментальная | Ремонтный цех | Склад |
|---|---|---|---|---|
| $L$ кратность обмена воздуха | 31 232 м3/ч | 8 232 м3/ч | 23 296 м3/ч | 3 040 м3/ч |
| $L$ воздухообмен на кол-во людей | 12 чел., 480 м³/ч | 3 чел., 120 м³/ч | 10 чел., 400 м³/ч | 2 чел., 80 м³/ч |

Вентиляционная система обеспечивает воздухообмен в помещении площадью 2400 квадратных метров и имеет поток воздуха в 8000 м³/ч. Тогда, чтобы рассчитать потребление энергии этой системой за один час, необходимо выполнить следующие шаги:

1. Рассчитаем поток воздуха в м³/мин: 8000 м³/ч = 133,33 м³/мин
2. Рассчитаем потребляемую мощность в кВт: 14 кВт.
3. Рассчитаем время работы системы в часах: 1 ч.
4. Подставим полученные значения в формулу:

$$\text{Энергия (кВт·ч)} = 18 \text{ кВт} \cdot 1 \text{ ч} = 14 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Таким образом, вентиляционная система мощностью 18 кВт, обеспечивающая воздухообмен в помещении площадью 2400 квадратных метров, потребляет 14 кВт·ч энергии в час. Применяя схему автоматизации системы с помощью установки частотного регулятора и датчика температуры, дневной расход энергии меняется.

Режим работы предприятия АО «Татэлектромонтаж» с 8:00 до 16:00, значит, во временной промежуток с 17:00 до 8:00 следующего дня вентиляционные установки снижают работоспособность на 90 % (зимой

на 80 %), вследствие отсутствия раздражителей и загрязнителей воздуха, а также вследствие необходимости лишь в минимальном воздухообмене для поддержания помещения в нерабочее время.

Получается, что в нерабочее время вентиляционная система затрачивает 1,4кВт·ч энергии:

1,4 кВт · ч · 6,89626 руб/кВт·ч = 9,654764 руб. в час.

В день (24 часа) учитывая разную производительность в разное время суток:

8 часов · 96,54764 руб. в час. = 772,38112 руб. за период работы с 8:00 до 16:00;

16 часов · 9,654764 руб. в час = 154,476224 руб. за период работы с 16:00 до 8:00;

772,38112 руб. + 154,476224 руб. = 926,857344 руб. в сутки.

Для внедрения элементов автоматизации в систему вентиляции необходимо учесть следующие затраты:

– частотный регулятор (2 шт.) Danfoss VLT Micro Drive FC 51 – 178 434,77 руб./шт. (356 869,54 руб. за 2 шт.);

– датчик температуры ПВТ 100 (4 шт.) 27 334,9262 руб./шт. (109 339,705 за 4 шт.);

– затраты на установку – 50 % от стоимости оборудования (466 209,245/2 = 233 104,622).

Получаем сумму, необходимую для внедрения элементов автоматизации в систему – 699 313,868 руб.

Расчет окупаемости оборудования:

2 317,14336 руб. – 926,857344 руб. = 1 390,28602 руб. – дневная экономия энергии за счет внедрения элементов автоматизации.

699 313,868 руб./1 390,28602 руб. = 503 дня (1,5 года) – срок окупаемости оборудования.

Внедрение элементов автоматизации необходимо в условиях современного развития технологий. Вышеприведенный расчет позволяет видеть, что автоматизация приводит не только к автоматической регулировке работы оборудования, но и к экономии энергии.

## Источники

1. Цветкова А.А. Электроснабжение АО «Татэлектромонтаж»: ВКР. Казань, 2023. С. 76–82.

2. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2006. 68 с.

3. Цветкова О.В. Автоматизация систем управления плавательного бассейна: магистерская диссертация. Казань, 2012.

4. Малёв Н.А., Погодицкий О.В., Цветков А.Н. Синтез и реализация цифрового регулятора высокого порядка на программируемом логическом контроллере // Тр. IX Междунар. (XX Всерос.) конф. по автоматизированному электроприводу. Пермь, 2016. С. 187–190.

5. Батчер Е., Парнаэлл А. Опасность дыма и дымозащита // пер. с англ.; под ред. В.М. Есина. М.: Стройиздат, 1983. 152 с.

УДК 629.064.5

# АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИНКУБАЦИИ ПЕРЕПЕЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМАТИЗАЦИИ

Цветкова Анастасия Алексеевна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
nedegradant@mail.ru

В статье рассматриваются 2 метода инкубации перепелов – без применения элементов автоматизации и с ними.

**Ключевые слова:** датчик влажности, датчик температуры, вытяжной вентилятор, инкубатор.

# ANALYSIS OF QUAIL INCUBATION METHODS USING AUTOMATION ELEMENTS

Tsvetkova Anastasia Alexseevna
KSPEU, Kazan
nedegradant@mail.ru

The article discusses 2 methods of incubation of quails – without the use of automation elements and with them.

**Keywords:** humidity sensor, temperature sensor, exhaust fan, incubator**.**

Инкубация перепелов – процесс вывода птицы, требующий особого внимания и контроля за такими параметрами, как влажность, температура и другие, создаваемые в инкубаторе. В течение всего периода инкубации необходимо отслеживать и постоянно регулировать вышеперечисленные параметры для повышения процента вылупа птицы. В таблице представлены требуемые температура и влажность в период инкубации перепелов.

Требуемые значения параметров в период инкубации перепелов

| Дни от старта | Температура, °С | Влажность, % |
|---|---|---|
| 1–13 | 37,8 | 45–55 |
| 14–17 | 37,2 | 80–85 |

В процессе инкубации птицы инкубатор осуществляет в автоматическом режиме лишь поддержание заданной температуры и переворот яиц, влажность при этом только измеряется, ее регулирование осуществляется вручную.

Инкубатор конструктивно имеет три ванны, которые в зависимости от требуемой влажности остаются пустыми или заполняются водой, и считается, что на первых этапах инкубации достаточно заполнения одной ванны для создания влажности 40–50 % и заполнения двух ванн для создания влажности 80–85 %. Фактически из за наличия в инкубаторе вентилятора, способствующего равномерному перемешиванию воздуха и температуры, повысило интенсивность испарения влаги.

Рассмотрим два экспериментальных запуска инкубации птицы. В первом случае площадь зеркала воды вследствие невозможности контроля инкубатора заполнялась полностью. Ванна наполнялась на всю длину, соответственно, испарение воды происходило с повышенной площади зеркала воды. В данном случае уменьшать площадь зеркала воды пришлось путем наклона инкубатора для уменьшения степени испарения влаги и, тем самым, уменьшения влажности. Вследствие вышесказанного первые 5 дней инкубации наблюдалась повышенная влажность 85–90 % при норме 45–55 % (см. таблицу). В дальнейшем снижение влажности до 45 % производилось вручную. Результатом стал крайне немногочисленный вылуп (30 % от общего числа яиц) и дефектный птенец.

Перед вторым экспериментальным запуском инкубатор был дополнен датчиком влажности AM2301, регулятором влажности XH-W3005 и вытяжным вентилятором 4010T. Регулятор влажности определяет величину влажности по датчику и, в соответствии с заданными уставками, включает или выключает вытяжной вентилятор.

Система является инертной. Из-за разбега максимальной и минимальной влажности выставлен шаг регулирования 0,1.При включении вентилятора влажность продолжает расти (и только через некоторое время начинает падать), а при отключении вентилятора влажность продолжает падать. Так, учитывая заданные устройствам автоматизации и автоматического контроля значения, соответствующие первым дням инкубации, при показателе влажности в инкубаторе 45 % система включает вытяжной вентилятор для понижения влажности, при этом на значении 44,9 % вентилятор отключается, соответственно, влажность начинает падать.

После внедрения элементов автоматизации в систему вылуп птенцов состоялся частично через 17 и 19 дней инкубации. Процент выпула при соответствующих значениям температуры и влажности на каждый день инкубации оказался 93 % от общего числа яиц. Данный результат показал важность автоматического поддержания влажности в инкубаторе на всем протяжении процесса инкубации и сильное влияние соответствия заданной влажности требуемой для повышения процента вылупа птенцов.

## Источники

1. Спаривание перепелов. Инкубация перепелиных яиц [Электронный ресурс]. URL: https://fermer.ru/sovet/ptitsevodstvo/43766 (дата обращения: 12.10.2023).

2. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2006. 68 с.

3. Цветкова О.В. Автоматизация систем управления плавательного бассейна: магистерская диссертация. Казань, 2012.

4. Малёв Н.А., Погодицкий О.В., Цветков А.Н. Синтез и реализация цифрового регулятора высокого порядка на программируемом логическом контроллере // Тр. IX Междунар. (XX Всерос.) конф. по автоматизированному электроприводу. Пермь, 2016. С. 187–190.

5. Цветкова А.А. Электроснабжение АО «Татэлектромонтаж»: ВКР. Казань, 2023. С. 76–82.

УДК 621-313.3

# МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА БЕТОНОСМЕСИТЕЛЯ СБ-138

Чербунов Василий Александрович[1], Мухаметгалеев Танир Хамитевич[2]
[1]ФГБОУ«КНИТУ-КХТИ»,[2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]cherbunov02@mail.ru,[2]banzay-13-13@yandex.ru

В статье рассмотрены вопросы модернизации электропривода бетоносмесителя, чтобы заменить устаревший нерегулируемый электропривод на частотно-регулируемый. Был рассчитан и выбран электродвигатель, преобразователь частоты, а также новая элементная база для пуска и защиты электропривода.

**Ключевые слова:** асинхронный электродвигатель, бетоносмеситель, преобразователь частоты, энергоэффективность.

# MODERNIZATION OF THE ELECTRIC DRIVE OF CONCRETE MIXER SB-138

Cherbunov Vasiliy Aleksandrovich[1], Mukhametgaleev Tanir Khamitevich[2]
[1]KNRTU,[2]KSPEU, Kazan
[1]cherbunov02@mail.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

The article deals with the issues of modernizing the electric drive of a concrete mixer in order to replace the outdated unregulated electric drive with a frequency-controlled one. An electric motor, a frequency converter, as well as a new element base for starting and protecting the electric drive were calculated and selected.

**Keywords**: asynchronous electric motor, concrete mixer, frequency converter, energy efficiency.

Сегодня, несмотря на прошедшие века, бетон остается одним из самых широко используемых строительных материалов. Современная технология его изготовления позволила добиться таких характеристик, которые соответствуют самым высоким стандартам качества. Бетон используют для строительства пандусов, подъездов, погрузочно-разгрузочных площадок, фундаментов домов, заборов, дорог и пешеходных троп.

Бетоносмеситель служит для смешивания компонентов бетонного раствора или строительных смесей. Также он используется для приготовления разнообразных строительных смесей. Бетоносмеситель обеспечивает равномерное распределение всех компонентов и тщательное перемешивание материалов, что важно для достижения однородной консистенции и увеличения прочности готовых бетонных конструкций.

Для приготовления бетонных смесей используются как стационарные, так и передвижные бетоносмесители, что позволяет производить строительные работы в любом месте.

Бетоносмесители можно разделить по нескольким параметрам:

по типу замешиваемого раствора, по конструкции, принципу действия и мобильности.

По назначению они делятся на виды, в зависимости от того, для какого типа бетона или строительного раствора они предназначены: это может быть тяжелый, ячеистый, силикатный, керамзитовый, полимерный и прочие виды растворов.

В зависимости от способа смешивания исходного материала, бетоносмесители могут быть гравитационными, принудительного смешивания, комбинированными и специальными пневматическими.

Конструктивно бетоносмесители делятся на горизонтальные и вертикальные, тарельчатые и лотковые, роторные и планетарные, а также турбулентные одновальные и двухвальные модели.

По принципу действия – цикличные или непрерывные.

По мобильности различают передвижные и стационарные.

В бетоносмесителях цикличного действия приготовление бетонной смеси осуществляется в несколько этапов: загрузка, смешивание и выгрузка получившегося раствора. В отличие от них, бетоносмесители непрерывного действия функционируют по принципу постоянной загрузки компонентов с использованием ленточных конвейеров или питателей.

В конструкции смесителей принудительного действия предусмотрены лопасти, расположенные внутри камеры смешивания: они обеспечивают равномерное перемешивание ингредиентов до получения однородной массы. Это делает продукт более качественным. Однако существуют и недостатки. Одним из них является то, что такие смесители могут иметь ограничения в использовании крупных заполнителей. Оптимальное время смешивания составляет 30–50 с, полный цикл длится 75–120 с.

Для получения требуемой однородности бетонной смеси перемешивание компонентов длится 15 минут, а для приготовления растворной смеси перемешивание продолжается 70–80 с. Мощность привода ротора составляет 37 кВт. Режим работы бетоносмесителя повторно – кратковременный.

Для данной модернизации путём внедрения преобразователя частоты (ПЧ) будут решаться следующие цели:

1) обеспечение плавного пуска, что положительно сказывается на работе электрической сети;

2) позволяет регулировать скорость вращения, которая в свою очередь даёт возможность регулировать технологический процесс по перемешиванию бетонной смеси;

3) снижает энергопотребление за счёт регулирования скорости вращения.

Основные задачи:

– расчет мощности электродвигателя и выбор электродвигателя;

– расчет редуктора;

– выбор частотного преобразователя;

– синтез системы управления электропривода.

Таким образом, в результате данной модернизации мы получаем точную работу электропривода бетоносмесителя СБ-138.

## Источники

1. Бетоносмесители. Виды, характеристики, устройство бетоносмесителей [Электронный ресурс]. URL: https://itexn.com/2314_betonosmesiteli-vidyharakteristiki-ustrojstvo-betonosmesitelej.html (дата обращения: 12.10.2023).

2. Приготовление бетонной смеси в бетоносмесителе СБ-138 [Электронный ресурс]. URL: http:////www.str-t.ru/spravochnik/betonosmesiteli/72 (дата обращения: 12.10.2023).

3. Виды и конструкции бетоносмесителей [Электронный ресурс]. URL: https://o-cemente.info/beton/vidy-i-konstrukcii-betonosmesitelej.html (дата обращения: 12.10.2023).

4. Стационарные цикличные гравитационные смесители [Электронный ресурс]. URL: https://studfile.net/preview/9933537/page:3/ (дата обращения: 12.10.2023).

## Направление 3. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЭК И ЖКХ

УДК 697.94

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВОГО СЕПАРАЦИОННОГО УСТРОЙСТВА В ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Абдуллина Азалия Айратовна[1], Зинуров Вадим Эдуардович[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]azalkaabdullina69826@gmail.com

В качестве системы вентиляции многие используют вентиляционные воздуховоды. Однако они нуждаются в своевременной очистке, при невыполнении которой может возникнуть ряд проблем. Для их решения автором предлагается использование разработанного устройства с дугообразными элементами. Оно имеет простую конструкцию и относительно высокую эффективность.

**Ключевые слова:** сепарационное устройство с дугообразными элементами, пыль, газовый поток, очистка.

# USE OF A NEW SEPARATION DEVICE IN VENTILATION SYSTEMS

Abdullina Azaliya Ayratovna[1], Zinurov Vadim Eduardovich[2]
KSPEU, Kazan
[1]azalkaabdullina69826@gmail.com

Many people use ventilation ducts as a ventilation system. However, they need timely cleaning, if not performed, a number of problems may arise. To solve them, the author suggests using the developed device with arc-shaped elements. It has a simple design and relatively high efficiency.

**Keywords:** separation device with arc-shaped elements, dust, gas flow, cleaning.

Системы вентиляции с воздуховодами являются неотъемлемой частью многих помещений, например таких, как офисы, торговые центры, больницы, жилые помещения и прочие, ведь выполняют важную функцию – улавливают мелкодисперсные частицы размером 1–200 мкм (пыль) [1, 2]. Однако при отсутствии регулярной очистки этих воздуховодов они могут являться источниками проблем. Во-первых, скопление загрязняющих веществ (пыли) приводит к уменьшению внутреннего диаметра воздуховода, что препятствует правильному циркуляции воздуха. Это может привести к нарушению микроклимата в помещении, появлению неприятных запахов и продолжительному удалению вредных химических веществ. Кроме того, при длительном накоплении и большом объеме пыли и грязи

на оборудовании возможен его выход из строя, поломка. Во-вторых, в вентиляционных системах созданы идеальные условия в виде повышенных параметров температуры и влажности для размножения вредных и болезнетворных микроорганизмов. В случае их разноса по всем помещениям могут возникать вирусные и инфекционные заболевания, что является серьезной угрозой для здоровья людей. В-третьих, в некоторых помещениях, в основном лечебных: отделениях новорожденных и операционных палатах, требуется поддержание высокого уровня стерильности. В таких случаях регулярная проверка состояния вентиляционных систем и проведение внеплановых работ при обнаружении отклонений являются необходимыми мерами. Ведь при отсутствии данных процедур будет нанесен колоссальный вред здоровью пациентов, а также самих врачей.

Для лучшей очистки вентиляционных систем с воздуховодами предлагается использование сепарационного устройства с дугообразными элементами [3, 4]. Конструктивно оно представляет собой несколько рядов дугообразных элементов, которые по форме представляют собой половинки труб определенной высоты (в нашем случае – 250 мм), диаметра (50 мм) и толщины (4,5 мм), расположенных в шахматном порядке и погруженных на определенную глубину в так называемую «сепарационную решетку», представляющую собой несколько рядов продольных и поперечных пластин толщиной в 2 мм. Под сепарационной решеткой находится бункер, предназначенный для сбора пыли из газового потока. Вся данная конструкция облачена в корпус, имеющий отверстия в начале для входного и сверху в конце для выходного патрубка (рис. 1).

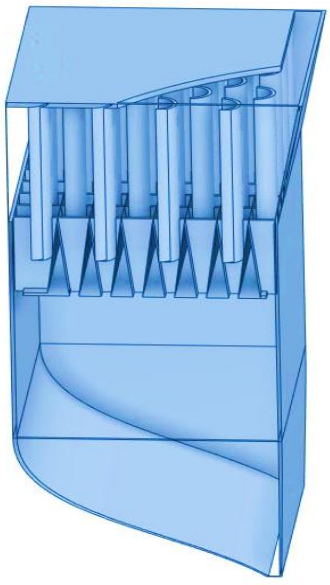


Рис 1. Трехмерная модель сепарационного устройства с дугообразными элементами (в разрезе)

Принцип работы данного устройства заключается в совместном действии центробежных и инерционных сил: запыленный газовый поток с попадает в устройство через входной патрубок и налетает на дугообразные элементы, так как их диаметр относительно мал, на мелкодисперсные частицы начинают действовать центробежные силы, способные выбить их из газового потока. Далее частица отлетает к дугообразными элементам, где под действием инерционных сил (силы тяжести) опускается вниз и оседает в бункере.

Численные исследования показали (рис. 2), что данный аппарат будет эффективен при ламинарном течении газа в нем, то есть при низких скоростях до 1 м/с, так как в среднем степень очистки при них равна 85 % при скорости 0,5 м/с и 79 % при 1 м/с, а при скорости 2 и 3 м/с соответственно 45 и 22 %.

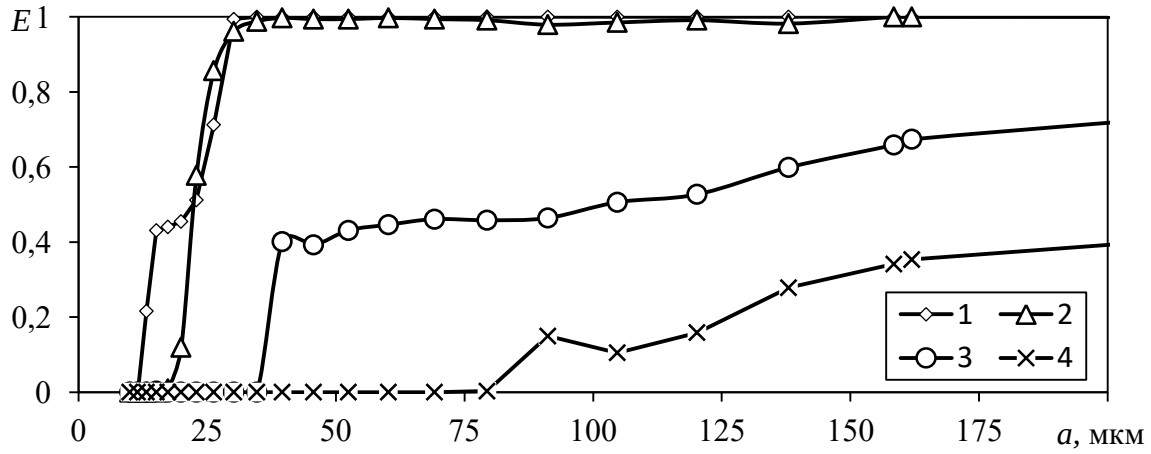



Рис. 2. Зависимость эффективности улавливания частиц сепарационным устройством с дугообразными элементами от размера частиц при различных скоростях *W*: *1* – 0,5 м/с; *2* – 1 м/с; *3* – 2 м/с; *4* – 3 м/с

## Источники

1. Абдуллина А.А., Зинуров В.Э. Разработка сепарационного устройства для снижения выбросов мелкодисперсных твердых частиц в окружающую среду // Энергетика транспорта. Актуальные проблемы и задачи: сб. науч. тр. VII Междунар. науч.-практ. конф. Ростов-на-Дону, 2023. С. 128–131.

2. Сравнение технических характеристик мультивихревого сепаратора с циклонами различных модификаций / В.Э. Зинуров [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2023. Т. 25, № 3. С. 117–127.

3. Numerical study of particles removal from dusty gas in separation device with straight arc-shaped elements [Электронный ресурс] / E. Salakhova [et al.]. // Proc. of the Ural Environmental Science Forum “Sustainable Development of Industrial Region”. Chelyabinsk, Russia, 2023. Vol. 389. URL: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338902018 (дата обращения: 18.10.2023).

4. Влияние сепарационной решетки на эффективность улавливания твердых частиц в устройстве с дугообразными элементами / Э.И. Салахова [и др.] // Вестник Технологического университета. 2023. Т. 26, № 8. С. 41–46.

УДК 004.852

# ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧАХ МУЛЬТИКЛАССОВОЙ КЛАССИФИКАЦИИ

Агзамова Айгуль Тимуровна[1], Гущина Нелли Владимировна,[2]
Козлова Екатерина Андреевна[3], Саитов Станислав Радикович[4]
[1,2,3,4]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]aagzamova2003@gmail.ru, [2]sorryfornelly@yandex.ru, [3]katya_kater_kozlova@mail.ru

В данной статье исследуются применение машинного обучения в задачах мультиклассовой классификации для определения пиковых часов в торговой системе рынка электроэнергией.

**Ключевые слова:** алгоритмы, машинное обучение, классификация деревьями, классификация бустингом, классификация методов опорных векторов, ансамбль методы.

# APPLICATION OF MACHINE LEARNING IN MULTI-CLASS CLASSIFICATION PROBLEMS

Agzamova Aygul Timurovna[1], Gushchina Nelly Vladimirovna[2],
Kozlova Ekaterina Andreevna[3], Saitov Stanislav Radikovich[4]
[1,2,3,4] KSPEU, Kazan
[1]aagzamova2003@gmail.ru, [2]sorryfornelly@yandex.ru, [3]katya_kater_kozlova@mail.ru

This article explores the application of machine learning in multiclass classification tasks to determine peak hours in the trading system of the electricity market.

**Keywords:** algorithms, machine learning, classification by trees, classification by boosting, classification of support vector methods, ensemble methods.

Цель работы: разработать модель машинного обучения для решения задач мультиклассовой классификации на примере определения пиковых часов администратора торговой системы Оптового рынка электрической энергии и мощности.

Промежуточные задачи, стоящие перед авторами:

– сформировать Базу данных (DataBase) для ценовых и неценовых зон ОРЭМ по регионам;

– собрать все доступные методы классификации в одном скрипте Python;

– сформулировать метрику качества прогноза;

– протестировать скрипт на реальных данных;

– провести анализ по полученным результатам.

DataBase сформирована в MS Excel, данные взяты из [1].

При разработке скрипта на языке Python были применены следующие методы машинного обучения:

1. **DecisionTreeClassifier (DTC)**. Метод классификации данных с использованием деревьев решений. Он разделяет данные на классы и определяет правила классификации (рис. 1).

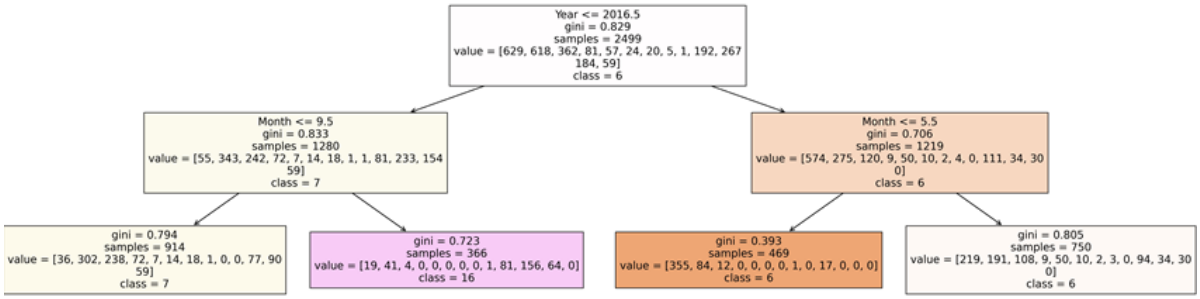



Рис. 1. Фрагмент решающего дерева

2. **GradientBoostingClassifier.** Алгоритм, основанный на методе градиентного boosting, который строит ансамбль деревьев принятия решений для улучшения предсказательной способности и уменьшения общей ошибки.

3. **XGBClassifier.** Алгоритм машинного обучения, использующий деревья решений и градиентный спуск для оптимизации функции потерь.

4. **CatBoostClassifier.** Алгоритм машинного обучения, предназначенный для работы с категориальными данными и основанный на градиентном бустинге деревьев решений.

5. **AdaBoostClassifier.** Метод для объединения слабых классификаторов в один сильный, путем обучения на разных примерах [2].

6. **SupportVectorClassifier (SVC)**. Алгоритм классификации данных, определяющий оптимальную гиперплоскость для разделения классов [3].

7. **RandomForestClassifier.** Ансамбль деревьев решений для классификации и регрессии, состоящий из нескольких деревьев, обученных на разных выборках данных.

8. **BaggingClassifier (DTC)** техника для уменьшения дисперсии модели путем создания копий обучающих данных и объединения результатов.

9. **BaggingClassifier (SVC)** техника для уменьшения дисперсии модели путем создания копий обучающих данных и объединения результатов моделей.

10. **KNeighborsClassifier.** Метод, который предсказывает значение новой точки по значениям ближайших точек из обучающей выборки [4].

По итогу анализа данных была сформирована диаграмма частоты классификации метода (рис. 2).

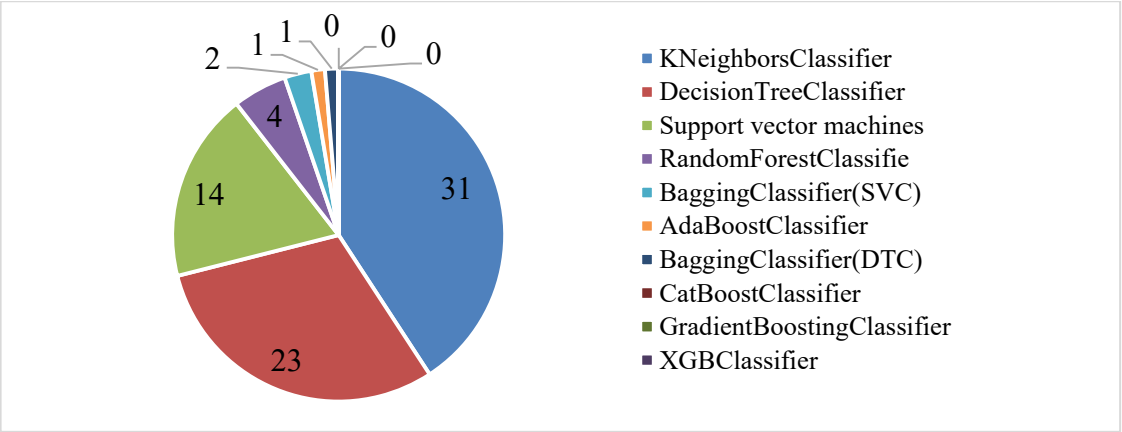



Рис. 2. Диаграмма частоты классификации метода

Наилучшим методом оказался KNeighborsClassifier.

Точность по предложенным методам в среднем по стране составила 51,83 %. Разница в точности прогноза между 1-й ценовой (51,41 %), 2-й ценовой (53,21 %) и неценовой (52,68 %) зонами не обнаружена.

## Источники

1. Часы пиковой нагрузки [Электронный ресурс]. URL: https://www.atsenergo.ru/results/market/calcfacthour (дата обращения: 01.11.2023).

2. Bentéjac C., Csörgő A., Martínez-Muñoz G. A comparative analysis of gradient boosting algorithms //Artificial Intelligence Review. 2021. Vol. 54. Pp. 1937–1967.

3. Pisner D. A., Schnyer D. M. Support vector machine [Электронный ресурс] // Machine learning. 2020. URL: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815739-8.00006-7 (дата обращения 01.11.2023).

4. Саитов С.Р., Карачурин Б.Р., Сидоров М.В. Прогнозирование пиковых часов гарантирующих поставщиков, входящих в реестр АО «АТС» // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4 (56). С. 59–68.

УДК 621.311

# ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕНЕРИРУЮЩИХ МОЩНОСТЕЙ В СЕТЯХ ГАЗО/ЭЛЕКТРО/ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Азнабаева Азалия Азаматовна[1], Саитов Станислав Радикович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]aznabaz@yandex.ru

В статье рассмотрены ключевые факторы достижения оптимального распределения генерирующих мощностей в сетях газо-, электро- и теплоснабжения.

**Ключевые слова:** оптимальное распределение, генерирующая мощность, эффективное распределение, методы распределения.

# OPTIMAL DISTRIBUTION OF GENERATING CAPACITY IN GAS/ELECTRIC/HEAT SUPPLY NETWORKS

Aznabaeva Azaliya Azamatovna[1], Saitov Stanislav Radikovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]aznabaz@yandex.ru

The article examines the key factors for achieving optimal distribution of generating capacity in gas, electricity and heat supply networks.

**Keywords:** optimal distribution, generating power, efficient distribution, distribution methods.

Энергетические системы сталкиваются с проблемой растущих потребностей, обеспечивая при этом надежность и экономическую эффективность. Оптимальное распределение генерирующих мощностей поможет решить эту проблему. Эффективное распределение генерирующих мощностей имеет решающее значение для поддержания надежной и устойчивой сети газо-, электро- и теплоснабжения [1]. По мере изменения и развития энергетики в мире проблема оптимизации загрузки в сетях газо/электро/теплоснабжения остается актуальной [2].

Основные цели, которые преследовали большинство исследователей при решении проблем оптимизации это минимизация капитальных и эксплуатационных затрат, минимизация системных потерь, улучшение имеющихся показаний, а некоторые объединили несколько целей [3].

Для достижения оптимального распределения необходимо проанализировать существующие методы распределения электроэнергии в сетях на основе их эффективности, надежности, экономичности и масштабируемости [1]. Некоторые часто используемые методы включают в себя:

1) радиальное распределение: поток мощности течет в одном направлении от источника к нагрузке. Он прост и экономичен, но ему не хватает резервирования, что делает его уязвимым к сбоям;

2) кольцевое распределение: мощность течет по круговому контуру, обеспечивая резервирование и альтернативные пути в случае сбоев. Однако это требует большего количества кабелей и может привести к более высоким потерям;

3) сетевое распределение: мощность распределяется через сеть взаимосвязанных узлов, создавая сетчатую структуру. Он обеспечивает высокую надежность и резервирование, но может быть сложным в проектировании и обслуживании;

4) децентрализованное распределение: предполагает использование распределенных энергетических ресурсов (*Distributed energy resources* – DER), таких как солнечные панели и ветряные турбины, расположенные близко к центрам нагрузки. Это способствует развитию местной генерации и снижению потерь при передаче.

Выбор метода зависит от различных факторов, таких как размер сети, потребность в нагрузке, географическое расположение и ограничения по стоимости. Комплексный анализ с учетом этих факторов поможет определить наиболее подходящий метод распределения электроэнергии для конкретной сети [3].

Таким образом, тщательная оценка этих факторов в сочетании с точными методами прогнозирования и эффективным использованием ресурсов может привести к созданию устойчивой, экономически эффективной и устойчивой сети энергоснабжения, отвечающей нынешним и будущим потребностям потребителей [4, 5].

## Источники

1. Li B., Roche R., Paire D., Miraoubi A. Coordinated scheduling of a gas/electricity/heat supply network considering temporal-spatial electric vehicle demands // Electric Power Systems Research. 2018. Vol. 163. Part A. Pp. 382–395.

2. Лейзгольд Д.Ю., Папулов А.В., Ромодин А.В. Определение оптимального распределения генерирующих мощностей в сетях с двухсторонним питанием на основе методов поиска кратчайшего пути во взвешенном графе // Научно-технический вестник Поволжья. 2017. № 4. С. 137–139.

3. Mitra J., Mallikarjuna R. V., Singh C. Optimal Deployment of Distributed Generation Using a Reliability Criterion // IEEE Transactions on Industry Applications. 2016. Vol. 52. Pp. 1989–1997.

4. Саитов С. Р., Чичирова Н.Д., Чичиров А.А. Баромембранные технологии в схеме водоподготовки Уфимской ТЭЦ-1 // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 2(34). С. 58-67.

5. Саитов С.Р., Филимонова А.А., Чичирова Н.Д. и др. Недостатки баромембранных методов водоподготовки и способы их устранения в мировой практике // Вестник Московского энергетического института. 2020. № 4. С. 98-112.

УДК 336.13

# СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕРМОЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Азнабаева Азалия Азаматовна[1], Беленкова Дарья Андреевна[2],
Черкасов Александр Сергеевич[3], Закиров Ринат Нургалиевич[4]
[1,2,3,4]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань,
[1]aznabaz@yandex.ru, [2]ne.dassa@yandex.ru , [3]sanekpuer@mail.ru, [4]zakirov.kgeu@mail.ru

Данная статья рассматривает активную проблему разработки термоядерных энергетических установок. Мы рассмотрим состояние и перспективы развития термоядерных энергетических установок.

**Ключевые слова:** энергия, термоядерные энергетические установки, термоядерный синтез, ректор.

# CURRENT STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF THERMONUCLEAR POWER PLANTS

Aznabaeva Azaliya Azamatovna[1], Belenkova Darya Andreevna[1], Cherkasov Alexander Sergeevich[2], Zakirov Rinat Nurgalievich[4]
[1,2,3,4]KSPEU, Kazan,
[1]aznabaz@yandex.ru, [2]ne.dassa@yandex.ru, [3]sanekpuer@mail.ru, [4]zakirov.kgeu@mail.ru

This article considers the active problem of developing thermonuclear power plants. We will consider the state and prospects for the development of thermonuclear power plants.

**Keywords:** energy, thermonuclear power plants, thermonuclear fusion, rector.

Из мировой истории развития на планете Земля современной цивилизации видно, что потребности человечества в различных видах энергии неуклонно растут из года в год. На протяжении нескольких столетий основным источником как тепловой, так и электрической энергии было использование планетарных запасов природного ископаемого топлива – древесины, угля, нефти и газа. Известно, что запасы этого топлива на нашей планете очень ограничены. Поэтому в будущем такой источник энергии, придется заменить. В связи с этим в настоящее время активно развивается ядерная энергетика и альтернативная энергетика с ее возобновляемыми источниками энергии активно внедряются в производство тепловой и электрической энергии по всему миру [1].

Термоядерный синтез – это процесс объединения легких ядер, таких как изотопы водорода при высоких температурах и давлениях для образования более тяжелого ядра, а также освобождения большого количества энергии.

Термоядерная энергия представляет собой одну из самых мощных и перспективных форм возобновляемой энергии. Исследования в области термоядерной энергетики привели к созданию термоядерных реакторов, способных генерировать огромные объемы энергии из ядерного синтеза [2]. В настоящее время термоядерные энергетические установки (ТЭУ) находятся на стадии активного развития и исследований для достижения коммерческой эксплуатации. В данной статье рассмотрим современное состояние и перспективы развития ТЭУ.

**Состояние термоядерных энергетических установок.** Существуют несколько экспериментальных термоядерных реакторов по всему миру. Один из них – *International Thermonuclear Experimental Reactor* (ITER) – крупный научно-технический проект, направленный на создание первого международного термоядерного экспериментального реактора (Кадараш, Франция). ИТЭР рассматривается как наиболее перспективный прибор для управляемого термоядерного синтеза, установка «Токамак».

Цель проекта – продемонстрировать возможность использования энергии термоядерного синтеза в промышленных масштабах [3]. Предполагается, что ИТЭР будет вырабатывать энергию за счет термоядерных реакций с изотопами дейтерия при температурах свыше 100 млн °С. Специалисты утверждают, что этот тип реактора гораздо безопаснее современных атомных электростанций (АЭС).

Еще одна термоядерная установка, которая находится в Японии, называется JT-60SA. Её создали для помощи отрабатывать термоядерные технологии выше указанного проекта ITER. Высота JT-60SA меньше на половину высоты ITER. Это дает возможность оценить эксперименты на японском реакторе для дальнейшего развития и успеха международного проекта.

Россия также не отстает от мировых тенденций. Термоядерный ректор Т-15МД получил первую плазму. Он был построен на базе установки Т-15, который запустили в Курчатовском институте в конце 1980-х годов. Данная установка Т-15МД станет одним из больших шагов для развития отечественной науки.

Основными проблемами, с которыми сталкиваются при разработке термоядерных энергетических установок, являются обеспечение стабильности плазмы, управление высокой температурой и радиационной безопасностью.

Перспективы развития термоядерных энергетических установок:

1. Коммерческая эксплуатация: одной из главных перспектив развития ТЭУ является достижение коммерческой эксплуатации [4]. Предполагается, что после успешного завершения проекта ITER будет разработан демонстрационный реактор, способный производить значительное количество электроэнергии.

2. Безопасность: исследования направлены на создание более безопасных ТЭУ, с минимальными радиационными рисками и возможностью управления реакцией.

3. Устойчивость и улучшение эффективности: ученые также стремятся к увеличению эффективности реакции синтеза и устойчивости плазмы для максимального извлечения энергии.

Термоядерная энергетика представляет огромный потенциал в области возобновляемых источников энергии. В настоящее время термоядерные энергетические установки находятся на стадии активных исследований и разработок. Современное состояние ТЭУ указывает на значительный прогресс в решении технических проблем, однако еще много работы требуется для достижения коммерческой эксплуатации.

## Источники

1. Игумнов П.В. Глобальная оценка мировой структуры энергетического баланса и перспективы её развития // Власть и управление на востоке России. 2013. № 4 (65). С. 79–87.

2. Жизнин С.З., Тимохов В.М., Перспективы международного сотрудничества в развитии термоядерной энергетики // Экономические и экологические аспекты. 2016. Вып. 3. С. 98–107.

3. Баранов М.И. Антология выдающихся достижений в науке и технике. Часть 46: термоядерная энергетика. Термоядерные реакторы и электростанции: ретроспектива исследований управляемого термоядерного синтеза, их современное состояние и будущее // Электротехника и электромеханика. 2018. № 6. С. 3–17.

4. Адрианов В. Актуальные проблемы и перспективы развития топливно-энергетического комплекса России // Общество и экономика. 2017. № 6. С. 75–106.

УДК 662.99

# ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Анпилогов Лев Дмитриевич[1], Саитов Станислав Радикович[2]
[1,2] ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]lev.anpilogov.03@mail.ru, [2]caapel@mail.ru

В докладе приводятся результаты обзора применяемых теплоизоляционных материалов и перспективных материалов, находящихся на этапе разработки и прототипирования. Произведено сравнение характеристик рассмотренных материалов

**Ключевые слова:** тепловая сеть, минеральная вата, теплопроводность, влагостойкость

# PROMISING MATERIALS FOR HEATING NETWORKS THERMAL INSULATION

Anpilogov Lev Dmitrievich[1], Saitov Stanislav Radikovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]lev.anpilogov.03@mail.ru, [2]caapel@mail.ru

The report provides the results of a review of the thermal insulation materials used and promising materials currently at the development and prototyping stage.

**Keywords:** thermal network, thermal insulation material, mineral wool, thermal conductivity, moisture resistance

Тепловая сеть – совокупность устройств (включая центральные тепловые пункты, насосные станции), предназначенных для передачи тепловой энергии, теплоносителя от источников тепловой энергии до теплопотребляющих установок [1].

В настоящее время в качестве тепловой сети используются трубы из нержавеющей стали в различной теплоизоляции: минеральная вата, пенополиуретановая (ППУ) изоляция заводского исполнения.

Минеральная вата чаще всего используется для теплоизоляции теплосетей. Как правило, данный материал представляет собой скорлупы и маты из минеральной ваты, которые могут надеваться на трубы самого разного диаметра. Без дополнительной гидроизоляции (в случае намокания) минеральная вата теряет свои теплоизоляционные свойства, поэтому необходимо применение защиты оцинкованными кожухами, лентами. Для коррозионной защиты применяется покрытие в виде лаков, красок и мастик.

Преимущества минеральной ваты: устойчивость к ультрафиолетовому излучению, морозостойкость, пожаробезопасность, экологическая безопасность, длительный срок эксплуатации (до 50 лет).

К недостаткам минеральной ваты можно отнести:

– высокие тепловые потери (коэффициент теплопроводности – 0,065 Вт/(м·К) [1]) и низкая влагоизоляция;

– низкая стойкость антикоррозионных покрытий;

– невозможность бесканальной прокладки, т. е. дополнительные затраты на монтаж каналов, невысокая прочность.

В настоящее время минеральная вата наиболее применима в помещениях с низкой влажностью, пожароопасных, закрытых от постороннего доступа.

ППУ изоляция заводского исполнения – это конструкция, собранная по схеме «труба в трубе». Данная технология реализуется через нанесение пенополиуретанового слоя между стальной трубой и гидрозащитой оболочкой (полиэтиленовой или оцинкованной стальной). Трубы в ППУ изоляции могут эксплуатироваться при температуре окружающей среды от –80 до +130 °С. Минимальная глубина при бесканальном способе прокладки принимается в пределах 0,5–0,7 м от поверхности грунта.

Преимущества ППУ: эластичность и, в то же время, твердость, низкий коэффициент теплопроводности (0,027 Вт/м·К [1]), низкое водопоглощение.

Недостатки: сложность выполнения заливки стыков, необходимость применения специализированного монтажного оборудования, отсутствие ремонтопригодности, чувствительность к ультрафиолетовому и механическому воздействию, низкая вандалоустойчивость и пожаростойкость.

Рассмотрим также перспективные теплоизоляционные эко-материалы, находящиеся на этапе разработки и прототипирования.

Ученые Елена Дикманн и Лейла Шелдрик из Имперского колледжа Великобритании провели исследования и разработали новый материал на основе перьевых волокон [2].

Очищенные и продезинфицированные перьевые волокна могут быть обработаны с использованием технологии воздушной укладки для получения нетканых изделий. За счет высокого содержания перьев они имеют очень низкую теплопроводность, необходимую для производства новых теплоизоляционных материалов. Теплопроводность материала составляет 0,033 Вт/(м·К) для образцов плотностью 59 кг/м$^3$ при 20 °С. Динамические испытания на сорбцию воды нетканых материалов из перьевого волокна показали аналогичные показатели по сравнению с имеющимися в продаже натуральными изоляционными материалами из волокон, производимыми из хлопка, конопли и шерсти. Однако в ходе исследования было выявлено

несколько существенных технических и коммерческих барьеров, связанных с характеристиками перьев, инвестиционными требованиями к обработке материалов, логистическими проблемами и нормативными актами. Эти барьеры, вероятно, затруднят коммерческую разработку теплоизоляции для зданий.

Следующая перспективная разработка ученых Филиппа Амстиславски и Марии Уайт из университета Аляски в Анкоридже [3] – биоразлагаемый изоляционный материал на основе грибкового мицелия. Основываясь на их исследовании [3], можно сделать следующие выводы:

1) биоразлагаемые изоляционные материалы относительно легкие;

2) плотно упакованные образцы материала, имеют высокую сухую плотность, модули сдвига и Юнга, а также прочность на сжатие;

3) высушенные биоразлагаемые изоляционные материалы демонстрируют хорошую теплопроводность, которая находится в диапазоне от 0,05 до 0,07 Вт/(м·К). Живые образцы обладают более высокой электропроводностью из-за относительно высокого содержания влаги.

Рассмотренные перспективные разработки позволят, в будущем, существенно снизить тепловые потери теплосетей и финансовые издержки теплосетевых компаний на монтаж теплоизоляции трубопроводов, повысить экологичность отрасли.

## Источники

1. Саитов С.Р., Карачурин Б.Р., Сидоров М.В. Прогнозирование пиковых часов энергосбытовых компаний, входящих в реестр гарантирующих поставщиков АО «АТС» // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4 (56). С. 59–68.

2. Valorization of Waste Feathers in the Production of New Thermal Insulation Materials / E. Dieckmann [et al.] // Waste and Biomass Valorization. 2021. Vol. 12. Pp. 1119–1131.

3. Thermal insulation material from mycelium and forestry byproducts: pat. US 20200255794A1 United State № 16/795,031; filed 19.02.2020; pub. 13.08.2020, 31 p.

УДК 62-26

# АКУСТИЧЕСКИЕ ЗОНДЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПУЛЬСАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ ПО ТРАКТУ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Анцырев Артур Алексеевич[1], Станислав Радикович Саитов[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]ortyrkis@gmail.com

В данном докладе рассматривается актуальность акустического зондирования в энергетическом машиностроении, а также способ применения и привнесенные этой технологией улучшения в ГТД.

**Ключевые слова:** газотурбинный двигатель, акустический зонд, пульсация давления.

# ACOUSTIC PROBES FOR MEASURING PRESSURE PULSATIONS IN THE GAS TURBINE ENGINE DUCTS

Antsyrev Artur Alekseevich[1], Stanislav Radikovich Саитов[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]ortyrkis@gmail.com

This paper discusses the relevance of acoustic sensing in power engineering, as well as the method of application and the improvements brought by this technology in GTE.

**Keywords:** gas turbine engine, acoustic probe, pressure pulsation.

Акустические зонды стали важнейшим инструментом в области диагностики газотурбинных двигателей, в частности, для измерения пульсаций давления в тракте двигателя. Эти пульсации, часто называемые динамикой сгорания, могут оказать существенное влияние на производительность, эффективность и даже долговечность двигателя.

Современные газовые турбины оптимизированы по мощности, эффективности и выбросам. Внедрение кольцевых многогорелочных устройств в сочетании с комбинированными горелками с низким содержанием $NO_x$ позволило добиться значительного прогресса в производительности. Однако оптимальная рабочая зона с точки зрения низких выбросов $NO_x$ не совпадает с тем, что требуется для стабильного процесса сгорания. Различные режимы взаимодействия между потоком и пламенем приводят к возникновению нестабильности процесса горения. Возникающие при этом периодические тепловые выбросы пламени вызывают колебания давления (пульсации), которые сами возбуждают дальнейшие режимы

неустойчивости горения. Опыты [1] показывают, что пульсации могут вызвать вспышку в горелке, перегрев конструкции из-за чрезмерной теплопередачи или возбудить резонанс сильно нагретых и механически нагруженных компонентов горячего газа, что может привести к повреждению оборудования и снижению эксплуатационной готовности и надежности газовой турбины.

Поскольку нестабильность горения зависит от множества внешних параметров (например, температуры окружающей среды и состава топлива), постоянный контроль за пульсациями в горелке становится необходимым условием надежной работы электростанции. Внедрение GT13E2 с кольцевыми горелками с обедненным комбинированием в начале 1990-х годов показало, что постоянный акустический контроль за горением вполне возможен. Выбранный подход заключался в получении прямого и точного представления акустики камеры сгорания, чтобы иметь информацию, необходимую контроллеру для инициирования защитных действий. Знание акустических режимов горения используется для настройки двигателя и получения ценной информации для исследований и постоянного развития технологий газовых турбин [1, 2].

В последнее время акустический сигнал от камеры сгорания используется не только для защиты двигателя от высоких пульсаций, но и для смягчения нестабильности процесса сгорания или для автоматического поиска оптимальной рабочей зоны с помощью усовершенствованной системы управления в замкнутом контуре [3].

Дальнейшим применением информации, получаемой при измерении пульсаций, является дистанционная диагностика и раннее обнаружение аномалий для упреждающих проверок с помощью систем мониторинга тенденций, предлагаемых производителями комплектного оборудования [4]. Для всех этих применений требуется очень надежная и точная аппаратура, обеспечивающая точность информации для оптимальной эксплуатации газовой турбины.

Следует отметить, что акустические зонды играют жизненно важную роль в измерении и анализе пульсаций давления на тракте газотурбинного двигателя. Они предоставляют ценные данные для диагностики нестабильности сгорания, оптимизации работы двигателя и проверки вычислительных моделей. Поскольку турбины газовых двигателей продолжают развиваться и потребность в повышении эффективности и сокращении выбросов увеличивается, использование акустических датчиков будет оставаться критически важным для обеспечения безопасной и эффективной работы [5].

## Источники

1. Guidelines for Combustor Dynamic Pressure Monitoring [Электронный ресурс] // Electric Power Research Institute: сайт. URL: https://www.epri.com/research/products/1005036 (дата обращения:09.11.2023).

2. Thermoacoustic Analysis of Gas Turbine Combustion Systems using Unsteady CFD [Электронный ресурс] / B. Schuermans [et al.] // Proc. of GT2005 ASME Turbo Expo 2005: Power for Land, Sea and Air. Reno-Tahoe, Nevada, USA, 2005. Vol. 2. Ppю 509–519. DOI: http://dx.doi.org/10.1115/GT2005-68393 (дата обращения: 18.10.2023).

3. Combustion Optimization for the Alstom GT13E2 Gas Turbine [Электронный ресурс] / Ch. Steinbach [et al.] // Proc. of ASME Turbo Expo 2006: Power for Land, Sea, and Air. Vol. 1: Combustion and Fuels, Education. Barcelona, Spain, 2006. Pp. 701–707. DOI: https://doi.org/10.1115/GT2006-90943 (дата обращения: 18.10.2023).

4. Therkorn D. Remote Monitoring & Diagnostic for Combined-Cycle Power Plants // Proc. of ASME Turbo Expo 2005: Power for Land, Sea, and Air. Reno-Tahoe, Nevada, USA, 2005. Vol. 1. Pp. 697–703. URL: https://sci-hub.ru/10.1115/gt2005-68710 (дата обращения: 18.10.2023).

5. Саитов С.Р., Карачурин Б.Р., Сидоров М.В. Прогнозирование пиковых часов энергосбытовых компаний, входящих в реестр гарантирующих поставщиков АО «АТС» // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4 (56). С. 59–68.

УДК 504.064

# МЕТОДЫ УМЕНЬШЕНИЯ ВЫБРОСОВ ОКСИДОВ АЗОТА НА ТЭС

Асадуллин Ленар Василович, Бабиков Олег Евгеньевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
Leasadullin@gmail.com

Тепловые электростанции (ТЭС) являются одним из крупнейших источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Выбросы оксидов азота составляют от 10 до 20 % от общего объема выбросов ТЭС. Снижать выбросы $NO_x$ необходимо для защиты окружающей среды и населения, так как они способствуют образованию смогу и вызывают проблемы со здоровьем. В статье рассматриваются методы снижения выбросов $NO_x$ из дымовых газов ТЭС.

**Ключевые слова:** тепловые электрические станции, оксиды азота, снижение выбросов, рециркуляция, сжигание топлива.

# METHODS FOR REDUCING NITROGEN OXIDE EMISSIONS AT THERMAL POWER PLANTS

Asadullin Lenar Vasilovich, Babikov Oleg Evgenievich
KSPEU, Kazan
Leasadullin@gmail.com

Thermal power plants emit pollutants into the atmosphere. Nitrogen oxide emissions account for 10 to 20 % of the total emissions from thermal power plants. Reducing $NO_x$ emissions is necessary to protect the environment and the public, as they contribute to the formation of smog and cause health problems. The article discusses methods for reducing $NO_x$ emissions from flue gases of thermal power plants.

**Keywords:** thermal power plants, nitrogen oxides, emission reduction, recycling, fuel combustion

Оксиды азота ($NO_x$) образуются на тепловых электростанциях (ТЭС) в процессе горения топлива в топочной камере энергетических котлов при высоких температурах [1]. Такие виды энергетических топлив как природный газ или уголь, содержат в своем составе азот, который соединяется с кислородом и в результате химических реакций образуются оксиды азота. Количество оксидов азота, образующихся в процессе сгорания, зависит от температуры и концентрации кислорода в пламени. Более высокие температуры и более высокие концентрации кислорода приводят к образованию большего количества оксидов азота. Оксиды азота играют важную роль в образовании смога и могут наносить вред здоровью людей и окружающей среде. Поэтому важно контролировать и внедрять современные технологии, позволяющие уменьшить выбросы $NO_x$ в окружающую среду.

По статистическим данным Росприроднадзора [2] объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух составил в 2021–2022 гг. примерно 17 млн т ежегодно. На выбросы твердых веществ приходится примерно 9,6 %, выбросы диоксидов серы составляют примерно 18,7 %, а выбросы $NO_x$ составляют примерно 11 %. Стоит отметить, что учитывались не только выбросы от ТЭС, но и все стационарные источники загрязнений воздуха.

Мероприятия по снижению выбросов $NO_x$ можно разделить на две группы. К первой группе можно отнести методы снижения оксидов азота в процессе горения топлива. Ко второй группе относятся методы борьбы с $NO_x$ в системах газоочистки.

К установкам газоочистки можно отнести циклоны, трубы Вентури, адсорбирующие установки, сухие и мокрые скрубберы и др. Газоочистка является высокоэффективным методом, но применение данного метода связано с большими материальными затратами на приобретение оборудования, монтажом и обвязкой систем очистки, а также необходимостью наличия свободных площадей.

Для очистки дымовых газов от $NO_x$ могут применяться также дезинтеграторы-абсорберы, в которых уходящий газовый поток проходит через устройство, где разделяется на более мелкие частицы, которые затем поглощаются абсорбентом. Преимуществом данной установки являются компактность, простота обслуживания, возможность удаления широкого спектра загрязняющих веществ [3, 4].

К методам снижения выбросов оксидов азота также относятся [1]:

1. Сжигание топливной смеси с предельно низким избытком воздуха. Уменьшение содержания кислорода при сжигании топлива приведет к подавлению процесса образования $NO_x$, но возникают проблемы из-за образования CO и сажевых отложений.

2. Нестехиометрическое сжигание топлива. Создаются одна или несколько восстановительно-окислительных зон, связанных единой зоной дожигания. При этом снижается выделение $NO_x$, однако снижается КПД котла на 0,1–0,2 %.

3. Рециркуляция дымовых газов. В дутьевой воздух перед горелками подмешиваются продукты сгорания, что ведет к снижению выбросов $NO_x$ примерно в два раза, но КПД котла уменьшится на 0,6–1,3 % и увеличится расход электроэнергии на собственные нужды.

4. Малотоксичные горелки. Данный тип горелок обеспечивает нестехиометрическое сжигание топлива. Они дороже традиционных горелок, но позволяют уменьшить концентрацию $NO_x$ почти в два раза.

5. Впрыск воды в зону горения позволяет уменьшить температуру в топке и снизить образование $NO_x$. Однако возрастают потери тепла с уходящими газами.

6. Уменьшение температуры горячего воздуха также ведет к снижению концентрации $NO_x$, однако уменьшается КПД котла на 2–4 %.

7. Селективное каталитическое восстановление. В газовый поток впрыскивается восстановительный агент до катализатора, вблизи которого вследствие восстановительных реакций оксиды азота превращаются в молекулярный азот. Несмотря на высокую эффективность в 80–95 %, технология требует больших материальных затрат, а также существует риск проскока аммиака.

8. Селективное некаталитическое восстановление. Данный метод не требует использование катализатора, но применимость ограничивается сложностями распределения восстановительного агента по поперечному сечению газохода.

## Источники

1. Грибков А.М. Наилучшие доступные технологии при использовании топлива на ТЭС: уч. пособие. Казань: КГЭУ, 2022. 168 с.

2. Информация об охране атмосферного воздуха [Электронный ресурс]. URL: https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/air-protect/ (дата обращения: 08.11.2023).

3. Рязанцева А.В. Использование дезинтеграторной технологии для интенсификации процессов в гетерогенных системах: дис. ... канд. техн. наук. Иваново, 2003. 127 с.

4. Применение дезинтегратора в различных технологиях / В.Б. Лапшин [др.] // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2004. Т. 47, № 8. С. 71–75.

УДК 621.438

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОХЛАЖДЕНИЯ ЛОПАТОК ГАЗОВЫХ ТУРБИН

Вагапов Владислав Вадимович[1], Бабиков Олег Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]vladislav092002@mail.ru

Газотурбинные установки играют важную роль в энергетическом секторе Российской Федерации. В процессе эксплуатации лопатки газовых турбин подвергаются воздействию высоких температур. Охлаждение лопаток газотурбинных установок необходимо осуществлять для предотвращения термических напряжений, которые могут приводить к возникновению трещин и разрушению металла. В статье рассматриваются существующие технологии охлаждения лопаток газовых турбин.

**Ключевые слова:** газотурбинные установки, лопатки, охлаждение, жаропрочные материалы, рабочее тело, исследования.

# MODERN TECHNOLOGIES FOR GAS TURBINE BLADES COOLING

Vagapov Vladislav Vadimovich[1], Babikov Oleg Evgenievich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan,
[1]vladislav092002@mail.ru

Gas turbine units play an important role in the energy sector of the Russian Federation. During operation, gas turbine blades are exposed to high temperatures. Blades cooling of gas turbine units must be carried out to prevent thermal stresses, which can lead to cracks and destruction of the metal. The article discusses existing technologies for gas turbine blades cooling.

**Keywords:** gas turbine units, blades, cooling, heat-resistant materials, working body, research.

Для повышения КПД цикла Брайтона и удельной мощности газотурбинной установки (ГТУ) необходимо повышать начальные параметры рабочего тела (давления $P_г$ и температура газа $T_г$) перед газовой турбиной (ГТ). Для повышения $P_г$ необходимо использовать компрессор большей мощности, из-за чего затраты на собственные нужды турбоустановки увеличиваются в значительной мере. Поэтому на данный момент более актуальной задачей является увеличение начальной температуры газов перед турбиной.

При увеличении $T_г$ возникает другая проблема, связанная с тем, что металл, из которого изготовлена турбина, имеет конечную температуру плавления. Повышение надежности работы газовой турбины при высоких температурах можно добиться двумя способами: изменяя материал лопаток или совершенствуя системы их охлаждения.

Исследователи из национального исследовательского технологического университета МИСИС занимаются разработкой нового поколения жаропрочных материалов, в том числе наномодифицированных, на основе интерметаллидов для нужд машиностроительной отрасли и энергетики [1]. В работе [2] исследовались жаростойкие суперсплавы для ГТ на основе никеля, которые представлены в таблице. Свойства металлов были улучшены за счет использования передовых методов, таких как однонаправленное затвердевание и затвердевание монокристаллов. Предпринимаются попытки разработать новые материалы с более высокой жаропрочностью нежели сплавы на основе никеля. Потенциальными альтернативами никельсодержащих сплавов могут служить керамика, сплавы интерметаллических соединений, композиционные материалы или использование теплозащитных покрытий (ТЗП) [3].

Состав типичного жаропрочного сплава на основе никеля для лопаток турбин.

| Способ производства | Название сплава |
|---|---|
| Обычное литье | IN738, IN792, Rene’ 80, MarM247, TM-321 |
| Направленное затвердевание | GTD111, CM247LC, TMD-5, PWA1426, TMD-103 |
| Метод зонной плавки | CMSX-2, TMS-26, YH61, CMSX-10, PWA1480, PWA1484, MC 653 |
| Сплавы, усиленные оксидной дисперсией | MA6000, TMO-20 |

Существует три основных метода воздушного охлаждения лопаток ГТ: внутреннее конвективное охлаждение (ВКО), конвективно-плёночное охлаждение (КПО) и пористое охлаждение [4].

При внутреннем конвективном охлаждении воздух проходит через каналы внутри лопатки и попадает в проточную часть турбины. Благодаря данному методу возможна работа турбины при температуре рабочего тела до 1400 К, при расходе воздуха 2 % относительно газа. Достоинством внутреннего конвективного охлаждения является простота изготовления и достаточно высокая эффективность, однако в турбине будет наблюдаться неравномерность распределения температуры на лопатках, а также будет необходимость в большом количестве отверстий, что отрицательно скажется на надежности лопатки ГТ.

Конвективно-плёночное охлаждение является более распространенным методом охлаждения из-за высокой эффективности и надежности. КПО основано на создании вокруг лопатки турбины заградительной пленки из охлаждающего воздуха. Однако у данного метода есть большой

недостаток, данная пленка достаточно быстро разрушается и необходимо, чтобы в конструкции турбины было большое количество отверстий для подвода охлаждающего воздуха. При конвективно-плёночном охлаждении удается достичь рабочей температуры ГТУ примерно в 1800 К [5].

Конструкция лопатки ГТ с пористым охлаждением состоит из внутреннего стержня и профилированными рёбрами с пористой оболочкой. Недостатками данного метода охлаждения является сложность и дороговизна производства таких лопаток, а также риск засорения пор в процессе эксплуатации, что может привести к перегреву лопаток и возникновению аварийных ситуаций.

## Источники


1. Разработка нового поколения жаропрочных материалов, в том числе наномодифицированных, на основе интерметаллидов, для аддитивных 3*d*-технологий [Электронный ресурс]. URL: https://misis.ru/news/4531/ (дата обращения: 30.10.2023).

2. Harada H. High temperature materials for gas turbines: the present and future // Proc. of the International Gas Turbine Congress. Tokyo, 2003. 9 p.

3. Yoshitaka Tamou. Trends in the Development of Heat Resisting Materials for High-efficiency Power Generation Gas Turbines // Quarterly Review. 2004. Vol. 12. Pp. 61–72.

4. Андреев К.Д., Беркович А.Л. Энергетические машины. Охлаждение элементов высокотемпературных газовых турбин. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2008. 221 с.

5. Цанев С.В., Буров В.Д. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций. М.: МЭИ, 2002. 584 с.

УДК 621.438

# ТЕХНОЛОГИИ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ЛОПАТОК ГТД

Галиев Ильмир Ревович[1], Саитов Станислав Радикович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]Ilmir.galiev.031@mail.ru

Комбинация различных систем охлаждения может применяться в реальных конструкциях газотурбинных двигателей для обеспечения наилучшей эффективности и надежности охлаждения лопаток в высокотемпературных турбинах. В докладе рассматриваются технологии теплопередачи, используемые для охлаждения лопаток ГТД.

**Ключевые слова:** газотурбинный двигатель, охлаждение лопаток, технологии теплопередачи.

# HEAT TRANSFER TECHNOLOGIES FOR COOLING GTD BLADES

Galiev Ilmir Revovich[1], Saitov Stanislav Radikovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]Ilmir.galiev.031@mail.ru

A combination of different cooling systems can be used in various gas turbine engine designs to ensure maximum efficiency and reliability of blade cooling in high temperature turbines. The report discusses the heat transfer technologies needed to cool gas turbine engine blades.

**Keywords:** gas turbine engine, blade cooling, heat transfer technologies.

Газотурбинные двигатели (ГТД) используются в различных областях, включая авиацию, энергетику и промышленность. В процессе работы ГТД возникает значительное количество тепла, которое требуется эффективно распределять и отводить, чтобы предотвратить перегрев и повреждение компонентов.

В настоящее время температура на входе в газовую турбину приближается к 2000 К [1]. Известно, что отбираемый из компрессора воздух на охлаждение турбины приводит к неминуемому снижению ее КПД. Поэтому, одной из главных задач при разработке высокотемпературных турбин является внедрение эффективных систем воздушного охлаждения лопаток [2].

Различают несколько способов воздушного охлаждения сопловых и рабочих лопаток турбин:

1) путем внутреннего конвективного теплообмена;
2) путем пленочно-заградительного охлаждения;
3) путем проникающего (пористого) охлаждения;
4) путем эффузивного охлаждения лопаток.

При конвективном охлаждении охлаждающий воздух подводится через корневую часть лопатки, проходит по специально выполненным каналам внутри лопатки и затем выпускается в проточную часть турбины. По внутренним каналам воздух может растекаться в различных направлениях (рис. 1).

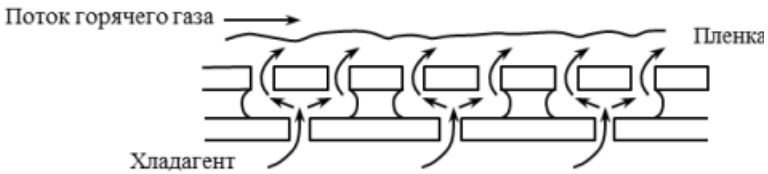



Рис. 1. Схема движения воздушных потоков при конвективном охлаждении [3]

Пленочное охлаждение лопаток турбины – это эффективная технология охлаждения. Она основана на создании тонкого охлаждающего слоя (пленки) на поверхности лопаток. Эта пленка состоит из охлаждающего воздуха, который подается через систему охлаждения внутри лопатки (рис. 2).




Рис. 2. Схема движения воздушных потоков при пленочном охлаждении [3]

Пористое охлаждение обеспечивает весьма высокую эффективность путем просачивания воздуха через по пористую стенку, но большим недостатком этого метода является загрязнение пористой стенки, что серьезно снижает эффективность охлаждения [3] (рис. 3).

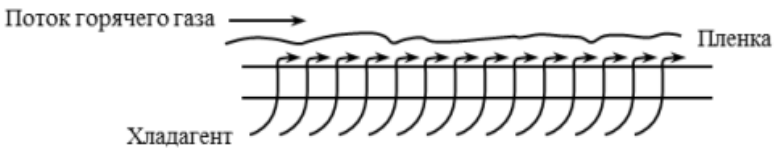



Рис. 3. Схема движения воздушных потоков при пористом охлаждении [3]

Также существует метод эффузивного охлаждения лопаток. Он является относительно простым и более надежным методом, обеспечивающим непрерывное покрытие охлаждающим воздухом горячих поверхностей деталей [1] (рис. 4).




Рис. 4. Схема движения воздушных потоков при эффузивном охлаждении [3]

Таким образом, комбинация различных систем охлаждения может применяться в реальных конструкциях для обеспечения наилучшей эффективности и надежности охлаждения лопаток в высокотемпературных турбинах. Выбор конкретной системы зависит от требований к двигателю, условий эксплуатации и других факторов, а также от продолжительности работы и температурного режима.

## Источники

1. Advances in effusive cooling techniques of gas turbines / G. Cerri [et al.] // Applied Thermal Engineering Elsevier. 2007. Vol. 27, Iss. 4. Pp. 692–698.

2. Особенности разработки систем охлаждения турбинных лопаток ГТД и ГТУ / А.В. Щукин [и др.] // Новые технологии, материалы и оборудование российской авиакосмической отрасли: сб. докл. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. Казань, 2016. С. 436–440.

3. Каблов Е.Н., Оспенникова О.Г., Светлов И.Л. Высокоэффективное охлаждение лопаток горячего тракта ГТД // Авиационные материалы и технологии. 2017. № 2 (47). С. 3–14.

УДК 662.613.11:662.613.136

# СОХРАНЕНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ ВОПРОСА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ НА ТЭЦ

Галяутдинов Ильдус Ильясович[1], Опарина Татьяна Александровна[2]
[1,2]Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск
[1]galyautdinov.irk@gmail.com, [2]martusina2@yandex.ru

Приведены примеры успешного опыта внедрения золошлаковых материалов в дорожном строительстве, отмечена проблема вовлечения золошлаков в хозяйственный оборот через экономический аспект внедрения новых технологий, их аппаратурного и машинного обеспечения.

**Ключевые слова**: золошлаковые отходы ТЭЦ, материалы дорожного строительства, проблемы внедрения.

# REMAINING RELEVANCE OF THE ISSUE OF UTILIZATION OF ASH AND SLAG WASTE GENERATED AT THERMAL POWER PLANTS

Galyautdinov Ildus Ilyasovich[1], Oparina Tatiana Alexandrovna[2]
[1,2]Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk
[1]galyautdinov.irk@gmail.com, [2]martusina2@yandex.ru

Examples of successful experience in the introduction of ash and slag materials in road construction are given, the problems of involving ash and slag waste in economic turnover through the economic aspect of the introduction of new technologies, their hardware and machine support are noted.

**Keywords:** ash and slag wastes from TPPs, road construction materials, problems of implementation.

Распоряжением Правительства России №1557-р утверждён Комплексный план по повышению объёмов утилизации золошлаковых отходов V класса опасности, которые образуются в результате сжигания угля, торфа и их смесей в энергетических целях, который подготовлен в рамках реализации Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 г., где установлен целевой показатель по увеличению доли утилизируемых золошлаков тепловых электростанций и котельных от годового объёма образования в 15 % к 2024 году и в 50 % к 2035 году.

В результате реализации плана в хозяйственном обороте останется до трех тысяч гектаров земель, то есть исчезнет необходимость их использования для размещения отходов, что являлось серьёзной проблемой для страны многие предшествующие годы [1]. Вторичное применение золошлакового сырья заместит до 15 миллионов тонн природных ресурсов ежегодно и предотвратит выброс до 6 миллионов

тонн парниковых газов в $CO_2$-эквиваленте. Кроме того, до 2035 года угольные ТЭЦ сэкономят до 60 миллиардов рублей в связи с исключением необходимости расширения емкостей золоотвалов [2].

Регионы Сибирского федерального округа (СФО) активно включились в разработку собственных программ по применению золошлаков.

Курс на рециклинг отходов тепловой генерации объявил Минстрой РФ. Помимо решения экологических вопросов, он поможет значительно сократить издержки экономики – за десятилетие примерно на 113 миллиардов рублей. В частности, за счет снижения себестоимости строительных материалов, в производстве которых планируется использовать золошлак.

В сумме по всем станциям СФО запланировано более миллиарда рублей инвестиций в технологии отгрузки золы-уноса, соответствующей всем продуктовым характеристикам. Понятно, что и потребителям для масштабного перехода на использование вторичного сырья ТЭЦ также требуется технологическая модернизация.

Как известно, золошлаковые отходы можно использовать в дорожном строительстве, производстве цемента. Во многих странах они почти на 90 процентов используются в дальнейшем. В России – пока только на десять. В целом в СФО объем накопленных на ТЭЦ отходов оценивается в 1,5 миллиарда тонн с ежегодным прибавлением примерно в 20 миллионов[3].

Например, ТЭЦ Иркутской области на данный момент накопили 90 миллионов тонн золошлаковых отходов. Ежегодно в Прибайкалье их образуется около 1,4 миллиона тонн. И для региона это становится большой проблемой. Области требуется программа по утилизации.

В целом в СФО объем накопленных на ТЭЦ отходов оценивается в 1,5 миллиарда тонн с ежегодным прибавлением примерно в 20 миллионов золошлака. Разработать ее планируют в этом месяце. Но для того чтобы снижать издержки за счет использования золошлака, потребуются дополнительные мощности.

Одна из проблем вовлечения золошлаков в хозяйственный оборот – экономический аспект внедрения новых технологий, их аппаратурного и машинного обеспечения. На уровне операционных затрат экономия при использовании этого сырья может достигать 20 процентов, но это требует существенных капиталовложений. Формируется потребность в заемных средствах.

Приоритетное направление – это, безусловно, дорожное строительство. В прошлом году в Иркутской области построили экспериментальный участок трассы из золошлака длиной 150 метров. Высокое качество полотна подтвердили исследователи Иркутского национального исследовательского технического университета (ИРНИТУ). Аналогичные эксперименты ведутся в Красноярском крае на оживленной трассе Красноярск – поселок Элита.

При сгорании угля на производстве возникает проблема складирования и утилизации. Для снижения нагрузки на отвалы отработанный материал может использоваться в составе земляного полотна для дорожного покрытия.

Специалисты Красноярского филиала «Сибирской генерирующей компании» провели все необходимые исследования и получили положительное заключение государственной экологической экспертизы на технологию производства золошлаковых материалов. Красноярский пример их использования в дорожном строительстве станет новым шагом к повсеместному применению этой перспективной технологии [3].

Очевидно, что будущее за трассами из цементо-бетона, производство которого поглотит золошлаковые отходы ТЭЦ. Привычный асфальтобетон он превосходит абсолютно по всем параметрам. Он дешевле и прочней. Заявленный срок службы бетонного покрытия – 25 лет. У асфальта, как известно, всего пять. Особенности сцепления колеса с асфальтовым покрытием приводят к значительному перерасходу топлива, чего нет на бетонной дороге. Этот факт затрагивает уже аспекты экологии и экономики, показывающие преимущества цементо-бетонных трасс.

Принято считать, что это только зарубежная практика. Но есть и отечественный удачный опыт. Под Благовещенском есть участок трассы из бетона, который стоит без ремонта уже 15 лет.

Помимо отмеченного выше экономического аспекта проблемы внедрения новых технологий развиваться на этом направлении не дает, по мнению авторов, отсутствие механизмов экономического стимулирования на техническое и технологическое перевооружений дорожной отрасли, так как существует на сегодня привычное производство асфальтобетона, наработанные технологии и практики.

## Источники

1. Комплексное использованиеи золошлаковых отходов / О.В. Афанасьева [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2015. № 7-8. С. 26–36. URL: https://doi.org/10.30724/1998-9903-2015-0-7-8-26-36 (дата обращения: 23.10.2023).

2. Решетникова Н. Вторичное применение золошлаков снизит выбросы парниковых газов // Российская газета. Спецвыпуск: Экология. 2023. 5 июня. № 121 (9066). С. 13–14.

3. Бондарев А. Золошлаковые отходы ТЭЦ // Российская газета. Спецвыпуск: Экономика Сибири. 2023. 5 окт. № 225 (9170). С. 15.

УДК 622.691

# ОБЗОР СХЕМНЫХ РЕШЕНИЙ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЙ С ГТД

Галяутдинов Руслан Маратович[1], Саитов Станислав Радикович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]ryslik_0101@mail.ru

Газоперекачивающая отрасль имеет стратегическое значение в РФ. В статье рассмотрены особенности отрасли, её основные проблемы.

**Ключевые слова:** компрессор, природный газ, газоперекачивающая станция, месторождение, магистральный газопровод

# REVIEW OF CIRCUIT SOLUTIONS OF GAS PUMPING STATIONS WITH GTE

Galyautdinov Ruslan Maratovich[1], Saitov Stanislav Radikovich[2]
1,2KSPEU, Kazan
[1]ryslik_0101@mail.ru

The gas pumping industry is of strategic importance in the Russian Federation. The article discusses the features of the industry and its main problems.

**Keywords:** compressor, natural gas, gas pumping station, field, main gas pipeline.

Согласно «Энергетической стратегии Российской Федерации до 2035 года» газоперекачивающая отрасль будет активно развиваться в рамках освоения новых месторождений газа на полуострове Ямал, в восточной Сибири, а также новых проектируемых газоперекачивающих станций [1].

Основные месторождения природного газа в Российской Федерации расположены на достаточно удаленном расстоянии от потребителя. Подача газа до потребителя осуществляется газопроводом, что, несомненно, сопровождается потерями давления транспортируемого газа [1]. С целью решения данной проблемы необходимо строительство компрессорных станций (КС) с газоперекачивающими агрегатами (ГПА).

Существуют компрессорные станции следующих видов: головные; линейные, дожимные [2].

Головные станции устанавливаются непосредственно на месторождении природного газа, в тех ситуациях, когда пластового давления газа недостаточно для поддержания требуемого давления в магистрали.

Линейные станции предназначены для стабилизации параметров газа на участке всего пути между потребителем и месторождением.

Дожимные станции предназначены для закачки газа в подземные газохранилища и его дальнейшего отбора.

На КС происходят следующие процессы: прием газа из магистрального газопровода или месторождения, его дальнейшая осушка и очистка, нагнетание природного газа до требуемых параметров давления, его дальнейшая передача в магистральный газопровод [2].

Повышение давления на компрессорной станции происходит за счет работы газотурбинного двигателя (ГТД) приводом которого является центробежный компрессор (ЦБК). Принципиальная схема работа газоперекачивающего агрегата приведена на рисунке [3].

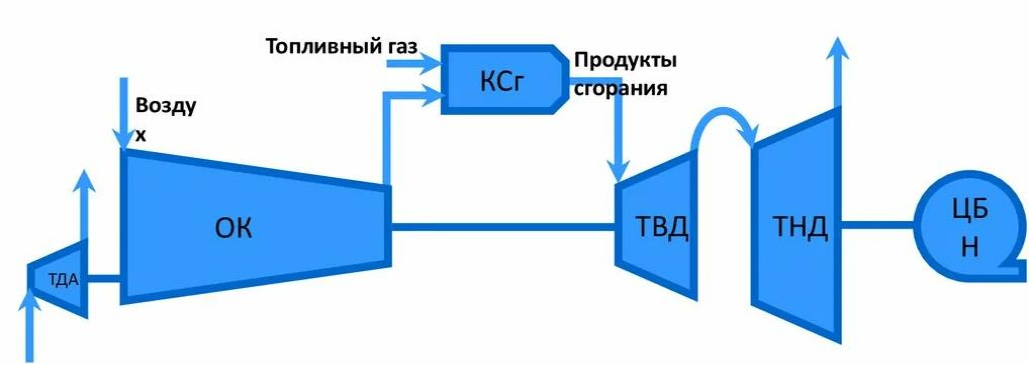



Рис. 1. Принципиальная схема работы ГПА

При работе компрессорной станции природный газ сжимается до 5,5–7,5 МПа и направляется дальше в магистральный газопровод. Для минимизации потерь газа через трубопровод линейные компрессорные станции устанавливаются на расстоянии 150–200 км друг от друга на протяжении всего пути от месторождения до потребителя [3].

Основными потребителями газа внутри Российской Федерации являются важнейшие экономически-промышленные направления.

Для стабильности газоперекачивающей отрасли важна адаптивность имеющихся и проектируемых КС под требуемые параметры добываемого газа. Дело в том, что пластовое давление газа достаточно нестабильно. В зависимости от количества станций, расположенных на месторождении газа пластовое давление может падать.

Так же важным вопросом является экологическая проблема. Освоение новых месторождений газа оказывает негативное воздействие на окружающую среду – нарушается растительный и почвенный покров [5].

Освоение новых месторождений является важным фактором газоперекачивающей отрасли. Как отмечалось ранее, месторождения газа достаточно удалены от потребителя и как правило имеют неблагоприятные природно-климатические, геологические условия [5].

Основное потребление газа в РФ уходит на следующие важнейшие секторы: ТЭЦ, промышленность, отопление, коммунально-бытовые потребители.

Таким образом, стабильность газоперекачивающей отрасли несет глобальное влияние на промышленно-экономический комплекс Российской Федерации.

## Источники


1. Об энергетической стратегии РФ на период до 2035 года [Электронный ресурс]: Распоряжение Правительства Рос. Федерации от 9 июня 2020 г. №1523-р // Доступ из СПС КонсультантПлюс (дата обращения: 23.10.2023).
2. Коршак А.А. Компрессорные станции магистральных газопроводов: учеб. пособие. Ростов н/Д: Феникс, 2016. 157 с.
3. Канунников И.П., Стенгач С.Д., Углов Б.А. Газоперекачивающий агрегат ГПА-Ц-16: учеб. пособие. Самара: Гос. аэрокосм. ун-т, 2000. 64с
4. Козаченко А.Н. Устройство и эксплуатация компрессорных станций магистральных газопроводов: учеб. пособие. М.: Нефть и газ, 1999. 375 с.
5. Скоробогатов В.А., Сивков С.Н., Данилевский С.А. Проблемы ресурсного обеспечения добычи природного газа в России до 2050 года // Вести газовой науки. 2013. № 5 (16). С. 4–14.

УДК 66.045.14

# ТЕПЛООБМЕННИКИ В СОСТАВЕ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

Гареев Александр Юрьевич[1], Саитов Станислав Радикович[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]sanya_gareev01@mail.ru

В данном докладе рассматривается способ повышения эффективности твердооксидных топливных элементов внутреннего риформинга и гибридных систем.

**Ключевые слова:** газотурбинный двигатель, твердооксидный теплообменник, рекуперативный газотурбинный цикл.

# HEAT EXCHANGERS AS PART OF GAS TURBINE INSTALLATIONS

Gareev Alexander Yurievich[1], Saitov Stanislav Radikovich[2]
KSPEU, Kazan
[1]sanya_gareev01@mail.ru

This report discusses a way to improve the efficiency of solid oxide fuel cells of internal reforming and hybrid systems.

**Keywords:** gas turbine engine, solid oxide heat exchanger, regenerative gas turbine cycle.

Высокотемпературные теплообменники (произвольно обозначающие температуру выше 650 °C) требуются во многих промышленных системах по технологическим соображениям или с целью достижения высокой эффективности.

В рекуперативных газотурбинных циклах целесообразность использования высокотемпературных теплообменников должна быть проанализирована более глубоко из-за возможности получения очень высокого теплового КПД, который на сегодняшний день может достигать 40 % в простых циклах (просто без какой-либо рекуперации) и 62 % в комбинированных [1–3].

Был проведен общий обзор высокотемпературных теплообменников. Многие промышленные процессы требуют высокотемпературных систем по естественным причинам или для повышения эффективности. Это особенно верно в случае электростанций по производству электроэнергии.

Была проанализирована группа высокотемпературных систем и отмечены некоторые общие технологические проблемы.

Еще одним важным фактором при использовании теплообменников в энергосистемах является величина перепада давления. Тепловые расчеты показывают, что, если потери давления порядка 5–6 % возникают как со стороны газа, так и со стороны воздуха, энергоэффективность системы может снизиться примерно на 1 % [2].

Промышленные системы, могут быть проанализированы на основе их технологической проблемы. Определены два основных направления исследований. Первый связан с разработкой геометрии поверхности теплопередачи, второй – с проблемой материала (а именно: механические свойства при высоких температурах, свойства ползучести и устойчивость к воздействию окружающей среды) [1].

## Источники


1. Булыгин Ю.А., Апасов В.Н. Расчет и проектирование теплообменного аппарата: учеб. пособие. Воронеж: ГОУВПО «ВГТУ», 2006. 136 с.

2. Мартыненко О.Г. Справочник по теплообменникам. М.: Энергоатомиздат, 1987. Т. 2. 352 с.

3. Саитов С.Р., Карачурин Б.Р., Сидоров М.В. Прогнозирование пиковых часов энергосбытовых компаний, входящих в реестр гарантирующих поставщиков АО «АТС» // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4 (56). С. 59–68.

4. Саитов С.Р., Чичирова Н.Д., Чичиров А.А. Баромембранные технологии в схеме водоподготовки Уфимской ТЭЦ-1 // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 2 (34). С. 58–67.

5. Недостатки баромембранных методов водоподготовки и способы их устранения в мировой практике / С.Р. Саитов [и др.] // Вестник Московского энергетического института. 2020. № 4. С. 98–112.

УДК 004.4:332.05

# БЛОКЧЕЙН В СФЕРЕ ЖКХ: ПЕРСПЕКТИВЫ И РИСКИ

Гарифов Роберт Ильсурович[1], Зарипова Римма Солтановна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]rgar6573@gmail.com

В данной статье проводится анализ перспектив и рисков использования технологии блокчейн в сфере ЖКХ. Подробно рассматриваются основные преимущества блокчейн-технологии для управления жилищно-коммунальным хозяйством, а также выявляются потенциальные угрозы и риски, связанные с ее внедрением. Работа содержит оценку текущего состояния и перспектив развития блокчейн-технологии в ЖКХ, а также предлагает рекомендации по минимизации рисков при ее использовании.

**Ключевые слова:** блокчейн, ЖКХ, управление, риски, перспективы, информационные технологии, развитие.

# BLOCKCHAIN IN THE HOUSING AND UTILITIES SECTOR: PROSPECTS AND RISKS

Garifov Robert Ilsurovich[1], Zaripova Rimma Soltanovna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]rgar6573@gmail.com

This article analyzes the prospects and risks of using blockchain technology in the housing and utilities sector. The main advantages of blockchain technology for housing and utilities management are considered in detail, as well as potential threats and risks associated with its implementation are identified. The paper contains an assessment of the current state and prospects for the development of blockchain technology in the housing and utilities sector, and also offers recommendations for minimizing risks when using it.

**Keywords:** blockchain, housing and communal services, management, risks, prospects, information technology, development.

Технология блокчейн стала одним из самых обсуждаемых и перспективных инструментов в современном мире. Ее применение в различных отраслях экономики позволяет повысить эффективность управления и обеспечить прозрачность операций [1]. Сфера жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) также заинтересована в использовании блокчейн-технологии для оптимизации процессов управления и повышения качества предоставляемых услуг [2]. Однако внедрение новых технологий всегда сопряжено с определенными рисками, которые необходимо учитывать при разработке стратегии и планов внедрения.

Применение блокчейн-технологии в сфере ЖКХ может принести значительные выгоды. Во-первых, блокчейн позволяет создать прозрачную систему учета данных, что способствует предотвращению мошенничества и снижению уровня коррупции. Во-вторых, блокчейн обеспечивает возможность быстрой и безопасной передачи информации между участниками процесса управления ЖКХ, что повышает оперативность принятия решений и обеспечивает более эффективное взаимодействие между различными структурами. Наконец, блокчейн может быть использован для создания цифровых платформ, объединяющих всех участников рынка ЖКХ и обеспечивающих доступ к актуальной информации о состоянии объектов инфраструктуры. Эта технология может стать основой для создания новых цифровых сервисов для жителей многоквартирных домов [3]. Например, на основе блокчейн можно разработать систему онлайн-голосований по вопросам управления домом, цифровые доски объявлений, платформы для общения жителей и другие сервисы, улучшающие качество жизни в многоквартирных домах.

Блокчейн технология может быть применена для улучшения управления многоквартирными домами. Одной из возможных применений является создание цифровых платформ, на которых жители смогут получать доступ к информации о состоянии дома, проводимых работах, расходах на коммунальные услуги и другой важной информации [4]. Это позволит улучшить прозрачность управления и повысить уровень доверия между жителями и управляющими компаниями.

Однако внедрение блокчейн несет определенные риски. Во-первых, необходимость перестройки бизнес-процессов и информационных систем может вызвать значительные затраты и трудности. Во-вторых, возможны проблемы с конфиденциальностью данных и защитой личной информации участников процесса управления ЖКХ [5]. Существует риск возникновения технических сбоев или атак на блокчейн-систему, что может привести к серьезным последствиям для функционирования инфраструктуры ЖКХ.

Блокчейн имеет значительный потенциал для улучшения управления ЖКХ. Однако необходимо тщательно оценивать риски и разрабатывать меры по их минимизации при разработке и внедрении новых систем на основе блокчейн. Только при условии комплексного подхода к использованию технологии блокчейн можно гарантировать ее успешное внедрение и позитивное влияние на сферу ЖКХ.

## Источники

1. Реброва О.В., Зарипова Р.С. Цифровизация сферы ЖКХ // Вектор развития управленческих подходов в цифровой экономике: матер. III Всерос. науч.-практ. конф. Казань, 2021. С. 285–287.

2. Емдиханов Р.А., Смирнов Ю.Н. Основные этапы и стратегии успешной цифровой трансформации // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: матер. Междунар. науч.-техн. конф. Казань, 2023.
С. 216–218.

3. Лучинкин В.Л., Зарипова Р.С. Перспективы применения нейронных сетей в энергетике // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: матер. Междунар. науч.-техн. конф. Казань, 2023. С. 77–80.

4. Гибадуллин Р.Ф., Лекомцев Д.В., Перухин М.Ю. Анализ параметров промышленных сетей с применением нейросетевой обработки // Искусственный интеллект и принятие решений. 2020. № 1. С. 80–87.

5. Дронина А.А., Зарипова Р.С. Современные проблемы и перспективы развития топливно-энергетического комплекса // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: матер. Междунар. науч.-техн. конф. Казань, 2023. С. 138–140.

УДК 004.89

# ВНЕДРЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС

Гимадиева Разина Фанилевна[1], Шарипов Ильнар Ильдарович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань
[1,2]rgimadieva78@gmail.com

В последние годы аддитивные технологии и искусственный интеллект приобрели все большую популярность в различных сферах человеческой деятельности. И образование не стало исключением. В этой мы подробнее обратимся к изучению вопроса о внедрении новых технологий в современный образовательный процесс.

**Ключевые слова:** аддитивные технологии, искусственный интеллект, образовательный процесс, интерактивное обучение, развитие навыков.

# INTRODUCTION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Gimadieva Razina Fanilevna[1], Sharipov Ilnar Ildarovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]rgimadieva78@gmail.com

In recent years, additive technologies and artificial intelligence have become increasingly popular in various spheres of human activity. And education was no exception. In this article, we will turn in more detail to the study of the introduction of new technologies into the modern educational process.

**Keywords:** additive technologies, artificial intelligence, educational process, interactive learning, skills development.

Внедрение аддитивных технологий в образовательный процесс стало не просто тенденцией, но и необходимостью для современной школы и высшего образовательного учреждения. Аддитивные технологии, также известные как 3D-печать, являются новым способом создания физических объектов посредством последовательного наложения слоёв материала. Эта технология открывает безграничные возможности для образования, позволяя ученикам и студентам не только учиться теоретически, но и применять свои знания на практике. Внедрение аддитивных технологий в образовательный процесс создаёт условия для развития творческого мышления, умения работать в команде и решать сложные задачи. Студенты и учащиеся могут создавать прототипы, модели и даже функционирующие устройства, что активизирует их интерес к изучаемым предметам [3].

Кроме того, аддитивные технологии помогают визуализировать абстрактные понятия и сложные явления. Они позволяют создавать трехмерные модели, которые можно потрогать, разобрать, изучить с разных сторон. Это делает процесс обучения увлекательным и более понятным для студентов. Внедрение аддитивных технологий в образовательный процесс также позволяет развивать у детей и молодых людей навыки проектирования и инженерии. Они могут создавать свои собственные модели, оптимизировать их и вносить изменения с помощью компьютерных программ. Такие навыки являются важными для будущего рынка труда, где доминируют технические профессии.

Однако, внедрение аддитивных технологий в образовательный процесс также вызывает некоторые вызовы. Необходимость приобретения и обновления оборудования, обучение педагогического персонала работе с 3D-принтерами, а также подготовка качественных учебных материалов – все эти аспекты требуют времени, финансовых вложений и организационных усилий.

Внедрение технологий искусственного интеллекта в образовательный процесс является одной из ключевых тенденций развития современной системы образования. Искусственный интеллект – это комплекс систем, способных обрабатывать информацию и принимать решения, воспроизводящих интеллектуальные функции человека [1].

Основной целью внедрения технологий искусственного интеллекта в образовательный процесс является повышение эффективности обучения, адаптация образования к современным запросам и потребностям учащихся.

Одна из основных областей применения искусственного интеллекта в образовании – это разработка индивидуальной образовательной программы. Благодаря анализу больших объемов данных искусственный интеллект позволяет определить образовательные потребности каждого ученика. Это позволяет создать персонализированный подход к обучению, учитывая индивидуальные различия и особенности каждого ученика.

Введение в образовательный процесс таких инновационных технологий, как программы-роботы, интерактивные образовательные платформы и виртуальные лаборатории, позволяет сделать учебный процесс более интересным и познавательным. Искусственный интеллект способен адаптироваться к индивидуальным потребностям учеников, предоставляя им индивидуальные задания, учитывая скорость усвоения материала или предоставляя дополнительные материалы для погружения в предметную область.

Также внедрение искусственного интеллекта в образовательный процесс позволяет проводить эффективный мониторинг знаний и прогресса учащихся. Благодаря анализу данных искусственный интеллект позволяет оценить уровень знаний и понимания каждого ученика, определить его сильные и слабые стороны, что затем позволяет разработать индивидуальные планы развития и учебные планы.

Однако при внедрении технологий искусственного интеллекта в образовательный процесс необходимо учитывать и определенные риски. Например, возможность проблем с конфиденциальностью данных или некорректного определения потребностей ученика, что может привести к неправильной оценке уровня знаний и понимания [2].

Подводя итог вышесказанному отметим, что в целом внедрение технологий искусственного интеллекта в образовательный процесс открывает новые возможности для развития системы образования и повышения качества обучения. Это позволяет создать гибкую и адаптивную систему образования, учитывающую индивидуальные потребности каждого ученика и способствующую их лучшему освоению знаний и навыков.

Внедрение же аддитивных технологий в образовательный процесс открывает новые горизонты для развития образования. Это позволяет создавать условия для более эффективного и интерактивного обучения, стимулирует творческое мышление и развитие ключевых навыков. Однако, необходимо учесть все аспекты и трудности внедрения этой технологии в образовательные учреждения. Только тогда ее потенциал будет полностью раскрыт и принесет пользу студентам и учащимся.

## Источники

1. Васильев С.Н. К интеллектному управлению // Нелинейная теория управления и ее приложения. М.: Физматлит, 2020. С. 57–127/

2. Горюшкин Е.И. Использование нейросетевых технологий в адаптивном тестировании по информатике в вузе: дис. ... канд. пед. наук. Курск, 2019. 176 с.

3. Грушевский С.П. Проектирование учебно-информационных комплексов: дис. д-ра пед. наук. Краснодар, 2001. 512 с.

УДК 691-328.3

# ПРИМЕНЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ НА БАЗЕ RENGA ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ЗДАНИЙ

Даминов Рустем Ренатович[1], Хисамиев Булат Рафикович[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]rusdaminov2@gmail.com, [2]bulathis24@gmail.com

Статья посвящена применению BIM-технологий на базе Renga для моделирования систем вентиляции. Рассматриваются преимущества использования BIM при проектировании таких систем, как выявление коллизий, оптимизация дизайна и сокращение затрат. Дается обзор возможностей Renga с удобным интерфейсом и широким набором инструментов. Описываются спецификации Renga для моделирования вентиляции, включая параметрическое моделирование, интеграцию с другими системами и расчетные инструменты. Делается вывод об эффективности Renga для проектирования систем вентиляции.

**Ключевые слова:** BIM-технологии, Renga, моделирование, вентиляция, проектирование систем вентиляции.

# APPLICATION OF BIM TECHNOLOGIES BASED ON RENGA FOR BUILDING VENTILATION SYSTEM MODELING

Daminov Rustem Renatovich[1], Hisamiev Bulat Rafikovich[2]
KSPEU, Kazan
[1]rusdaminov2@gmail.com, [2]bulathis24@gmail.com

The article is dedicated to the application of BIM technologies based on Renga for the modeling of ventilation systems. It explores the advantages of using BIM in the design of such systems, including clash detection, design optimization, and cost reduction. An overview of Renga's capabilities with its user-friendly interface and a wide array of tools is provided. The article describes Renga's specifications for ventilation modeling, including parametric modeling, integration with other systems, and computational tools. It concludes by emphasizing the effectiveness of Renga in the design of ventilation systems.

**Keywords:** BIM technologies, Renga, modeling, ventilation, ventilation system design.

В современном строительстве цифровые технологии, такие как BIM, стали ключевыми для оптимизации процессов проектирования и строительства. Одной из ключевых областей применения BIM является проектирование систем вентиляции.

Использование BIM-технологий при проектировании систем вентиляции позволяет получить следующие преимущества:

– выявление коллизий на ранних стадиях проектирования. Например, обнаружение пересечения воздуховодов с несущими конструкциями здания;

– оптимизация дизайна системы в реальном времени при внесении изменений;

– сокращение затрат на материалы и строительство за счет точного моделирования;

– повышение качества взаимодействия в команде проектировщиков.

Renga предоставляет проектировщикам широкий набор инструментов для BIM-моделирования вентиляции:

– библиотека типовых объектов (воздуховоды, вентиляторы, решетки, диффузоры и др.);

– параметрическое моделирование для настройки объектов;

– инструменты для расчетов, анализа и моделирования процессов;

– возможности интеграции с другими BIM-системами (Revit, AutoCAD);

– автоматическое выявление коллизий элементов модели.

Благодаря этому функционалу Renga предоставляет широкие возможности для эффективного моделирования систем вентиляции (см. рисунок).

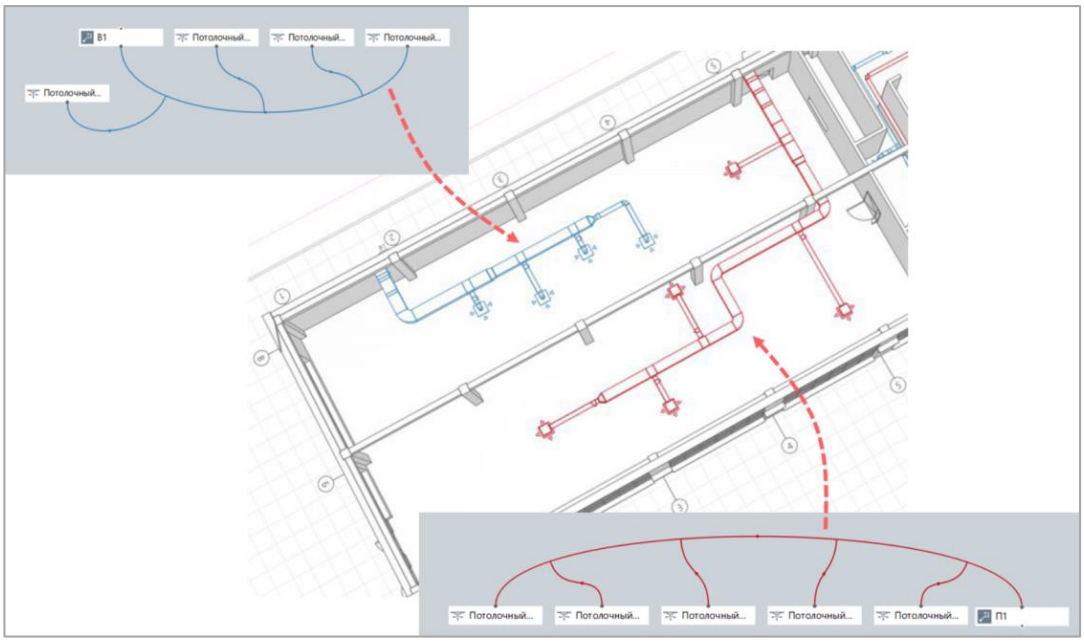


Рис. 1. Моделирование систем вентиляции в Renga

Использование современных BIM-технологий на базе решений вроде Renga позволяет значительно оптимизировать процесс проектирования и повысить качество систем вентиляции. Перспективным направлением является дальнейшее развитие функционала таких платформ.

## Источники

1. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха [Электронный ресурс]: утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 декабря 2020 г. № 921/пр // Доступ из СПС КонсультантПлюс (дата обращения: 21.10.2023).

2. Хуснутдинова, А.Р., Зиганшин, М.Г. Цифровое информационное моделирование зданий на основе ПО REVIT И RENGA // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VIII Нац. науч.-практ. конф. Казань, 2023. С. 453–455.

3. Зиганшин А.М., Зиганшин М.Г. Smart BIM в О и В. Информационное моделирование в отоплении и вентиляции = Smart BIM in HVAC. Information Modeling in Heating and Ventilation Systems: учеб.-метод. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2019. 349 с.

4. Ковальчук Ю.Л. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. М.: ДМК Пресс, 2011. 192 с.

5. Куликова Е.Ю., Забелина Н.А. BIM-технологии в задачах проектирования систем вентиляции // АВОК. 2018. № 8. С. 56–61.

УДК 62.669

# ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТЭК

Жалмаганбетова Севара Тугеловна[1], Шарипов Ильнар Ильдарович[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]sevajt859@gmail.com, [2]sharipov.ii@mail.ru

В данной статье рассмотрены основные методы создания деталей и конструкций на 3D-принтере и их применение в топливно-энергетическом комплексе. Дана оценка рисков применения, изучены существующие примеры. Проанализировано значение аддитивных технологий в данной отрасли.

**Ключевые слова:** аддитивные технологии, топливно-энергетический комплекс, 3Д-печать, импортозамещение.

# APPLICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE FUEL AND ENERGY COMPLEX

Jalmaganbetova Sevara Tugelovna[1], Sharipov Ilnar Ildarovich[2]
KSPEU, Kazan
[1]sevajt859@gmail.com, [2]sharipov.ii@mail.ru

This article discusses the main methods for creating parts and structures on a 3D printer and their application in the fuel and energy complex. An assessment of the risks of use is given, existing examples are studied. The role of additive technologies in this industry is analyzed.

**Keywords:** additive technologies, fuel and energy complex, 3D printing, import substitution

Топливно-энергетический комплекс играет огромную, стратегически значимую роль в экономике и политике Российской Федерации, как внешней, так и внутренней. Данную отрасль необходимо систематически модернизировать, совершенствовать, учитывая все возможные риски и внешние вызовы [1]. В последние годы большую популярность набирают аддитивные технологии и 3D-печать. Их преимущество в том, что подобные технологии позволяют значительно сократить временные и финансовые затраты на производство и прототипирование. Более того, конструкции, созданные при помощи аддитивных технологий, отличаются высоким качеством и точностью, тем самым позволяя создавать сложные, инновационные конструкции. Одним из способов применения аддитивных технологий является процесс прототипирования – один из этапов разработки деталей [2]. Он позволяет сэкономить значительное количество времени и финансовых затрат. При создании конструкций на 3D-принетере используется 3 основных метода (см. рисунок).

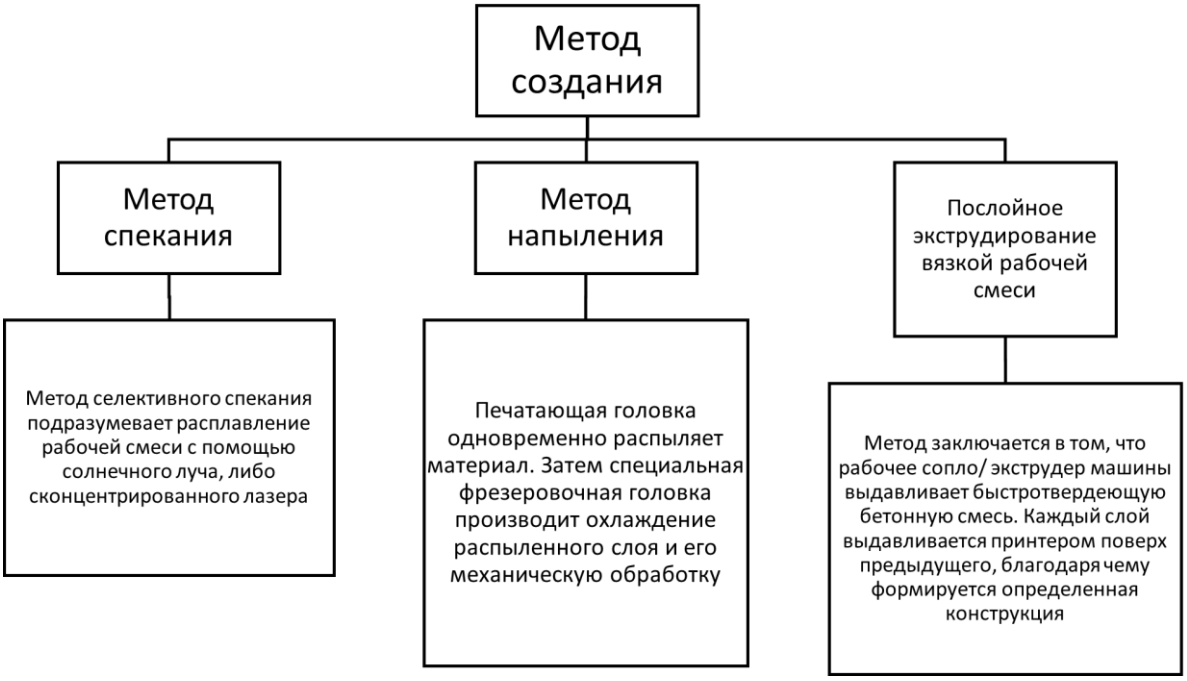



Рис. 1. Методы создания деталей и конструкция с помощью 3D-принтера

Аддитивные технологии уже находят широкое применение в разных отраслях промышленности [3]. К примеру, в Тихвинском вагоностроительном заводе (НПК ОВК) при помощи 3D-принтеров реализовывается производство элементов литейной модельной оснастки. Применение новой технологии позволило сократить время выпуска крупных элементов оснастки сложной конфигурации всего до одной недели с последующим незамедлительным началом производства опытных отливок. Кроме того, данное оборудование имеет хорошие показатели энергоэффективности и гарантирует экономный расход материалов для 3D-принтера [4].

Еще одним примером является пермский моторный завод «Авиадвигатель». Здесь технологию селективного лазерного спекания впервые применили еще в 2010 г. для изготовления литых деталей по выжигаемым моделям. В 2011 г. на предприятии появилось оборудование для ремонта деталей методом лазерной наплавки, в 2013 г. – началось освоение выращивания металлических деталей по технологии селективного лазерного плавления [5]. Также при помощи аддитивных технологий завод выполняет работы по доводке деталей для двигателей наземного применения – газовых турбин и электростанций.

Доступность аддитивных технологий дает возможность наладить производство необходимых деталей на собственных площадках, исключив посредников, поставщиков, риски доставки и сократив себестоимость производства [6].

## Источники

1. Винниченко А.В. Замещающие технологии реверсивного инжиниринга в аддитивных технологиях // Научные исследования молодых учёных: сб. ст. V Междунар. науч.-практ. конф. Пенза, 2020. С. 54–58.

2. Давлетов М.Х. Совершенствование технологии изготовления корпуса поворотного сопла на примере использования аддитивных технологий // Мавлютовские чтения: матер. XVI Всерос. молод. науч. конф. Уфа, 2022. Т. 2. С. 302–307.

3. Современные технологии изготовления изделий сложных форм методом аддитивных технологий / А.В. Садовская [и др.] // Потребительская кооперация. 2023. № 3 (82). С. 18–22.

4. Салахова Э.И., Козеев Е.А., Зинуров В.Э. Эрозионный износ сепарационного устройства с дугообразными элементами // Тинчуринские чтения – 2023 «Энергетика и цифровая трансформация»: матер. Междунар. молод. науч. конф.: в 3 т. / под общ. ред. Э.Ю. Абдуллазянова. Казань, 2023. Т. 2. С. 329–332.

5. Журавлев П.В., Павлюк А.С., Павлюк Е.С. Технология 3d-печати как способ преодоления импортозависимости в сфере топливно-энергетического комплекса // Russian Economic Bulletin. 2023. Т. 6, № 5. С. 331–335.

6. Рукавишников В.А., Халуева В.В. Компетентностно-модульная модель подготовки специалиста как системный объект проектирования // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2016. № 3 (31). С. 124–133.

УДК 544.726

# ПРИМЕНЕНИЕ СИЛЬНОКИСЛОТНЫХ И СЛАБОКИСЛОТНЫХ КАТИОНИТОВ В ИОНООБМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ВОДОПОДГОТОВКИ НА ТЭС

Зайнуллина Гульназ Айратовна[1], Бабиков Олег Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]zaynullina_13@mail.ru

Надежность работы энергетического оборудования на ТЭС непосредственно связана с качеством подготовки теплоносителя для пароводяного контура станции. На установках водоподготовки применяются как традиционные технологии химического и термического обессоливания, так и современные баромембранные методы. В данной работе рассматривается применение сильнокислотных и слабокислотных катионитов в ионообменных технологиях водоподготовки на ТЭС.

**Ключевые слова:** тепловые электрические станции, водоподготовка, ионнообменные технологии, катиониты

# THE USE OF STRONG ACID AND WEAK ACID CATION RESINS IN ION EXCHANGE TECHNOLOGIES FOR WATER TREATMENT AT THERMAL POWER PLANTS

Zainullina Gulnaz Ayratovna[1], Babikov Oleg Evgenievich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]zaynullina_13@mail.ru

The reliability of the operation of power equipment at thermal power plants is directly related to the quality of preparation of the coolant for the steam-water circuit of the station. At water treatment plants, both traditional technologies of chemical and thermal desalination and modern baromembrane methods are used. This paper discusses the use of strong acid and weak acid cation resins in ion exchange technologies for water treatment at thermal power plants.

**Keywords:** thermal power plants, water treatment, ion exchange technologies, cation exchange resins.

Подпитка паровых энергетических котлов осуществляется обессоленной водой, которая может быть получена с использованием технологии ионного обмена по схеме двух- или трехступенчатого химического обессоливания исходной воды на ионитных фильтрах [1]. Преимущество данной технологии заключается в уменьшении объема используемых химических реагентов, снижение объема сточных вод, повышение качества подготовки теплоносителя. Но остаются актуальными вопросы нейтрализации и утилизации отмывочных регенерационных растворов [2].

Ионный обмен – это процесс, в ходе которого ионы из одного вещества обмениваются с ионами другого вещества. Он происходит, когда два раствора с разными ионами смешиваются или когда ионы из раствора проходят через полупроницаемую мембрану. В результате ионного обмена ионы, которые были изначально в каждом из веществ, заменяются на ионы другого вещества, что приводит к образованию новых соединений или растворов с отличающимися свойствами.

В качестве загрузки ионитных фильтров могут быть использованы анионо- и катионообменные смолы, которые представляют собой синтетические полимеры. Они имеют противоположные заряды, они будут связывать и удалять разные типы ионов.

Катиониты используются для умягчения воды при водоподготовке, удаляя из нее сульфаты, хлориды и карбонаты.

Основными техническими характеристиками катионитов являются:

– объемная емкость: это количество ионов, которое может быть удалено из воды при использовании катионита за один цикл работы;

– размер гранул: размер гранул (от 0,3 мм до 2 мм) и влияет на скорость обмена ионов и эффективность фильтрации;

– механическая прочность: катиониты должны быть механически прочными, чтобы выдерживать давление и вибрации в процессе использования;

– химическая стабильность: катиониты должны быть устойчивы к воздействию кислот, щелочей и других химических веществ, которые могут присутствовать в воде;

– пористость: пористость влияет на способность иона удерживать воду и на скорость обмена ионов (общая пористость обычно составляет от 50 до 70 %, а удельная пористость – от 1 до 3 мл/г);

– плотность: зависит от пористости катионитов, размера гранул и других факторов (от 800 до 1200 кг/м$^3$);

– регенерация: возможность регенерации катионита для восстановления его обменной емкости после использования.

Катиониты можно разделить на две большие группы: сильнокислые и слабокислые.

В сильнокислых катионитах содержатся сильнодиссоциирующие кислотные группы, например, сульфоновая кислота (R-$SO_2OH$). Такие катиониты эффективно работают в щелочных, нейтральных и кислых средах при значениях pH от 0 единиц до 14. Эти смолы предоставляют возможность нейтрализации сильных оснований, а также превращения солей в кислоты.

Слабокислые катиониты применяются при уровне pH от 6 единиц до 14, т. е. эффективны в щелочной и нейтральной среде. Подобные катиониты обладают значительной ионообменной ёмкостью, а также химической устойчивостью, прочностью. Слабокислые ионообменные смолы подходят даже для обработки воды, содержащей окислители типа хлора и водорода.

Известными зарубежными производителями ионообменных смол являются такие компании как Dowex, Amberlite, Purolite, Lewatit и Resinex. В Российской Федерации используются катионообменные смолы, разработанные отечественными производителями, марок ECOMIX, ECOTAR, HYDROLITE, ProMix [3]. В условиях санционных ограничений и конкуренции на рынке отечественные производители будут стремиться улучшать характеристики и наращивать объемы производства ионитов.

## Источники

1. Гапеку М., Власова А.Ю. Современные технологии водоподготовки на тепловых электрических станциях // Энергетика в условиях цифровой трансформации. Наука. Технологии. Инновации: сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф. Волжский, 2022. С. 195–199.

2. Банокина А.И., Власова А.Ю. Сравнительный анализ «традиционной» ионообменной и баромембранной технологий водоподготовительных установок // XV Всерос. аспирантско-магистерский науч. семинар, посвящ. Дню энергетика: матер. конф.: в 3 т. / под общ. ред. Э.Ю. Абдуллазянова. Казань, 2022. Т. 2. С. 6–10.

3. Ионообменные смолы [Электронный ресурс]. URL: https://waterhim.ru/ionoobmennye-smoly (дата обращения: 30.10.2023).

УДК 621.165

# СИСТЕМА МАСЛОСНАБЖЕНИЯ ТУРБИН АТОМНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Ильясов Ильнар Айратович [1], Бабиков Олег Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]ilnar.ilyasov.2017@mail.ru

Системы маслоснабжения играют важную роль в безопасном и эффективном функционировании турбин атомных электрических станций. Они обеспечивают надежное смазывание и охлаждение деталей турбин, а также поддерживают стабильное давление масла в системе. В данной статье мы рассмотрим основные принципы работы систем маслоснабжения турбин АЭС, их структуру, а также роль, которую они играют в обеспечении бесперебойной генерации электроэнергии.

**Ключевые слова**: АЭС, паровые турбины, система маслоснабжения

# OIL SUPPLY SYSTEMS FOR TURBINES OF NUCLEAR POWER PLANTS

Ilyasov Ildar Ayratovich [1], Babikov Oleg Evgenievich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]ilnar.ilyasov.2017@mail.ru

Oil supply systems play an important role in the safe and efficient operation of turbines in nuclear power plants. They ensure reliable lubrication and cooling of turbine parts, and also maintain stable oil pressure in the system. This article discusses the basic principles of operation of oil supply systems for nuclear power plant turbines, their structure, as well as the role they play in ensuring uninterrupted power generation.

**Keywords**: Nuclear power plants, steam turbines, oil supply system

В ядерном реакторе в результате деления ядер Урана-235 происходит выделение огромного количества тепла, которое далее нагревает рабочее тело. В парогенераторе образуется насыщенный пар, который в свою очередь приводит в движение турбину. А затем механическая энергия вращения турбины преобразуется в электрическую энергию в генераторе. Одним из важных аспектов работы турбин АЭС является эффективная работа системы маслоснабжения, которая обеспечивает надежную и безопасную эксплуатацию энергетического оборудования.

Система маслоснабжения турбин АЭС включает в себя: масляный бак, масляный насос, фильтр, теплообменник, систему управления, баки чистого и грязного масла. Каждый из этих компонентов выполняет свою функцию для обеспечения нормальной работы масляного контура. Работа системы маслоснабжения турбин АЭС требует строгого соблюдения

определенных норм и стандартов, в частности ГОСТ 32-74 [1]. Одним из основных требований к состоянию масла является необходимость поддержания его чистоты в нормативных пределах, именно поэтому на АЭС раз в месяц проводят химический анализ масла. Ухудшение качества масла или сбои в работе оборудования системы маслоснабжения могут привести к нарушению работы турбины и увеличению риска аварии [2]. Поэтому необходимо проведение регулярного обслуживания элементов системы маслоснабжения и своевременная замена масла.

Для обеспечения надежности и безопасности работы турбин АЭС применяются различные системы контроля и аварийных защит, которые автоматически прерывают подачу масла в случае обнаружения внештатной ситуации.

В системах маслоснабжения турбин АЭС могут использоваться различные виды масел, включая:

1. Минеральные масла. Это самый распространенный тип масел, которые используются в системе маслоснабжения турбины. Они являются продуктами нефтепереработки и имеют достаточно низкую стоимость, но обладают ограниченной степенью стабильности при высоких температурах и низкой устойчивостью к окислению.

2. Синтетические масла производятся из синтетических химических соединений. Они имеют более высокую степень стабильности при высоких температурах и лучшую устойчивость к окислению по сравнению с минеральными маслами. Они также обладают лучшими антикоррозийными свойствами, но синтетические масла как правило дороже минеральных масел в 2-3 раза.

3. Полусинтетические масла являются смесью минеральных и синтетических масел. Они сочетают преимущества обоих видов масел, такие как низкая стоимость и хорошая степень стабильности при высоких температурах. Они также имеют улучшенные антиокислительные и антикоррозийные свойства.

При выборе оптимального вида масла для системы маслоснабжения турбины, обращают внимание на следующие характеристики:

1. Кинематическая вязкость: используется для характеристики текучести жидкости, а также для расчета гидравлических сопротивлений в трубопроводах и других системах. Различные типы масел имеют разную вязкость, которая влияет на эффективность смазки и сопротивление трению.

2. Температурный диапазон: это диапазон температур, в котором масло способно поддерживать свои физические и химические свойства. Различные виды масел имеют разные предельные и рабочие температуры, и выбор масла должен основываться на условиях эксплуатации.

3. Индекс вязкости: это показатель способности масла сохранять свою вязкость при изменении температур. Высокий индекс вязкости означает, что масло изменяет свою вязкость меньше при изменении температуры. Это важно для обеспечения стабильной смазки при различных условиях работы.

4. Окислительная стабильность: это показатель способности масла сохранять свои химические свойства при длительной эксплуатации и не подвергаться окислительному разложению. Высокая окислительная стабильность важна для сохранения качества масла и защиты от образования отложений.

5. Содержание примесей: различные масла могут содержать разные примеси, такие как вода, газы, твердые частицы и др. Эти примеси могут негативно влиять на работу системы маслоснабжения и требовать дополнительных процедур фильтрации и очистки.

Наибольшую популярность в энергетике получили масла марок: Тп- 22, Тп-30, Тп-46, $Т_{22}$, $Т_{30}$, $Т_{46}$, $Т_{57}$. При выборе масла для системы маслоснабжения турбины АЭС необходимо учитывать условия эксплуатации и паспортные характеристики масел, а также стоит отметить, что часто учитываются рекомендации производителя турбины.

## Источники

1. ГОСТ 32-74. Масла турбинные Технические условия [Электронный ресурс]: утв. и введен в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 22 марта 1974 г. № 663. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200003465 (дата обращения: 05.11.2023).

2. Осинцев К.В., Пшениснов Н.А., Пшениснов А.И. Процессы загрязнения и очистки турбинного масла в системах смазки паровых турбин // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. 2022. Т. 22, № 3, С. 83–89.

УДК 621.548

# МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ЛОПАСТЕЙ ВЕТРЯНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Калимуллин Ильяс Флоритович[1], Бабиков Олег Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]k.ilyas2000@gmail.com

Возобновляемые источники энергии в настоящее время активно развиваются и вносят значительный вклад в мировой энергобаланс, позволяя также достигать цели декарбонизации процесса получения электроэнергии. Ветряные турбины – это устройства, которые позволяют преобразовать кинетическую энергию ветра в электричество. В статье рассмотрены материалы, применяемые при изготовлении лопастей ветряных электростанций.

**Ключевые слова**: ветряные турбины, лопасти, ветряные электрические станции, композитные материалы.

# MATERIALS USED IN THE PRODUCTION OF BLADES FOR WIND POWER PLANTS

Kalimullin Ilyas Floritovich[1], Babikov Oleg Evgenievich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]k.ilyas2000@gmail.com

Renewable energy sources are currently actively developing and making a significant contribution to the global energy balance, while also helping to achieve the goal of decarbonization of the electricity generation process. Wind turbines are devices that convert the kinetic energy of the wind into electricity. The article discusses the materials used in the manufacture of wind power plant blades.

**Keywords**: wind turbines, blades, wind power plants, composite materials.

Ветроэнергетика на данный момент является одной из самых перспективных и быстроразвивающихся отраслей энергетики, так как все большее количество стран стремиться уменьшить использование ископаемых видов топлив для производства электроэнергии. Суммарная мощность всех ветряных электроустановок, установленных на суше по всей планете в течение 2022 года, составила 68816 МВт, а в России – 2108 МВт [1,2].

Лопасти являются наиболее важным и самым дорогостоящим компонентом ветряной турбины. Одной из главных задач при строительстве ветряной электростанции является выбор материала лопастей турбины, поскольку они должны иметь достаточно высокую прочность и жесткость, выдерживать перепады температур, высокую влажность и даже удары

молний, но при этом обязательным условием является сохранение малого веса лопастей. Легкий вес облегчает монтаж и эксплуатацию ветряных турбин, а также понижает нагрузку на главный вал и его подшипник, позволяя увеличить их срок службы и повысить надежность работы ветрогенераторов в целом.

Лишь с помощью использования некоторых типов материалов достигается максимальная эффективность работы лопастей. Наиболее подходящими являются армированные полимеры, которые представляют собой композиты, состоящие из полимерной матрицы и волокон. Высокая прочность и жесткость обеспечивается за счет применения длинных волокон, а вязкость разрушения достигается за счет используемой полимерной матрицы.

В качестве основного армирования обычно используют алюмо-боросиликатные стёкла (E-glass) с содержанием щелочных элементов менее 2%. Толщина армирующих нитей составляет около 10 мкм, при этом достигается высокая прочность на разрыв и изгиб. При дополнительной термической обработке предел прочности для ПИ-композитов (композитов на основе полиимидов) увеличивается на 6 %, а для ПЭИ-композитов (композитов на основе полиэфиримида) – на 20 % [3].

Исследователями проводятся исследования с целью создания волокон с характеристиками, превосходящими обычные волокна из E-glass. Такие волокна, несмотря на их относительную редкость в практическом применении, являются многообещающим источником улучшения композитных материалов. К высокопрочным волокнам можно отнести стекловолокна измененной структуры (C-glass, R-glass и т. д.), углеродные волокна, волокна базальта и арамида.

Углеродные волокна являются очень перспективной альтернативой традиционным волокнам из E-glass. Они обеспечивают большую жесткость, но имеют высокую стоимость, меньшую прочность на сжатие и высокую чувствительность к локальным дефектам. В некоторых исследованиях комбинация углеродных волокон и E-glass была предложена как решение, которое позволяет сочетать высокую жесткость (за счет углеродных волокон) и ограниченное увеличение стоимости.

В качестве основного материала для изготовления лопастей ВЭС также могут использоваться легкие металлы, такие как алюминий. Но по прочностным характеристикам такие лопасти уступают полимер-композитным лопастям, соответственно, имеют и меньший срок службы.

Намного реже можно встретить парусные лопасти. Их стоимость намного ниже аналогов из металла или стеклопластика, и они проще в изготовлении, но при суровых погодных условиях они могут прийти

в негодность уже после первой непогоды. Именно поэтому в настоящее время их можно встретить только на частных участках, как и лопасти из дерева, труб ПВХ и т. д.

По сей день ведется работа по разработке новых материалов, которые могут заменить те, что уже используются в лопастях ветряных турбин. Совсем недавно группа ученых из Университета города Мичиган предложила новый полимер, который был получен путем объединения растительного и синтетического полимеров [4].

Несмотря на то, что при изготовлении лопастей используются самые современные и технологические материалы, но исследователи по всему миру продолжают поиски, чтобы еще больше повысить эффективность работы ветряных электрических станций.

## Источники

1. Могиленко А. Мировая ветроэнергетика: итоги 2022 года [Электронный ресурс] // Энергетика и промышленность России: сайт. URL: https://www.eprussia.ru/epr/460/1978524.htm (дата обращения: 30.10.2023).

2. Чичирова Н.Д. Перспективы развития электрогенерации в Российской Федерации // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: матер. II Междунар. науч. конф. Сумгаит, 2020. С. 10–17.

3. Materials for wind turbine blades: An overview / L. Mishnaevsky Jr. [et al.] // Materials (Basel). 2017. Vol. 10, Iss. 11. DOI: https://doi.org/10.3390/ma10111285.

4. Fecko D. High strength glass reinforcements still being discovered // Reinforced Plastics. 2006. Vol. 50, Iss. 4. Pp. 40–44.

УДК 628.16

# АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ КОНДЕНСАТА ОТ АМИНОСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ

Камалиева Рузина Фарсиловна[1], Филимонова Антонина Андреевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]rruzzi@yandex.ru

В данной работе рассмотрены и проанализированы методы очистки конденсата от аминосоединений.

**Ключевые слова:** очистка конденсата, методы, аминосодержащие соединения, обратный осмос, мембраны, активированный уголь, ионный обмен, электрофлотация.

# OVERVIEW OF METHODS FOR CLEANING CONDENSATE FROM AMINO-CONTAINING COMPOUNDS

Kamalieva Ruzina Farsilovna[1], Filimonova Antonina Andreevna [2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]rruzzi@yandex.ru

In this paper, the methods of condensate purification from amino compounds are considered and analyzed.

**Keywords:** purification of condensate, methods, amino-containing compounds reverse osmosis, membranes, activated carbon, ion exchange, electroflotation.

При организации аммиачного водно-химического режима ТЭЦ в конденсате часто присутствуют аминосодержащие соединения виде аминов, амидов или других соединений, содержащих аминогруппы. При отпуске пара на предприятия по производству фармацевтических препаратов, пищевых продуктов или химических веществ возвратный конденсат также может содержать аминосоединения. При высокой концентрации такие соединения могут мешать в определении химических показателей качества воды, негативно влиять на окружающую среду, а также при попадании в организм человека могут оказывать отрицательное воздействие на его здоровье.

Очистка конденсата от аминосодержащих соединений является важным процессом для обеспечения безопасности и качества питьевой и питательной воды. Стоит отметить, что выбор метода очистки зависит от различных факторов, таких как концентрация загрязнений, требуемый уровень очистки и доступность технологий. Также необходимо учитывать экономическую эффективность и возможность повторного использования очищенной воды. Рассмотрим сравнительную характеристику некоторых из них.

Один из наиболее распространенных методов – использование ионного обмена. Данный метод основан на замещении ионов аминов или других аминосодержащих соединений ионами других веществ, таких как кальций или натрий. Ионный обмен обеспечивает высокую степень очистки и может быть эффективным при высокой концентрации содержания аминогрупп. Однако этот метод требует использования специальных смол, которые являются достаточно дорогостоящими и нуждаются в процессе регенерации [1].

Еще одним методом очистки является использование активированного угля. Активированный уголь обладает высокой адсорбционной способностью и может удалять различные загрязнения, включая аминосоединений. Процесс основан на пропускании конденсата через слой активированного угля, на поверхности которого происходит адсорбция загрязнений, и получении очищенной воды на выходе. Данный метод является эффективным для удаления различных загрязнений. Однако при высокой концентрации аминосодержащих соединений использование активированного угля может быть менее эффективным, по сравнению с ионным обменом, и также требует регенерации активированного угля [2].

Также для очистки конденсата можно использовать мембранную фильтрацию. Данный метод является достаточно эффективным для удаления аминосодержащих соединений, особенно при их низкой концентрации. Однако применение полупроницаемых мембран требует высоких экономических затрат и регулярной замены мембран [3].

Электрофлотация основана на использовании электрического поля для образования пузырьков газа, которые поднимаются вверх и удаляют загрязнения из конденсата. Данный метод эффективен для удаления аминосодержащих соединений, однако требует электрооборудования и является более сложным в использовании по сравнению с другими рассмотренными методами [4].

Обратный осмос основан на пропускании конденсата через полупроницаемую мембрану, которая удаляет загрязнения. Несмотря на высокую эффективность данного метода, он является достаточно дорогостоящим в эксплуатации [5].

Таким образом, наиболее эффективным и экономически доступным методом очистки конденсата от аминосодержащих соединений является сорбция активированным углем, однако необходимы дополнительные исследования по эффективности удаления аминосодержащих соединений различных структур.

## Источники

1. Mangold K.-M., Jüttner K. Conducting polymers as ion-exchangers for water purification // Electrochimica Acta. 2001. Vol. 47, Iss. 5. Pp. 741–745.

2. Effluent organic matter removal from reverse osmosis feed by granular activated carbon and purolite A502PS fluidized beds / S. Shanmuganathan [et al.] // Journal of Industrial and Engineering Chemistry. 2014. Vol. 20, Iss. 6. Pp. 4499–4508.

3. Membranes in Water Reclamation: Treatment, Reuse and Concentrate Management / S. Devaisy [et al.] // Membranes. 2023. Vol. 13, Iss. 6. DOI: https://doi.org/10.3390/membranes13060605.

4. Choi H.J., Lee S.M. Treatment of reverse osmosis concentrate by biological aerated filter // Desalination and Water Treatment. 2013. Vol. 53, Iss. 5. Pp. 1–8.

5. Removal of Organics with Ion-Exchange Resins (IEX) from Reverse Osmosis Concentrate / S. Devaisy [et al.] // Membranes. 2023. Vol. 13, Iss. 2. DOI: https://doi.org/10.3390/membranes13020136.

УДК 628.16

# ТЕХНОЛОГИЯ ОЗОНИРОВАНИЯ КАК СПОСОБ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

Камалиева Рузина Фарсиловна[1], Власова Алена Юрьевна[2],
Филимонова Антонина Андреевна[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]rruzzi@yandex.ru, [2]vlasovaay@mail.ru

В работе рассматривается процесс озонирования и способ очистки воды с помощью данной технологии для обеспечения населения питьевой водой, а также влияния дозировки на показатели качества воды.

**Ключевые слова:** очистка воды, озонирование, показатели качества воды, питьевая вода, озон, озонатор.

# OZONATION TECHNOLOGY AS A WAY TO PURIFY DRINKING WATER IN THE THERMAL POWER INDUSTRY

Kamalieva Ruzina Farsilovna[1], Vlasova Alena Yurievna[2],
Filimonova Antonina Andreevna[3]
[1,2,3] KSPEU, Kazan
[1]rruzzi@yandex.ru, [2]vlasovaay@mail.ru

The paper considers the process of ozonation and the method of water purification using this technology to provide the population with drinking water, as well as the effect of dosage on water quality indicators.

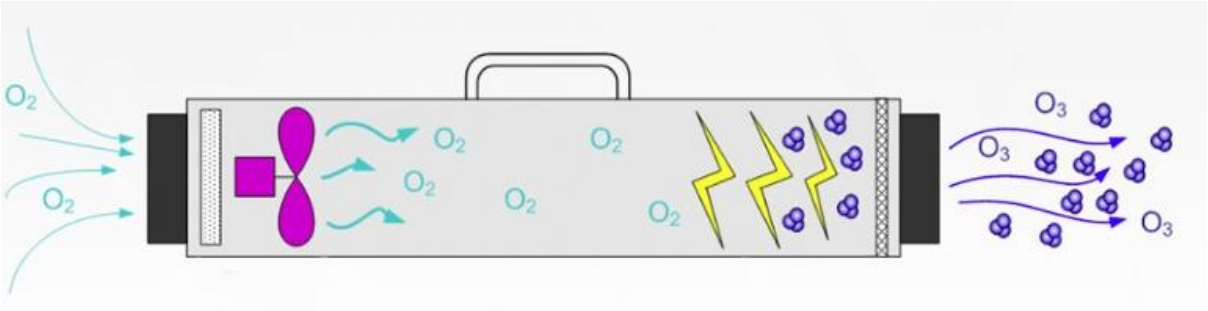
**Keywords:** water purification, ozonation, water quality indicators, drinking water, ozone, ozonizer.

Обеспечение населения питьевой водой является важной задачей для многих регионов России. Основными источниками питьевого водоснабжения являются реки и подземные воды. Однако, предприятия и организации по водообеспечению сталкиваются с проблемой загрязнения водных ресурсов промышленными отходами, химическими и органическими веществами и пестицидами, что создает необходимость в проведении процессов очистки и обработки воды перед ее использованием [1].

Одним из способов улучшения качества очистки является обработка воды с применением озонаторных установок. Поэтому основная цель работы заключалась в проведении исследования по эффективности озонирования водопроводной воды для разработки модернизованной технологической схем подготовки питьевой воды на водоканале.

Озонирование воды – это процесс, при котором озон добавляется к воде для ее обеззараживания и обесцвечивания, а также для устранения запахов и вкусов [2].

Процесс озонирования воды начинается с генерации озона с помощью специального оборудования – озонатора. Затем озон добавляется к воде в виде газа. На рисунке представлен принцип работы озонатора. При контакте с водой озон разлагается, образуя активные кислородные радикалы, которые окисляют органические и неорганические соединения.




Принцип работы озонатора

На основе проведенных экспериментальных исследований выявлено следующее:

1) данная технология не уменьшает концентрацию остаточного хлора ниже уровня, требуемого для питьевой воды, следовательно, потребность в повторном процессе хлорирования отсутствует;

2) первичное озонирование способствует увеличению образования формальдегида, ацетальдегид, глиоксаль и метилглиоксаль опасных для здоровья. Поэтому его необходимо проводить совместно с дополнительной сорбционной очисткой с использованием активированных углей, загруженных в сорбционные фильтры. Первичное озонирование с дозами 1–3 мг/л может быть использовано для улучшения процесса коагуляции-флокуляции. Однако при увеличении дозировки озона происходит обратный эффект;

3) влияние озона на химическую потребление в кислороде и общем органическом углероде не выявлено, так как озонирование переводит органический углерод в окисленную форму, а количественное уменьшение возможно только после фильтрования через активированные угли;

4) показатель биохимического потребления кислорода снижается при увеличении концентрации озона;

5) процесс озонирования требует высоких затрат электроэнергии на генерацию озона.

Стоит отметить, что озонирование – это лишь один из этапов очистки питьевой воды. Для достижения максимального качества воды может потребоваться проведение и других процессов, таких как фильтрация, ультрафиолетовая обработка или сорбционная очистка [3]. Комплексное применение данных методов позволяет достичь оптимального уровня очистки и обеспечить высокое качество питьевой воды.

В данной работе представлены основные выводы по экспериментальным исследованиям применения метода озонирования для подготовки питьевой воды. Дальнейшие исследования будут направлены на возможность комбинирования метода озонирования с другими технологическими методами, которые могут привести к улучшению качества подготовки воды питьевого назначения.

## Источники

1. Чичирова Н.Д., Евгеньев И.В. Технология озонирования воды и фильтрующих материалов в теплоэнергетике // Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. 1999. № 2. С. 27–31.

2. Ozonation in water treatment: the generation, basic properties of ozone and its practical application / Ch. Wei [et al.] // Reviews in Chemical Engineering. 2016. Vol. 33, Iss. 1. Pp. 49–89.

3. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении / А.М. Когановский [и др.]. М.: Химия, 1983. 288 с.

УДК 772.962:699.86

# ОБСЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА: ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ, ВИДЫ

Карпов Денис Федорович[1], Павлов Михаил Васильевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «ВоГУ», г. Вологда
[1]karpovdf@vogu35.ru

Рассмотрены цели, задачи и виды обследований объектов жилищно-коммунального комплекса: зданий, сооружений, инженерно-технических систем и коммуникаций. Особое внимание уделено предварительному (визуальному) и детальному (инструментальному, приборному) видам контроля. Отмечены текущая востребованность и перспективность тепловизионной диагностики в оценке качества уровня тепловой защиты строительных объектов и идентификации явных (видимых) и скрытых (невидимых) дефектов. Предложенный в статье материал направлен на решение актуальных вопросов энерго- и ресурсосбережения в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве страны.

**Ключевые слова**: жилищно-коммунальный комплекс, здание, сооружение, инженерно-техническая система, тепловизор, тепловизионный контроль, теплотехническая диагностика, тепловая защита, тепловой дефект.

# SURVEY OF HOUSING AND COMMUNAL COMPLEX FACILITIES: GOALS, OBJECTIVES, TYPES

Karpov Denis Fedorovich[1], Pavlov Mikhail Vasilevich [2]
[1,2]Vologda State University, Vologda
[1]karpovdf@vogu35.ru

The purposes, tasks and types of surveys of objects of housing and communal complex: buildings, structures, engineering systems and communications are considered. Special attention is paid to preliminary (visual) and detailed (instrumental, instrument) types of control. The current relevance and prospects of audit diagnostics in assessing the quality of the level of thermal protection of construction objects and identification of obvious (visible) and hidden (invisible) defects are noted. The material proposed in the article is aimed at solving topical issues of energy and resource conservation in the fuel and energy complex and housing and communal services of the country.

**Keywords**: housing and communal complex, building, structure, engineering and technical system, thermal imager, thermal imaging control, thermal diagnostics, thermal protection, thermal defect.

Жилищно-коммунальный комплекс (ЖКК) является одним из наиболее значимых элементов муниципального хозяйства, важнейшей часть территориальной инфраструктуры. Деятельность ЖКК, как многоотраслевого

комплекса, обеспечивающего функционирование инженерной инфраструктуры зданий различного назначения и создающего удобства и комфортность проживания или нахождения в них граждан путем предоставления им широкого спектра жилищно-коммунальных услуг, в значительной степени формирует жизненную среду человека: комфортность жилища, микрорайона, города, муниципального образования. Основу ЖКК составляет жилищно-коммунальное хозяйство.

Целью обследования зданий и сооружений является определение их фактического технического состояния, проведение количественной оценки показателей качества строительных конструкций (прочности, надежности, сопротивления теплопередаче и др.) с учетом изменений, происходящих во времени, для установления состава и объема работ по капитальному ремонту, реконструкции, модернизации, реновации [1, с. 300; 2, с. 380].

Задачами обследования зданий и сооружений являются:

1) проверка технического состояния строительных объектов перед сдачей в эксплуатацию, заключающаяся в выявлении их соответствия проектной документации, а также наличия или отсутствия нарушений;

2) проверка технического состояния эксплуатируемых строительных объектов, определение их изношенности и возможной несущей способности строительных конструкций, фиксация параметров для проведения ремонтных работ различного уровня сложности, плановые и внеплановые проверки;

3) лабораторные и натурные испытания материалов, отдельных элементов конструкций.

Обследование инженерно-технических систем заключается в получении информации о текущем состоянии коммуникаций, трубопроводов, приборов учета, инженерных элементов и узлов. Это требуется для планового или внеочередного ремонта, модернизации или замены системы, проектирования при реконструкциях или строительства объектов. По итогам обследования составляют акты, заключения, протоколы испытаний, другие документы, необходимые заказчику, подрядчику или проектировщику.

Целью обследования инженерно-технических систем является определение их фактического технического состояния, выявление дефектов, повреждений и неисправностей, количественная оценка физического и морального износа, установление отклонений от проекта [1, с. 301; 2, с. 381].

Задачами обследования инженерно-технических систем являются:

1) определение их фактического состояния на момент проверок и обследований;

2) подтверждение соответствия их работы технической, нормативной и эксплуатационной документации, в том числе по показателям защиты и безопасности;

3) разработка перечня мероприятий и последовательности их реализации для восстановления работоспособности и качественного функционирования обследуемых инженерных коммуникаций.

Виды обследований зданий, сооружений и инженерно-технических систем:

1) предварительное (визуальное). Заключается в оценке технического состояния строительных конструкций и инженерного оборудования, электрических сетей и средств связи по внешним признакам; определении необходимости проведения детального (инструментального) обследования и уточнения программы работ;

2) детальное (инструментальное, приборное). Заключается в измерении необходимых для выполнения целей и задач обследования геометрических параметров объектов контроля; инструментальном определении параметров дефектов и повреждений; определении фактических характеристик материалов основных несущих конструкций зданий; измерении параметров эксплуатационной среды, присущей текущему технологическому процессу; определении реальных эксплуатационных нагрузок и воздействий, воспринимаемых обследуемыми конструкциями с учетом влияния деформаций грунтов основания; составлении итогового документа (заключения) с выводами по результатам обследования.

Одним из эффективных способов инструментального обследования строительных объектов является неразрушающий тепловизионный контроль, основанный на применении высокотехнологичных приборов инфракрасного наблюдения – тепловизоров [3, с. 49; 4, с. 95].

Теплотехническая диагностика зданий, сооружений, инженерно-технических систем на различных этапах их строительства и эксплуатации [5, с. 13], как правило, включающая в себя тепловизионный контроль, направлена на: обнаружение явных и скрытых теплотехнических дефектов; определение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, частичных и общих тепловых потерь; оценку качества тепловой защиты.

## Источники

1. Карпов Д.Ф., Павлов М.В., Гудков А.Г. Краткий анализ особенностей энергосбережения в современных строительных объектах // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VII Нац. науч.-практ. конф. / редкол.: Э.Ю. Абдуллазянов (гл. ред.) [и др.]. Казань, 2022. С. 299–306.

2. Карпов Д.Ф., Павлов М.В., Гудков А.Г. О потенциале энергосберегающих зданий и энергоэффективных технологий в строительстве // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VIII Нац. науч.-практ. конф. / редкол.: Э.Ю. Абдуллазянов (гл. ред.) [и др.]. Казань, 2022. С. 379–383.

3. Павлов М. В., Карпов Д. Ф. Результаты термографирования группы строительных объектов в городе Вологде // Научно-технический журнал «Энергосбережение и водоподготовка». 2023. № 1 (141). С. 48–53.

4. Карпов Д.Ф., Павлов М.В. Оценка теплозащитных свойств ограждающих конструкций строительных объектов по анализу термограмм // Вестник ДГТУ. Технические науки. 2021. Т. 48, № 2. С. 92–102.

5. Исследование надежности элементов инженерных сооружений путем генерации случайных величин / А.А. Соловьева [и др.] // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. 2023. № 2 (20). С. 12–14.

УДК 620.91

# ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ПАРОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ КАЗАНСКОЙ ТЭЦ-2

Кашин Владислав Геннадьевич
Филиал АО «Татэнерго» – Казанская ТЭЦ-2, г. Казань
monmaison@mail.ru

Пар можно назвать наиболее перспективным способом передачи тепловой энергии. Газообразную фазу такого теплоносителя удобно перемещать и изменять его характеристики. В статье предложена модернизация энергоблоков способом внедрения редукционно-охладительной установки на трубопроводы пара.

**Ключевые слова:** энергия, охлаждение, парогазовая установка, теплоэлектростанция.

# OPTIMIZATION OF OPERATION OF STEAM GAS PLANT OF KAZAN CHPP-2

Kashin Vladislav Gennadievich
Branch of JSC “Tatenergo” – Kazan CHPP-2, Kazan
monmaison@mail.ru

Steam can be called the most promising method of transferring thermal energy. It is convenient to move the gaseous phase of such a coolant and change its characteristics. The article proposes the modernization of power units by introducing a reduction-cooling unit onto steam pipelines.

**Keywords:** energy, cooling, combined cycle plant, thermal power plant.

Передача тепловой энергии пара в будущем станет более эффективной с помощью модернизации редукционно-охладительных установок (РОУ). Сегодня основная задача заключается в модификации работающего оборудования, чтобы уменьшить затраты на его производство, увеличить его прочность и экономическую эффективность. Это определяет необходимость внедрения редукционно-охладительной установки с целью более полного и эффективного использования пара.

Объектом изучения является схема работы и технико-экономические характеристики ПГУ на КТЭЦ-2. Выдвигается предложение по установке РОУ на трубопроводах пара и горячей воды для уменьшения давления, и температуры пара высокого давления и подачи его пользователям, с требуемыми параметрами ($P$ = 1,27 МПа; $T$ = 250 °С) и дальнейшей подачи

в общестанционный коллектор пара, для обеспечения достаточного количества пара пользователей и установкам собственных потребностей [1]. В цехе парогазовых установок предлагается смонтировать РОУ в количестве 2 шт., на каждый блок соответственно.

Основные предлагаемые параметры установки:

– производительность установки – до 1000 т/ч;

– величина давления пара на выходе –до 26,0МПа;

– величина давления регулируемого пара – до 10,0 МПа;

– значение температура пара на выходе до –843 К.

Для предотвращения чрезмерного повышения давления пара сверх расчетного, РОУ снабжена комплектом специальных предохранительных устройств, обеспечивающих сброс пара в атмосферу в количестве равном номинальной производительности установки [2]. При значительных перепадах давлений и для снижения шума во время работы установки предлагается снабдить дополнительными ступенями дросселирования – по одному узлу шумоглушителей на каждую установку.

Уменьшение температурного параметра пара осуществляется добавлением водоохладителя в поток пара в узел шумоглушащего устройства или через форсунки в охладитель пара. Давление и расход пара контролируются с помощью специального клапана, а температура – изменением количества введения водоохладителя при помощи регулирующего клапана [3]. Так же для повышения надежности работы установки, для контроля температурного значения пара параллельно регулирующему клапану предусмотрен игольчатый вентиль [4]. В целях предупреждения опасного повышения давления редуцированного пара каждая установка снабжается импульсно-предохранительным устройством.

Для этого необходимо:

1) произвести анализ параметров и оценку современных энергоблоков ПГУ;

2) разработать вариант модернизации энергоблоков способом внедрения редукционно-охладительной установки на трубопроводы пара;

3) продемонстрировать результаты работы.

По проведенному исследованию технического состояния блоков ПГУ КТЭЦ-2, характеристик и технико-экономических показателей было выявлено, что существующая рабочая схема трубопроводов пара не в полной мере позволяет обеспечить надежную работу станции, в итоге установка редукционно-охладительной установки является обязательным мероприятием, существенное значение имеет колебательный процесс паропроводов [5].

В итоге усовершенствование технической оснастки схемы работы ПГУ путем внедрения редукционно-охладительной установки на трубопроводы пара, привело к улучшению надежности, увеличению экономичности и безопасности работы станции КТЭЦ-2.

## Источники


1. РД 153-34.1-30.106-00. Правила технической эксплуатации газового хозяйства газотурбинных и парогазовых установок тепловых электростанций. М., 2001. 60 с.
2. Горбунов К.Г., Кондратьев А.Е. Законодательные проблемы теплоэнергетики // Научному прогрессу – творчество молодых. 2019. № 2. С. 111–113.
3. Information-measuring system for monitoring the location of underground gas pipelines on the basis of improved acoustic resonance method / S.A. Nazarychev [et al.] // Journal of Physics: Conference Series: Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma During the Deposition of Functional Coatings. Kazan, 2019. Vol. 1328. DOI: 10.1088/1742-6596/1328/1/012055.
4. Gaponenko S.O., Kondratiev A.E. Device for Calibration of Piezoelectric Sensors // International Conference on Industrial Engineering. Saint-Petersburg, 2017. Pp. 146–150. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.10.451.
5. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е., Мустафина Г.Р. Построение математической модели распространения волн Лэмба в стальном трубопроводе с защитным наружным покрытием // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 4. С. 3–15.

УДК 621.548

# МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ПОДШИПНИКОВ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Кашин Максим Алексеевич[1], Бабиков Олег Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань,
[1]maksim.kashhin@gmail.com

Ветроэнергетическая отрасль с каждым годом демонстрирует значительный рост, и спрос на системы мониторинга состояния оборудования увеличивается. Особую актуальность приобретает контроль состояния подшипников в ветрогенераторах, так как их износ и выход из строя могут привести к значительным затратам на ремонт и простоям оборудования. Целью данной работы является обзор современных методов мониторинга состояния подшипников ветроэнергетических станций.

**Ключевые слова:** ветроэнергетика, подшипники, контроль состояния

# CONDITION MONITORING OF WIND POWER PLANTS BEARINGS

Kashin Maxim Alekseevich[1], Babikov Oleg Evgenievich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]maksim.kashhin@gmail.com

The wind energy industry is developing significantly every year, and there is a demand for equipment condition monitoring systems. Monitoring the condition of bearings in wind generators is of particular relevance, since their wear and failure can lead to significant repair costs and equipment downtime. The purpose of this article is to review modern methods for monitoring the condition of wind power plant bearings.

**Keywords:** wind power, bearings, condition monitoring

По данным международного агентства по возобновляемым источникам энергии (International Renewable Energy Agency, IRENA), установленная мощность мировой ветроэнергетики по итогам 2022 года составила 899 ГВт [1]. Суммарная установленная мощность ветряных электростанций (ВЭС) в России, по данным Российской Ассоциации Ветроиндустрии за 2021 год, составила 2043,84 МВт, а количество ветроэлектрических установок – 1162 единиц [2].

В работе ветрогенераторов важную роль играют подшипники, которые испытывают механические нагрузки, связанные с вращением лопастей ветрогенераторов, а также вибрационные нагрузки, возникающие из-за непостоянства силы ветра. Подшипники обеспечивают плавное вращение лопастей, уменьшают износ деталей, снижают уровень шума и вибраций, что повышает надежность работы ветрогенератора. Поэтому мониторинг и контроль

состояния подшипников является актуальным вопросом. Затраты на обслуживание и замену запасных частей для ветрогенератора составляют порядка 10–15 % от общей прибыли ВЭС за 20-летний срок эксплуатации.

Проведя анализ литературных источников по данной теме, выделим основные современные методы мониторинга состояния подшипников ветрогенераторов.

**Анализ вибрации.** Наиболее распространенная технология контроля состояния, которая заключается в измерении уровня вибрации подшипника и сравнении его с допустимыми значениями. Вибрационный анализ позволяет на ранних стадиях обнаружить зарождение неисправности и вовремя предотвратить аварийные ситуации и дорогостоящий ремонт оборудования. При проведении вибрационного анализа могут применяться различные датчики (датчики положения, датчики скорости, акселерометры и датчики энергии спектрального излучения и др.), выбор которых регламентирован в ГОСТ ИСО 10816-1-97. Для выявления неисправностей используются данные во временной области (временные сигналы) и в частотной (частотные спектры). Во время начальных фаз повреждения подшипника происходит генерация высокочастотных сигналов, а также частоты неисправностей находятся близко к уровню шума.

**Акустические измерения.** Приборы для проведения акустических измерений оснащены датчиком, который преобразует колебания давления в электрический сигнал, который затем передается на измеритель [3]. Самый эффективный метод акустического измерения – акустическая эмиссия, то есть кратковременное выделение акустической энергии в результате быстрого снятия напряжения в твердом теле. Основным преимуществом этой технологии является ее способность и чувствительность улавливать поверхностные и подповерхностные микроповреждения. В некоторых случаях акустическая эмиссия может обеспечить более раннее обнаружение неисправностей, чем другие системы мониторинга состояния [4].

**Мониторинг электрических воздействий.** Используется для определения состояния подшипников путем измерения электрического сопротивления, индуктивности или емкости. Этот метод позволяет обнаруживать изменения, вызванные трещинами и усталостью. Он может использоваться для обнаружения трещин в подшипниках генераторов и других неисправностей.

**Анализ масла.** Мониторинг состояния масла, используемого в системе маслоснабжения подшипников, применяется для раннего обнаружения и отслеживания повреждений подшипников и элементов шестерен в редукторах ветряных турбин. В этом методе основной целью является обнаружение присутствия в масле металлических частиц, образованных в результате истирания и частичного разрушения подшипников. Помимо

лабораторных испытаний системы маслоснабжения ВЭС, существуют современные онлайн-системы, в которых установлены чувствительные датчики. В онлайн-системе генерируется электрический импульс, когда металлические вкрапления или частицы проходят через датчик. Таким образом, можно обнаружить наличие неисправностей и определить степень износа элементов [5].

**Температурный контроль.** Измерение температуры подшипников является распространенным методом анализа работы ветрогенераторов. Для измерений могут применяться оптические пирометры, термометры сопротивления и термопары. Мониторинг температуры позволяет получить информацию о процессе износа подшипников, который происходит из-за механического трения, вызванного различными неисправностями. Трение может усиливаться из-за ухудшения свойств смазочных материалов или возникновения других проблем.

## Источники


1. Renewable energy statistics 2023 [Электронный ресурс]. URL: https://www.irena.org/Publications/2023/Jul/Renewable-energy-statistics-2023 (дата обращения: 28.10.2023).
2. ЦДУ-ТЭК [Электронный ресурс]. URL: https://www.cdu.ru/tek_russia/issue/2022/7/1039/ (дата обращения: 28.10.2023).
3. Rogers A.L., Manwell J.F., Wright S. Wind Turbine Acoustic Noise [Электронный ресурс]: White paper. URL: https://docs.wind-watch.org/rogers-windturbinenoise_rev2006.pdf (дата обращения: 19.10.2023).
4. Analysis of Acoustic Emission Data for Bearings subject to Unbalance / S.A. Niknam [et al.] // International Journal of Health Policy and Management. 2013. Vol. 4, Iss. 3. DOI: https://doi.org/10.36001/ijphm.2013.v4i3.2145.
5. Wind Turbine Condition Monitoring: State-of-the-Art Review, New Trends, and Future Challenges / P. Tchakoua [et al.] // Energies. 2014. Vol. 7. Pp. 2595–2630. DOI: https://doi.org/10.3390/en7042595.

УДК 621.181

# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗООЧИСТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЦИКЛОННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Киселёв Илья Игоревич[1], Зиганшин Малик Гарифович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]ikiselev59@mail.ru, [2]mjihan@mail.ru

Рассмотрены два основных типа газоочистного оборудования: инерционный и неинерционный. Циклонные сепараторы, относящиеся к инерционному типу, плохо улавливают мелкодисперсные частицы. Электрофильтры и тканевые фильтры, относящиеся к неинерционному типу, хорошо улавливают мелкодисперсные частицы, но имеют недостатки по сравнению с циклонными сепараторами. Представлены способы усовершенствования путем комбинирования циклонных сепараторов с тканевыми фильтрами или электрофильтрами. Комбинация циклонной фильтрации с электрофильтрацией потенциально приемлема для решения проблемы плохого улавливания мелкодисперсных частиц в циклонных сепараторах, но требует дальнейших исследований и разработок.

**Ключевые слова:** очистное оборудование, электрофильтр, тканевый фильтр, циклонный сепаратор, твердые частицы, улавливание.

# IMPROVING THE EFFICIENCY OF GAS CLEANING EQUIPMENT FOR CYCLONE FILTRATION

Ilya Igorevich Kiselyov[1], Malik Garifovich Ziganshin[2]
[1,2] KSPEU, Kazan
[1]ikiselev59@mail.ru, [2]mjihan@mail.ru

Two main types of gas cleaning equipment are considered: inertial and non-inertial. Cyclone separators belonging to the inertial type do not catch fine particles well. Electrofilters and fabric filters belonging to the non-inertial type are good at capturing fine particles, but have disadvantages compared to cyclone separators. Methods of improvement by combining cyclone separators with fabric filters or electrofilters are presented. The combination of cyclone filtration with electrofiltration is potentially acceptable to solve the problem of poor capture of fine particles in cyclone separators, but requires further research and development.

**Keywords**: cleaning equipment, electrofilter, fabric filter, cyclone separator, solid particles, trapping.

Газоочистное оборудование можно разделить на два основных вида: инерционного типа и неинерционного типа.

Циклонные сепараторы относятся к инерционному типу газоочистного оборудования, ввиду чего они очень плохо улавливают мелкодисперсные частицы. В настоящее время рекомендуется использовать циклоны перед устройствами с высокой степенью очистки [1].

Для повышения степени очистки в циклонных сепараторах авторами [2] предлагается выполнить отверстия трапецеидальной формы, которые будут выступать в качестве ловушки. Однако такая конструкция циклонного сепаратора повышает эффективность улавливания твердых частиц размерами от 30 мкм, но никак не влияет на мелкодисперсные частицы размерами до 10 мкм. Также авторы сообщают, что при повышении концентраций твердых частиц в пылегазовом потоке повышается эрозия аппарата [2].

Электрофильтр является примером неинерционного газоочистного оборудования, в котором очистка газов от твердых частиц происходит под действием электрических сил. В результате действия электрического поля заряженные частицы выводятся из очищаемого газового потока и осаждаются на электродах. Зарядка частиц происходит в поле коронного разряда. По мере накопления частиц на электродах их стряхивают или смывают. Основными недостатками электрофильтров являются металлоёмкость и большие габариты, а также нельзя направлять взрывоопасные газовые выбросы [1]. Для повышения надежности работы электрофильтров предлагается множество решений, например, [3], однако они не приводят к снижению габаритов.

Тканевые фильтры состоят из рукавов, мешков или сумок, сделанных из специальных тканевых материалов с мелкими порами. Твердые частицы задерживаются на поверхности или внутри фильтрующего материала, а очищаемый газ проходит через материал и выходит из системы. Чтобы удалить задержанные частицы, необходимо продуть или стряхнуть тканевый материал. Основными недостатками тканевых фильтров является недолговечность фильтрующего материала и высокое гидравлическое сопротивление по сравнению с циклонами и электрофильтрами.

Авторами [4] для улучшения эффективности тканевого фильтра предложена конструкция, которая позволяет сократить потребление продувочного газа в 3–4 раза и снизить на 20 % затраты энергии на фильтрование газа, применить удлиненные рукава и повысить скорость фильтрования в 1,5–2 раза.

Конструктивные способы, рассмотренные выше, не достаточны для улучшения газоочистного оборудования в условиях растущих экологических требований.

Для повышения эффективности улавливания мелкодисперсных частиц в циклонном фильтре авторами [5] предложена усовершенствованная конструкция циклона-фильтра, в котором выполнена вставка из тканого фильтра. В ходе испытаний было установлено, что такое улучшение поспособствовало уменьшению размеров улавливаемых частиц со средних

для циклонов значений порядка 5–10 мкм до 0,5 мкм. Однако такой способ приводит к росту гидравлического сопротивления системы очистки с циклонной фильтрацией. Вследствие этого возрастут затраты электроэнергии на привод вентилятора или дымососа

Повысить эффективность улавливания мелкодисперсных частиц в циклонном сепараторе можно также за счет установки внутри него коронирующих электродов [6]. По сравнению с циклоном, выполненным с тканой вставкой, циклон-электрофильтр будет иметь затраты энергии меньше.

Стоит отметить, что важными параметрами по газовой части при электрофильтрации является скорость газового потока $V_г$ (не более 1–1,5 м/с), равномерное распределение потока по сечению аппарата, оптимальное удельное электрическое сопротивление дисперсных частиц, которое находится в приделах $10^6$–$10^9$ Ом·м, содержание пыли в газах порядка 90 г/нм$^3$, температура газов до 500 °С. Для упрощенных расчетов полный коэффициент очистки в электрофильтре $\eta_{tot}$ находится по эмпирической формуле:

$$\eta_{tot} = 1 - \exp(-K_{fl} A \beta^{0,42}), \quad (1)$$

где $K_{fl}$ – параметр вторичного уноса; А – безразмерный параметр, величина которого зависит от соотношения площадей активной и неактивной зон электрофильтра; β – безразмерный параметр, зависящий от соотношения электрических и аэродинамических сил [1].

Мелкодисперсные частицы также могут быть уловлены с помощью ультразвуковой коагуляции, где ультразвуковые волны используются для скопления и объединения мелких твердых частиц в более крупные. В результате этого процесса образуются группы или осадки твердых частиц, что облегчает их удаление или последующую обработку [7]. На данный момент отсутствуют промышленные аппараты, основанные на ультразвуковой коагуляции, и данная технология находится на стадии разработки.

Таким образом, перспективным направлением в области повышения эффективности газоочистного оборудования является комбинация циклонной и электрофильтрации. В них применимо ключевое преимущество электрофильтров, которое решает основную проблему циклонов – плохое улавливание мелкодисперсных частиц.

## Источники

1. Зиганшин М.Г., Колесник А.А., Зиганшин А.М. Проектирование аппаратов пылегазоочистки : учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: Лань, 2022. 544 с.

2. Циклон-сепаратор: пат. 2502564 Рос. Федерация № 2003105321/15; заявл. 26.02.2003; опубл. 27.04.2003, Бюл. № 36.

3. Электрофильтр: пат. 23278523 Рос. Федерация № 2007107011/15; заявл. 27.02.2007; опубл. 27.06.2008, Бюл. № 18.

4. Тканевый фильтр: а. с. 1029994 СССР № 4007691/23-26; заявл. 06.01.1986; опубл. 23.07.1988, Бюл. № 27.

5. Замалиева А.Т., Зиганшин М.Г. Усовершенствованная установка фильтрации газа на ТЭС при подготовке топлива для городских энергетических систем // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21, № 5. С. 124–131.

6. Циклон-электрофильтр: пат. 117321 Рос. Федерация № 2011147872/05; заявл. 24.11.2011; опубл. 27.06.2012, Бюл. № 18.

7. Исследование акустической коагуляции аэрозоля, переносимого потоком воздуха / В.Н. Хмелёв [и др.] // Ползуновский вестник. № 4-1. 2011. С. 211–216.

УДК 697

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

[1]Комар Константин Олегович, [2]Идиатуллов Заур Рафикович
[1,2]ФГБОУ ВО «КНИТУ–КАИ», г. Казань
[1]komarkostya2002@mail.ru, [2]ZRidiatullov@prof.kai.ru

Рассматривается возможности применения искусственного интеллекта для прогнозирования потребления тепловой энергии, анализа данных о работе систем и оптимизации распределения тепла.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, системы теплоснабжения, тепловая энергия, погодные условия, машинное обучение, энергоэффективность.

# THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE OPTIMIZATION OF HEAT SUPPLY SYSTEMS

[1]Komar Konstantin Olegovich, [2]Idiatullov Zaur Rafikovich
[1]KNRTU–KAI, Kazan
[1]komarkostya2002@mail.ru, [2]ZRidiatullov@prof.kai.ru

The possibilities of using artificial intelligence to predict thermal energy consumption, analyze data on the operation of systems and optimize heat distribution are considered.

**Keywords:** artificial intelligence, heat supply systems, thermal energy, weather conditions, machine learning, energy efficiency.

В современном мире вопросы энергосбережения и повышения энергоэффективности становятся все более актуальными. Одним из важных направлений в этой сфере является оптимизация систем теплоснабжения. Применение искусственного интеллекта (ИИ) в этом контексте может значительно улучшить эффективность работы таких систем и снизить затраты на их эксплуатацию.

Искусственный интеллект – это область компьютерных наук, которая занимается разработкой алгоритмов и программ, имитирующих интеллектуальное поведение человека. В системах теплоснабжения ИИ может быть использован для решения различных задач, связанных с прогнозированием, анализом данных и оптимизацией.

Одна из ключевых задач, которую можно решить с помощью ИИ, – это прогнозирование потребления тепловой энергии в зависимости от погодных условий и времени суток. Используя исторические данные и алгоритмы машинного обучения, можно создать модель, которая будет предсказывать, сколько тепла потребуется для обогрева зданий или поддержания комфортной температуры в помещениях.

ИИ также может помочь анализировать данные о работе систем теплоснабжения, выявляя возможные проблемы и предлагая способы их устранения. Например, с помощью алгоритмов машинного обучения можно обнаружить утечки тепла, неэффективное использование ресурсов или ошибки в настройках оборудования.

Используя алгоритмы оптимизации, ИИ может предложить наиболее эффективные схемы распределения тепловой энергии между потребителями. Это позволяет снизить потери тепла и уменьшить затраты на его производство.

Внедрение искусственного интеллекта в системы теплоснабжения открывает новые возможности для оптимизации и повышения энергоэффективности этих систем. Однако для успешного использования ИИ необходимо учитывать ряд факторов, таких как качество данных, выбор подходящих алгоритмов и обучение моделей [1].

В целом, использование искусственного интеллекта в системах теплоснабжения может существенно повысить их эффективность и обеспечить экономию ресурсов. Однако для успешной реализации таких проектов необходимо разрабатывать комплексные решения, учитывающие все аспекты работы систем теплоснабжения и позволяющие использовать возможности ИИ в полной мере.

## Источники

1. Искусственный интеллект в управлении теплоэнергопотреблением здания [Электронный ресурс]. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=7071 (дата обращения: 06.11.2023).

УДК 004.896

# ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ТЭК И ЖКХ

Кустова Александра Алексеевна[1], Кузнецов Андрей Евгеньевич[2]
УВО «Университет управления «ТИСБИ», г. Казань
ФГБОУ ВО «КНИТУ–КАИ», г. Казань
[1]kustovaaleksa@icloud.com, [2]mr.quzzis@mail.ru

В статье рассмотрены возможности применения искусственного интеллекта в системах ТЭК и ЖКХ. Исследовано влияние цифровых технологий на данную сферу в современных организациях. Представлен обзор существующих цифровых инструментов, влияющих на улучшение эффективности в области ТЭК и ЖКХ.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, топливно-энергетический комплекс, жилищно-коммунальное хозяйство, цифровые технологии.

# APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ENERGY SECTOR AND UTILITIES

Kustova Alexandra Alekseevna[1], Kuznetsov Andrey Evgenievich[2]
Institution of Higher Education “The University of Management “TISBI”, Kazan
KNRTU-KAI, Kazan
[1]kustovaaleksa@icloud.com, [2]mr.quzzis@mail.ru

The article considers the possibilities of application of artificial intelligence in the systems of fuel and energy complex and housing and utilities sector. The influence of digital technologies on this sphere in modern organizations is investigated. The review of existing digital tools that affect the improvement of efficiency in the fuel and energy complex and housing and utilities sector is presented.

**Keywords:** artificial intelligence, fuel and energy complex, housing and communal services, digital technologies.

Цифровые технологии стали неотъемлемой частью современного мира и играют важную роль в жизни человека. Они оказывают значительное влияние на все сферы деятельности, в том числе и на сферы топливно-энергетического комплекса и жилищно-коммунального хозяйства. Топливно-энергетический комплекс представляет собой совокупность различных отраслей, напрямую связанных с добычей и переработкой энергоресурсов в различные виды топлива, конвертацией топливно-энергетических ресурсов в основные виды энергии и распределением данных энергоресурсов. Жилищно-коммунальное хозяйство подразумевает комплекс подотраслей, которые в полной мере обеспечивают функционирование инженерной инфраструктуры и жилых зданий, путем создания

необходимых условий. Высокий уровень значимости данных сфер неоспорим. Именно благодаря их функционированию обеспечиваются условия для выполнения повседневной деятельности.

**Цифровые технологии в сфере ТЭК и ЖКХ.** Оптимизация процессов в организации при помощи цифровых технологий, подразумевает использование современных информационных и коммуникационных технологий для улучшения эффективности и продуктивности работы организации. Она помогает автоматизировать и упростить различные бизнес-процессы, сокращает издержки и повышает качество работы.

В сфере ТЭК и ЖКХ используются различные цифровые инструменты, для улучшения системы управления и оптимизации процессов. Первый инструмент – это системы автоматического сбора данных, которые представляют программные и аппаратные комплексы для сбора, хранения и анализа информации из различных устройств. Далее следует отметить такую систему, как геоинформационная. Данная система представлена в виде программного обеспечения для сбора, хранения, анализа и отображения географической информации, которое может быть использовано для планирования и мониторинга инфраструктуры ЖКХ. Системы управления энергопотреблением – программные платформы, которые позволяют контролировать и оптимизировать энергопотребление в зданиях и объектах ЖКХ. Системы удаленного мониторинга и управления – технологии, которые позволяют операторам энергетических объектов удаленно следить за работой оборудования, контролировать параметры и вносить изменения в режим работы системы без необходимости присутствия на месте. Цифровые платформы для коммуникации – электронные порталы и онлайн-сервисы, которые предоставляют жителям возможность общаться с управляющими компаниями, давать обратную связь, запрашивать информацию о текущем состоянии услуг, что значительно ускоряет процесс взаимодействия между организацией и клиентом.

Данные цифровые инструменты дают возможность улучшить эффективность и качество управления в сфере ТЭК и ЖКХ, что в свою очередь приводит к экономии ресурсов и повышению удовлетворенности пользователей.

**Искусственный интеллект в сфере ТЭК и ЖКХ.** Искусственный интеллект- это новое направление компьютерных наук, способность компьютера обучаться, принимать решения и выполнять определенный ряд действий, свойственных человеческому интеллекту. В данной области существуют подразделения, к ним относятся: робототехника, машинное обучение, наука о компьютерном зрении.

Искусственный интеллект набирает обороты в автоматизации процессов в сфере ТЭК и ЖКХ. Использование искусственного интеллекта может значительно повысить эффективность и комфорт в эксплуатации систем энергетики и обслуживании инфраструктуры. Одной из основных областей, где данное нововведение может быть успешно применено, является управление энергосистемами. Системы умного распределения электроэнергии и газа, основанные на использовании искусственного интеллекта, способны обеспечивать оптимальное распределение энергии в сети, что позволяет снизить потери, улучшить качество энергоснабжения и сэкономить ресурсы. Еще одной областью применения искусственного интеллекта в ТЭК и ЖКХ является управление и обслуживание инфраструктуры. Использование алгоритмов машинного обучения и различных возможностей искусственного интеллекта позволяет автоматизировать процессы мониторинга, анализа и выявления необходимости проведения ремонта различных систем, таких как системы отопления, вентиляции, кондиционирования и водоснабжения. Это позволяет оперативно выявлять и предотвращать возможные сбои, улучшает точность и скорость диагностики и ремонта, а также повышает общую безопасность и удобство использования. В сфере ЖКХ система  искусственного интеллекта может быть применена для оптимизации управления домовлением и обслуживания жилья. Системы умного дома, основанные на возможностях искусственного интеллекта, позволяют автоматизировать освещение, отопление, охлаждение и другие процессы в жилых помещениях с целью сэкономить энергию и повысить комфорт.

Технологии искусственного интеллекта предоставляют нам возможность для повышения эффективности и качества в сферах ТЭК и ЖКХ. Позволяют автоматизировать внутренние и внешние бизнес-процессы, с целью повышения качества и эффективности работы, удовлетворенности пользователей. С каждым днем, инновационные технологии выходят на новый, более высокий уровень, открывая новые перспективы для достижения поставленных целей.

## Источники

1. Низамов Л.В., Чичирова Н.Д. Программный комплекс оптимизации режимов работы теплоэлектроцентрали // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2016. № 1-2. С. 64–74.

2. Кузнецова А.И., Долматова А.В. Инновационные технологии в системе ЖКХ // Вестник московского университета им. С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. 2016. № 3 (18). С. 42–49.

3. Графов А.А. Направления совершенствования жилищно-коммунального хозяйства на основе инноваций // Экономика и управление: российский научный журнал. 2010. № 2 (52). С. 17–19.

4. Стрельченко В.В. Повышение качества жилищно-коммунальных услуг на основе инновационного развития жилищно-коммунального хозяйства // Вестник Национальной академии туризма: 2011. № 4 (20). С. 87–90.

УДК 355.673.1

# ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Кутилина Ксения Алексеевна[1], Абасев Юрий Васильевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]afdgjr5859@mail.ru

Доклад посвящен актуальной проблеме повышения энергоэффективности в системах отопления зданий с использованием электричества. Обсуждаются инновационные методы и технологии, направленные на улучшение эффективности теплопроизводства, управления терморегулированием и распределения электроэнергии в зданиях.

**Ключевые слова:** системы отопления, электричество, энергоэффективность.

## OPTIMIZING ENERGY EFFICIENCY IN BUILDING HEATING SYSTEMS USING ELECTRICITY

Kutilina Ksenia Alekseevna[1], Abasev Yuri Vasilyevich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan, Russia
[1,2]afdgjr5859@mail.ru

The report is devoted to the current problem of increasing energy efficiency in heating systems of buildings using electricity. Innovative methods and technologies aimed at improving the efficiency of heat production, thermal management and power distribution in buildings are discussed.

**Keywords:** heating systems, electricity, energy efficiency.

В наше время, когда проблема изменения климата становится все более острым вопросом, внимание к энергоэффективности, как использованию меньшего количества энергии для обеспечения того же уровня энергетического обеспечения зданий, в системах отопления, с использованием электричества привлекает все больший интерес. Переход к устойчивым и энергосберегающим решениям в области отопления является стратегическим шагом в создании экологически чистого и эффективного общества [1].

Цель данной статьи – исследовать и представить современные технологии и методы для оптимизации энергоэффективности в системах отопления зданий с использованием электричества, а также рассмотреть преимущества и вызовы, сопряженные с их внедрением.

Системы умного отопления предоставляют возможность более точного контроля за температурными режимами в здании. Например, технологии, основанные на искусственном интеллекте, могут анализировать привычки пользователей и настраивать отопление с учетом их предпочтений. Примером успешной реализации является система, которая

автоматически регулирует температуру в каждой комнате в соответствии с привычками и расписанием жильцов, что приводит к существенной экономии энергии [2]. Также тепловые насосы представляют собой эффективный способ получения тепла из окружающей среды. Например, воздушные тепловые насосы могут извлекать тепло из воздуха и использовать его для обогрева здания. По сравнению с традиционными методами отопления, такие как газовые котлы, тепловые насосы обладают высокой энергоэффективностью и способствуют снижению выбросов углерода.

Технологии хранения электроэнергии, такие как аккумуляторы, позволяют эффективнее использовать производимую электроэнергию. Например, системы умного дома могут накапливать энергию в периоды низкого потребления и использовать ее в периоды пиковой нагрузки. Это не только снижает зависимость от сетевых решений, но и способствует более эффективному использованию электроэнергии.

Внедрение энергоэффективных решений в системы отопления приносит различные преимущества, такие как снижение энергозатрат, экономия ресурсов и улучшение экологической устойчивости. Однако, высокие финансовые инвестиции и технические вызовы, такие как необходимость адаптации существующих зданий, могут стать препятствием для широкомасштабного внедрения [3].

Стратегии успешного внедрения энергоэффективных технологий включают в себя проведение аудита энергопотребления, обучение пользователей новым технологиям и создание инцентивов для использования энергосберегающих решений. Поддержка решений на основе результатов исследований, таких как тестирование эффективности новых технологий в реальных условиях, также является ключевым фактором [4].

Обобщение выводов доклада подчеркивает не только важность энергоэффективных технологий в системах отопления, но и предоставляет краткий прогноз для будущего развития, с пониманием необходимости совместных усилий общества и индустрии для достижения устойчивого энергетического будущего [5].

## Источники

1. Энергоэффективность [Электронный ресурс]. URL: https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Энергоэффективность (дата обращения: 09.10.2023).

2. Управление отоплением – система умный дом [Электронный ресурс]. URL: https://freehomeabb.ru/umnyj-dom/klimat-kontrol/otoplenie/ (дата обращения: 09.10.2023).

3. Технологии хранения электрической энергии [Электронный ресурс]. URL: https://esfccompany.com/articles/tekhnologii/tekhnologii-khraneniya-elektricheskoy-energii/#:~:text=В%20настоящее%20время%20существует%20несколько,а%20также%20синтетического%20природного%20газа (дата обращения: 09.10.2023).

4. Концепция стратегии развития энергосбережения [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-strategii-razvitiya-energosberezheniya (дата обращения: 09.10.2023).

5. Энергоэффективные системы отопления [Электронный ресурс]. URL: https://study.urfu.ru/Aid/Publication/98/1/HeatSystems.pdf (дата обращения: 09.10.2023).

УДК 621.646.42

# ПОВЫШЕНИЕ КАВИТАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ИННОВАЦИОННЫХ ОСЕВЫХ МЕМБРАННЫХ КЛАПАНОВ АЗ АТОМ «PACS W» С АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ДЛЯ НУЖД ЖКХ И ТЭК

Макаров Артем Александрович[1], Голышев Евгений Александрович[2],
Саушин Илья Ирекович[3], Гольцман Анна Евгеньевна[4]
[1,2]ООО «АЗ АТОМ», г. Казань
[1]ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань
[3,4]ФИЦ КазНЦ РАН, г. Казань
[1]teh@az-atom.ru, [2]makarov-a-a@yandex.ru, [3]ilyasaushin@mail.ru

Впервые представлены результаты численного и экспериментального исследований по повышению устойчивости к кавитации мембранных осевых клапанов. По результатам исследований сформулирован критерий выбора оптимальной топологии проточной части цифрового двойника клапана, обеспечивающей бескавитационное течение несжимаемой среды в широком диапазоне рабочих величин давления и расхода. Показан пример реализации критерия при разработке нового модельного серийного ряда инновационных осевых мембранных клапанов АЗ АТОМ «Pacs W» с автоматизированным электроприводом для нужд ЖКХ и ТЭК.

**Ключевые слова:** осевой мембранный клапан, кавитация, бескавитационное течение, автоматизированный электропривод, АЗ АТОМ

# INCREASING THE CAVITATION STABILITY OF AZ ATOM «PACS W» INNOVATIVE AXIAL DIAPHRAGM VALVES WITH AN AUTOMATED ELECTRIC DRIVE FOR THE NEEDS OF HOUSING AND UTILITY SECTOR AND FUEL & ENERGY COMPLEX

Makarov Artem Aleksandrovich[1], Golyshev Evgeniy Aleksandrovich[2],
Saushin Ilya Irekovich[3], Goltsman Anna Evgenievna[4]
[1,2]OOO “AZ ATOM” , Kazan
[1]KNITU-KAI, Kazan
[3,4]FRC KazSC RAS, Kazan
[1]teh@az-atom.ru, [2]makarov-a-a@yandex.ru, [3]ilyasaushin@mail.ru

For the first time, the results of numerical and experimental studies on increasing the resistance to cavitation of membrane axial valves have been presented. Criterion for choosing the optimal topology of the flow path of a digital twin valve ensuring cavitation-free flow of an incompressible medium over a wide range of operating pressures and flow rates has been formulated. An example of the criterion implementation in the development of a new

model series of AZ ATOM “Pacs W” innovative axial diaphragm valves with an automated electric drive for the needs of housing and utility sector and the fuel and energy complex has been shown.

**Keywords**: axial membrane valve, cavitation, cavitation-free flow, automated electric drive, AZ ATOM

Кавитация и связанный с ней акустический шум являются одними из главных ограничителей допустимого перепада давления несжимаемой среды для клапанов и регуляторов давления. Для отраслевых конструкций широко распространенных в сфере ЖКХ и ТЭК седельных клапанов существует общепризнанная оценка риска возникновения кавитации по величинам безразмерного числа кавитации σ и индекса кавитации $\sigma_v$:

$$\sigma = \frac{P - P_V}{0,5\rho V^2}, \tag{1}$$

$$\sigma_V = \frac{P_1 - P_V}{P_1 - P_2}, \tag{2}$$

где $P$ и $V$ – давление и скорость в опорной точке; $P_1$ и $P_2$ – давление до и после клапана (бар); $P_V$ – давление насыщенных паров жидкости (бар), ρ – плотность жидкости (кг/м$^3$). Для осевых мембранных клапанов не существует отраслевой конструкции, поэтому предельные значения величин σ и $\sigma_v$ являются, по сути, заводскими характеристиками клапана, а значит, производитель клапанов имеет потенциальную возможность создания инновационного клапана с величиной допустимого перепада давления существенно выше седельных. Помимо повышенных технических характеристик по сравнению с седельными клапанами, на регулирующем элементе осевого клапана отсутствуют статические и динамические усилия, что обеспечивает высокую точность регулирования и низкие энергозатраты на работу компактного автоматизированного привода. Использование мембранного механизма перекрытия проточного сечения обеспечивает абсолютную герметичность и отличается повышенной коррозионной стойкостью.

Выявление факта зарождения кавитации в проточной части клапана вибрационными экспериментальными методами является сложнейшей задачей, требующих лабораторных условий. Поэтому на практике используют упрощенный подход, измеряя уровень шума работающего клапана. Толчки сжатия от резкой конденсации пузырьков пара, образованных вследствие кавитации [1], приводят к широкополосному

возбуждению корпусного шума, который передается в воздух механическими вибрациями и воспринимается как воздушный шум [2]. Однако помимо факта появления кавитационного течения особенно актуальным является определение участка проточного сечения клапана, где это происходит, что является на порядок более сложной задачей при разработке новой конструкции клапана.

В компании «АЗ АТОМ» в соответствии с опытом ведущих зарубежных производителей клапанов при разработке новой конструкции осевого мембранного клапана серии «Pacs W» были использованы методы численного эксперимента на цифровом двойнике изделия (рис. 1), которые в течение последних 10 лет в мире показали хорошую апробацию для этого приложения [3].

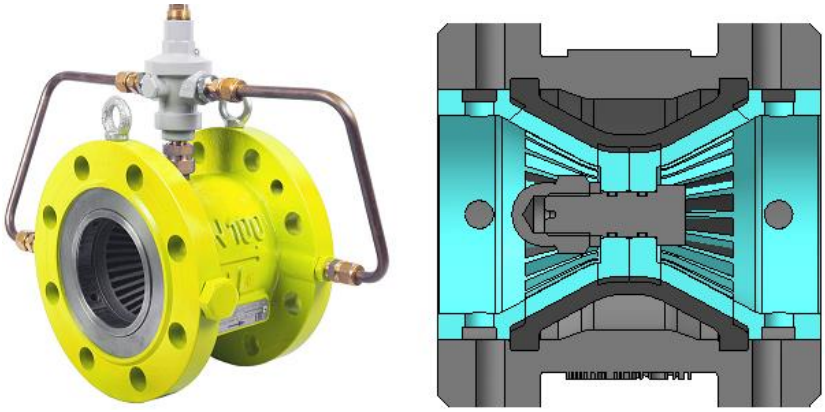


Рис. 1. Слева: осевой мембранный регулятор давления пилотного типа PACS 100; справа: цифровой двойник PACS 50

Результаты экспериментального исследования течения воды через первый прототип клапана «Pacs W» DN50 (DN – условный диаметр, мм) показали, что при перепаде входного и выходного давления более 10 кГс/см$^2$ в радиусе 2 м зафиксировали акустический шум, близкий к допустимому пороговому значению 80 дБ. Результаты численного моделирования течения в цифровом двойнике клапана (рис. 1) позволили определить область возникновения кавитации, которой являлось классическим с точки зрения возникновения кавитации обтеканием острой кромки высокоскоростным потоком несжимаемой жидкости. Решение данной проблемы является довольно очевидным – это реализация скругления или фаски острой кромки. Исследования [4] для кромки затвора седельных клапанов показали хорошую эффективность данного решения (фаска под углом 15 градусов или скругление >0.13 мм). Однако вопрос о применимости этих фиксированных значений для кромок решеток серии осевых клапанов с широким диапазоном DN.

Для формулировки универсального безразмерного комплекса оценки возникновения кавитации в проточной области осевого мембранного клапана было выбрано отношение $h/r$ ($h$ – высота кольцевой щели между мембраной и решеткой клапана в горле клапана, $r$ – радиус скругления кромки решетки) (рис. 2). По результатам численного моделирования серии режимов в диапазоне изменения входного давления $P_1$ от 19 до 4 кГс/см$^2$ (изб.), высоты щели в горле клапана $h$ от 0,8 до 2,3 мм, радиуса скругления кромки решетки клапана r от 0 до 3 мм при давлении на выходе $P_2 = 1$ кГс/см$^2$ (изб.) была получена квадратичная зависимость параметра кавитации осевого мембранного клапана PACS $\sigma_{PACS}$ от безразмерного параметра $h/r$ (рис. 3):

$$\sigma_{PACS} = \frac{P_{\min} - P_2}{P_1 - P_2} = 0,08\left(\frac{h}{r}\right)^2 - 0,55\left(\frac{h}{r}\right) + 0,33, \qquad (3)$$

где $P_{\min}$ – минимальное достижимое давление на стенке решетки в зоне возможного возникновения кавитации.

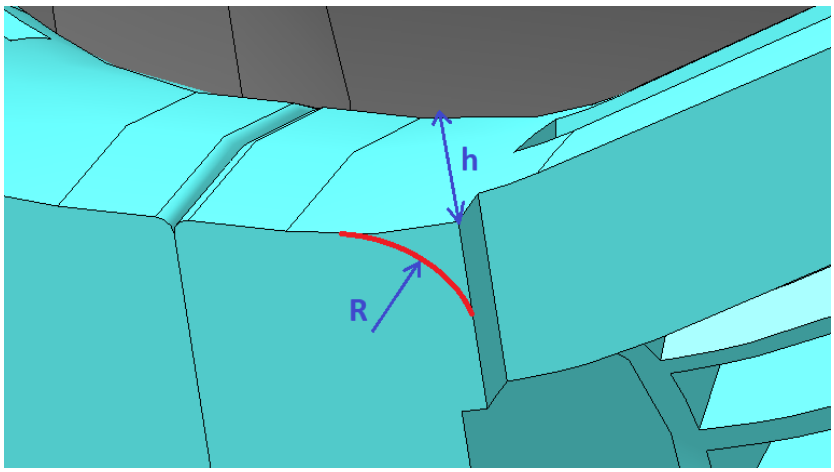



Рис. 2. Компоненты безразмерного комплекса $h/r$: $h$ – высота кольцевой щели между мембраной и решеткой клапана в горле клапана; $r$ – радиус скругления кромки решетки

Зная давление насыщенных паров $P_v$ рабочей среды и приняв $P_{\min} \equiv P_v$, по соотношению (3) можно подобрать радиус скругления $r$ кромки решетки клапана, обеспечивающий бескавитационный режим течения в диапазоне рабочих давлений $P_1$ и $P_2$.

Благодаря соотношению (3) автоматизированный привод клапана на основе текущих измерений $P_1$ и $P_2$ может ограничивать степень открытия мембраны, что является автоматизированным методом предотвращения кавитации и результирующего шума на объектах ТЭК [5].

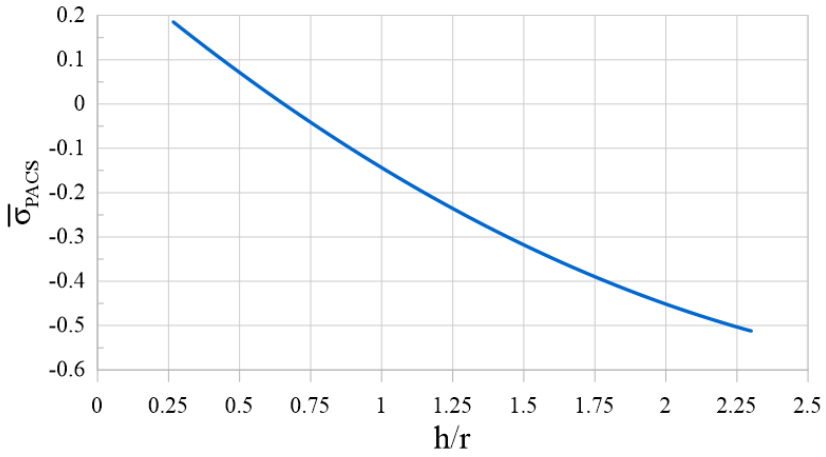



Рис. 3. Зависимость параметра кавитации осевого мембранного клапана PACS $\sigma_{PACS}$ (3) от безразмерного параметра $h/r$

Работа выполнена при финансовой поддержке ООО «АЗ АТОМ» и ФИЦ КазНЦ РАН (проект № FMEG-2021-0001).

## Источники

1. Энергосберегающая локальная тепловая установка / Б.П. Тимофеев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2011. №. 1-2. С. 86–92.

2. Experimental and numerical investigation of noise generation due to acoustic resonance in a cavitating valve / S. Semrau [et al.] // Journal of Sound and Vibration. 2019. Vol. 463, Iss. 2. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jsv.2019.114956.

3. Simulation and design improvement of a low noise control valve in autonomous underwater vehicles / Weiwei Xu [et al.] //Applied Acoustics. 2019. Vol. 146. Pp. 23–30.

4. Smith B. A. W., Luloff B. V. The effect of seat geometry on gate valve noise // Journal of Pressure Vessel Technology. 2000. Vol. 122, Iss. 4. Pp. 401–407.

5. Горбунова О.А., Павлов Г.И., Накоряков П.В. Разработка комплекса мероприятий по снижению шума оборудования энергетических объектов // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2018. № 4 (40). С. 39–52.

УДК 621.438

# АНАЛИЗ ОПЫТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СОПЛОВЫХ АППАРАТОВ ТУРБИН

Меньшатов Андрей Михайлович[1], Саитов Станислав Радикович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]menshatov_03@mail.ru

В статье приведен анализ опыта использования керамических композиционных материалов и оценка возможности применения данной технологии для построения сопловых аппаратов энергетических газовых турбин.

**Ключевые слова:** сопловой аппарат, газотурбинная установка, авиастроение, керамические композиционные материалы.

# ANALYSIS OF EXPERIENCE IN USING CERAMIC COMPOSITE MATERIALS TO CREATE TURBINE NOZZLES

Menshatov Andrey Mikhailovich[1], Saitov Stanislav Radikovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]menshatov_03@mail.ru

The article provides an analysis of the experience of using ceramic composite materials and an assessment of the possibility of using this technology for the construction of nozzle devices for power gas turbines.

**Keywords:** nozzle apparatus, gas turbine unit, aircraft industry, ceramic composite materials.

Повышение эффективности работы газотурбинных установок (ГТУ) является актуальным направлением развития энергетической отрасли. Одним из способов достижения поставленной цели является повышение температуры рабочего тела перед турбиной [1], однако такое решение требует использование большей жаростойкости материалов при изготовлении энергетической установки, в том числе соплового аппарата (СА) турбины. Перспективным, на сегодняшний день, является развитие и применения технологий использования керамических композиционных материалов, зарекомендовавших себя в авиа- и космостроении [2].

Керамические композиционные материалы (ККМ) представляют собой керамическую матрицу, армированную различными волокнами. Основным направлением использования данной разработки является создание тонкостенных элементов наиболее теплонагруженных узлов установок. ККМ имеют следующие преимущества:

– сравнительно высокая жаропрочность;

– высокая рабочая температура (примерно 1200–2000 °С);

– меньшая масса деталей из ККМ, ввиду мешей плотности материала в сравнении с металлическими аналогами.

Наряду с положительными сторонами применения данного материала, существуют и отрицательные:

– недостаточная устойчивость к термическим ударам, трудности с обработкой материала, большая усадка, дороговизна производства;

– проблема крепления деталей из ККМ и металлических ввиду большой разности температурных коэффициентов линейного расширения (ТКЛР), используемых материалов (у ККМ данный коэффициент очень низкий).

Рассмотрим опыт применения данного материала при создании соплового аппарата двигателей летательных аппаратов.

При изготовлении соплового аппарата двигателя сверхзвукового гражданского самолета использовались спеченные и реакционносвязанные карбидокремниевые керамики. Данные материалы обладают хорошими механическими свойствами, низким ТКЛР, твердостью и износостойкостью. Хрупкость данного материала компенсировалась армированием мелкодисперсным порошком алмаза, превосходящим по теплофизическим и механическим свойствам другие материалы, использующиеся для этой цели. Данный материал обладает высокой теплопроводностью, малым удельным весом, низким ТКЛР, высокой прочностью и упругостью, устойчивостью при высоких температурах (до 1500 °С включительно). При производстве соплового аппарата учитываются возможные конструктивные и технологические факторы, особенно напряженно-деформированное состояние элементов, в связи с чем СА принято делать составными, соединяются детали путем спекания (диффузионной сварки). Также важно учитывать масштабный фактор. На данный момент в нашей стране известно об изготовлении и испытании неметаллического СА для малоразмерного газотурбинного двигателя (МГТД). В процессе изготовления МГТД проблема соединения СА из ККМ к металлическим элементам решалась с помощью демпфирующей прослойки, также для решения дано проблемы используют пружины, скобы, упругие кольца и другие упругие элементы. По результатам испытаний температура газа доведена до 1450 °С, видимых изменений в испытуемом сегменте не обнаружено, масса сегмента не изменилась, что говорит о высокой жаропрочности материала [3].

Подводя итог, можем утверждать, что развитие технологий создания керамических композиционных материалов является актуальным направлением развития не только авиакосмической, но энергетической отрасли. Применение данных технологий позволит значительно повысить эффективность ГТУ, однако необходимо проведение дополнительных исследований по данной теме.

## Источники

1. Басати Панах М., Рассохин В.А. и др. Влияние охлаждения высокотемпературных лопаточных аппаратов на эффективность газотурбинных установок с учетом зависимости удельной теплоемкости рабочего тела от температуры // Известия МГТУ МАМИ. 2022. Т. 16, № 2. С. 115–124.

2. Чернега А.А. Применение керамических композиционных материалов в авиастроении // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: матер. VII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Дню космонавтики. Красноярск, 2021. Т. 1. С. 484–485.

3. Мезенцев М.А. Исследования и применение конструкционных керамических и композиционных материалов в авиационном двигателестроении // Машиностроение. 2022. Т. 9, № 1. С. 19–27.

УДК 697.9

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЕНТИЛЯЦИИ МНОГОКВАРТИРНОГО ДОМА

Миниханова Алия Рунаровна[1], Зиганшин Малик Гарифович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]minihanova2002@gmail.com, [2]mjihan@mail.ru

Целью этого исследования является повышение эффективности работы вентиляции, которая играет ключевую роль в обеспечении комфортных условий проживания в многоквартирных домах.

**Ключевые слова:** естественная вентиляция, принудительная вентиляция, МКД, воздух, воздухообмен, инфильтрация, микроклимат, рекуператор, бризер.

# EFFICIENT VENTILATION OF AN APARTMENT BUILDING

Minikhanova Aliya Runarovna[1], Ziganshin Malik Garifovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]minihanova2002@gmail.com, [2]mjihan@mail.ru

The purpose of this study is to improve the efficiency of ventilation, which plays a key role in ensuring comfortable living conditions in apartment buildings.

**Keywords:** natural ventilation, forced ventilation, apartment building, air, air exchange, infiltration, microclimate, recuperator, breezer.

С каждым годом в нашей стране наблюдается рост строительства многоэтажных домов. Так перед инженерами появляется задача обеспечить население комфортным проживанием в многоквартирных домах (далее МКД), тем самым, не нанося вреда здоровью. С технической точки зрения инженерное оснащения МКД предполагает наличие в нем систем вентиляции и кондиционирования, отопления и электроснабжения, водоснабжения и водоотведения, безопасности и энергосбережения.

Воздухообмен в здании является сложным процессом. Существует два типа вентиляции: естественная и принудительная (механическая). Естественная чаще всего встречается в многоквартирных домах, так как она сочетает в себе экологичность, экономичность, энергонезависимость и простоту в эксплуатации [1]. Принцип работы естественной вентиляции основан на использовании разности давления между воздухом внутри и снаружи здания. Основными элементами такой системы являются окна, вентиляционные форточки, каналы и шахты, через которые осуществляется поступление свежего воздуха в помещения и отвод отработанного воздуха. Однако существуют и недостатки такого типа вентиляции: зависимость от погодных условий, перенос запахов от соседей или из окружающей среды, а также ограниченные возможности регулирования воздухообмена в различных помещениях [2].

Современные окна и дверные блоки обладают высокой степенью герметизации и препятствуют процессу инфильтрации. Это способствует увеличению концентрации в воздухе химических и вредных веществ в помещении, выделяемых строительными и отделочными материалами, а также мебелью. На первый взгляд, можно было бы открыть окно, проветрить помещение для обновления воздуха, однако такой способ не всегда эффективен. В летнее время года наблюдается ухудшение качества воздушной среды в помещении, так как температура на улице и в помещении примерно равны, а воздухообмен происходит за счет перепада температур. В зимний же период – время проветривания помещения ограничивается из-за низких температур наружного воздуха [3]. Так, квартирах из-за недостаточной вентиляции повышаются уровень углекислого газа, температура и влажность. Всё это неблагоприятно влияет на здоровье людей и микроклимат. Следовательно, для улучшения качества воздуха в МКД необходимо применение систем принудительной вентиляции.

В таких ситуациях целесообразно установить систему механической вентиляции с рекуперацией тепла [4]. Такая система позволяет одновременно осуществлять приток и отток воздуха, а также восстанавливать тепло, что способствует энергосбережению. Установка компактного рекуператора для квартиры обеспечит постоянное обновление воздуха в помещениях, а также позволит поддерживать комфортные условия в жилых помещениях как зимой, так и летом. У рекуператора небольшое потребление электроэнергии, это можем увидеть по следующему расчету. Компактные рекуператоры для квартиры расходуют от 4 до 24 Вт/час. Примем среднее энергопотребление рекуператора — 14 Вт/час (0,014 кВт). По двухставочному тарифу для города Казань 1 кВт·ч электроэнергии в дневное время (пиковые часы) составит – 5,38 руб., а в ночное – 3,28 руб. Пусть рекуператор работает 12 часов в сутки, из них 8 часов по ночному тарифу, а 4 часа по дневному. Вычислим расходы на электроэнергию за месяц: 0,014 кВт×8×30×3,28 руб.+ 0,014 кВт×4×30×5,38 руб. ≈ 20,1 руб. Из вычисления мы видим, что ежемесячные затраты использования устройства малы и эксплуатация рекуператор позволяет использовать до 2/3 тепла, уходящего из помещения через вентиляцию. К недостаткам можно отнести: высокий уровень шума; нет возможности постоянного притока воздуха (работает только в двух направлениях); неработоспособность при сильных морозах из-за обмерзания теплообменника; высокая стоимость некоторых моделей установок.

Альтернатива рекуператору – это использование в квартирах бризеров (компактное устройство приточной вентиляции) [5]. Он подает воздух с улицы, подогревает и очищает его. Достоинства: могут подавать

большой объём воздуха за счет вентилятора; способен подогревать подаваемый воздух в помещение; отвод воздуха осуществляется через вытяжную вентиляцию квартиры. К недостатку можно отнести более высокий расход электроэнергии по сравнению с рекуператором, так как у бризеров нагрев воздуха происходит за счет нагревательного элемента.

Для перераспределения воздуха его между помещениями и дальнейшим его беспроблемным удалением возможно использование преточных решеток, монтируемых в дверях или стенах.

Таким образом, беспрерывный воздухообмен возможен с помощью различных устройств, но не стоит пренебрегать очисткой вентиляционных шахт (от пыли, мусора, насекомых и так далее), а также дезинфекцией вентиляционных систем (от различных бактерий). От эффективности работы систем вентиляции зависит комфорт и здоровье всех жильцов МКД.

## Источники

1. Голенков А.В. Проблемы использования естественной вентиляции в жилых домах // Инновации в строительстве: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Брянск, 2022. С. 108–109.

2. Беляков И.А., Коврина О.Е. Совершенствование систем естественной вентиляции многоэтажных жилых зданий [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона. 2023. № 6 (102). URL: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/ n6y2023/8464 (дата обращения: 16.10.2023).

3. Фатуллаева К.М. Конструирование систем вентиляции в жилых многоэтажных домах // Системные технологии. 2023. № 47. С. 123–130.

4. Климович С.В., Янцевич И.В. Решения для естественной вентиляции многоквартирных домов с потенциалом энегосбрежения // Информационные технологии в политических, социально-экономических и технических системах: матер. науч.-практ. конф. профессорско-преподавательского состава, научных работников, докторантов и аспирантов / редкол.: Г.М. Бровка (пред. редкол.) [и др.] ; сост. А.В. Садовская. Минск, 2023. С. 226–231.

5. Бузуверова А.С., Морева Ю.А. Способы климатизации современных жилых зданий // Инновационные механизмы решения проблем научного развития: сб. ст. Нац. (Всерос.) науч.-практ. конф. Уфа, 2021. С. 14–17.

УДК 621.165

# МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАБОЧИХ ЛОПАТОК ПОСЛЕДНИХ СТУПЕНЕЙ ПАРОВЫХ ТУРБИН

Миннебаев Рим Дамирович[1], Бабиков Олег Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]rimtat99@gmail.com

Рабочие лопатки последних ступеней паровых турбин являются важными элементами, обеспечивающими эффективную и надежную работу всей турбины. В данной работе проанализированы причины износа рабочих лопаток паровых турбин и рассмотрены способы повышения надежности и эффективности их работы.

**Ключевые слова:** паровые турбины, рабочая лопатка, эрозионный износ, защитное покрытие.

# METHODS OF INCREASE OF OPERATION RELIABILITY OF THE LAST STAGE BLADES IN STEAM TURBINES

Minnebaev Rim Damirovich[1], Babikov Oleg Evgenievich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]rimtat99@gmail.com

The rotor blades of the last stages of steam turbines are important elements that ensure efficient and reliable operation of the entire turbine. This paper analyzes the causes of wear on the working blades of steam turbines and considers ways to improve the reliability and efficiency of their operation.

**Keywords:** steam turbines, working blade, erosive wear, protective coating.

В современном мире развитие технического прогресса происходит стремитель-ными темпами, и по этой причине с каждым годом увеличивается спрос на электрическую энергию и, соответственно, потребность в ее большей выработке. В настоящее время на территории Российской Федерации установлено более 1600 паровых турбин, большая часть из которых имеет наработку свыше 35 лет, и их срок службы близится к завершению [1, 2]. В связи с этим на электрических станциях часто проводят модернизацию паросилового оборудования с целью дальнейшего увеличения мощности турбоагрегатов и улучшения их эксплуатационных характеристик.

Постоянные температурные динамические нагрузки с течением времени приводят к износу металла. Наибольшая нагрузка в работе паровых турбин ложится на рабочие лопатки последних ступеней

вследствие конструктивных особенностей и особых условий эксплуатации. Являясь самыми длинными в турбине, рабочие лопатки последних ступеней подвергаются воздействию больших центробежных сил и высоких напряжений, а конденсат пара может привести к эрозионному износу, вследст-вие соударения капелек воды с поверхностью лопатки [3].

Существует множество методов повышения надежности эксплуатации рабочих лопаток последних ступеней паровых турбин, которые можно разделить на активные и пассивные [4,5]. Основной целью активных методов защиты является снижение содержание влаги в паре и уменьшение размеров жидких частиц двухфазного потока, протекающего на последних ступенях. К активным методам относят: метод влагоудаления за рабочим колесом и метод внутриканальной сепарации влаги.

Метод влагоудаления за рабочим колесом основан на том, что при вращении турбины капли воды в паре под действием центробежной силы стремятся к периферии лопаток. Это основной фактор, способствующий сепарации влаги за рабочим колесом. Учитывая его, в этом месте устанавливаются периферийные влагоудаляющие кольца, которые удаляют крупнодисперсную влагу.

Внутри турбоустановки помимо рабочих лопаток находятся и сопловые лопатки, которые закреплены к корпусу турбины. Во время работы установки на их поверхности образуется пленка, которая и является источником образования крупных капель в проточной части турбины. В верхней половине лопаток сосредоточено примерно 2/3 всей пленочной влаги. Основной целью метода внутриканальной сепарации влаги является отвод этой влаги во влагоотводящие щели, что позволит уменьшить эрозионное воздействие на лопатки последних ступеней.

Пассивные методы направлены на повышение прочности рабочих лопаток, к ним относят: напайка стеллитовых пластин, метод электроискрового легирования, технология ионно-плазменного распыления в вакууме.

Наиболее распространенным пассивным методом повышения надежности рабочих лопаток последней ступени является напайка пластин из стеллита на поверхность рабочей лопатки. Стеллитами является группа литых твёрдых сплавов на основе кобальта и хрома с добавками вольфрама и молибдена. Данный метод технологически прост и обеспечивает надежную защиту рабочих лопаток от эрозионного износа.

Одним из наиболее перспективных методов борьбы с эрозией является формирование защитных покрытий на основе электроискрового легирования. Метод основан на явлении электрической эрозии: в данном случае материал лопаток будет служить катодом, а материал сплава,

который необходимо перенести на поверхность лопатки, анодом. Чтобы осуществить этот перенос, между поверхностью и легирующим электродом пропускают короткие по времени импульсы электрического тока. При электроискровом легировании температура нагрева поверхности лопатки не превышает 200 °С и не происходит изменения микроструктуры материала, эти факторы благотворно влияют на дальнейшее эксплуатацию рабочих лопаток.

При использовании технологии ионно-плазменного распыления рабочую лопатку вначале помещают в вакуумную камеру, где создают глубокий вакуум. В камере ее обрабатывают концентрированным потоком ионов газа, таким как аргон или азот. Ионы бомбардируют поверхность лопатки, выбивая атомы с поверхности и создавая пленку. Эта технология также может применяться для восстановления изношенных лопаток, что продлевает их срок службы.

Активные и пассивные методы повышения надежности эксплуатации рабочих лопаток последних ступеней паровых турбин активно применяются в современной российской энергетике, они позволяют улучшить свойства поверхности рабочих лопаток, повысить их прочность и эрозионную стойкость.

## Источники


1. Рыженьков В.А., Лебедев А.И., Медников А.Ф. Современное состояние и способы решения проблемы эрозионного износа лопаток влажно-паровых ступеней турбин // Теплоэнергетика. 2011. № 9. С. 8–13.
2. Ремезов А.Н. Проблемы технического перевооружения и продления ресурса оборудования электростанций // Электрические станции. 1999. № 9. С. 77–79.
3. Перельман Р.Г., Пряхин В.В. Эрозия элементов паровых турбин. М.: Энергоатомиздат, 1986. 180 с.
4. Опыт повышения надежности и износостойкости элементов проточной части паровых турбин / А.И. Шкляр [и др.] // Теплоэнергетика. 2007. № 4. С. 4–7.
5. Бояршинов А.Ю. Совершенствование конструкции рабочих лопаток последних ступеней паровых турбин с целью улучшения их эксплутационных характеристик: дис. … канд. техн. наук. Харьков, 2016. 137 с.

УДК 004.94

# REVIT И RENGA КАК ИНСТРУМЕНТЫ ОБУЧЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЮ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

Мишин Максим Валерьевич[1], Баранова Вера Сергеевна[2],
Зиганшин Малик Гарифович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]mmisin62@gmail.com, [2]v_baranova02@mail.ru, [3]mjihan@mail.ru

Revit – программа, активно использующаяся для построения чертежей, графиков, моделей будущих зданий. Профессиональное программное обеспечение позволяет обучаться проектированию разных жизнеобеспечивающих систем зданий. Платформа Renga создана российскими разработчиками. Её функционал более прост и удобен в использовании, но при этом позволяет реализовать архитектурные решения, придать объекту индивидуальность, спроектировать здание любой сложности и формы.

**Ключевые слова:** Revit, Renga, проектирование.

# REVIT AND RENGA AS TOOLS FOR TEACHING ENGINEERING SYSTEMS DESIGN

Mishin Maxim Valerievich[1], Baranova Vera Sergeevna[2],
Ziganshin Malik Garifovich[3]
[1,2,3]KSPEU, Kazan
[1]mmisin62@gmail.com, [2]v_baranova02@mail.ru, [3]mjihan@mail.ru

Revit is a program that is actively used to build drawings, graphs, models of future buildings. Professional software allows you to study the design of various life-supporting systems of buildings. The Renga platform was created by Russian developers. Its functionality is simpler and more convenient to use, but at the same time allows you to implement architectural solutions, give the object individuality, design a building of any complexity and shape.

**Keywords:** Revit, Renga, design.

Revit – программное обеспечение, наиболее широко используемое в мире для реализации технологии BIM (информационное моделирование в строительстве) [1], выпущенное компанией Autodesk, Inc. Renga – первая российская BIM-система, первая версия которая вышла в 2015 году. Программа принадлежит компании Renga Software, которая является совместном предприятием компании АСКОН и «1С».

Revit и Renga, используют параметрическую 3*D*-модель для создания информационной модели здания. В Revit и Renga можно создавать наглядные модели и подробные проекты с чертежами и визуализацией. Меню настройки параметров расчета в Revit в целом интуитивно понятное,

что упрощает первичное знакомство с проектированием элементов инженерных систем, например, воздуховодов вентиляции и дымоудаления в здании (рис. 1).

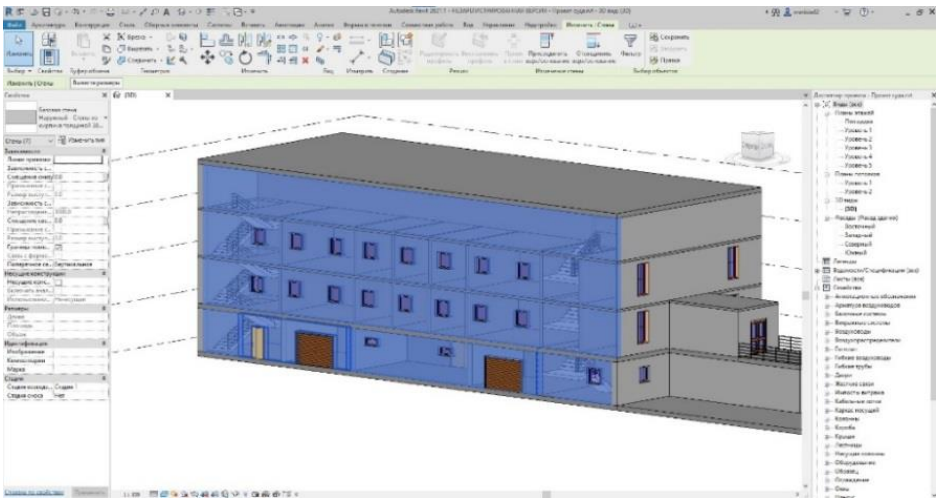


Рис. 1. Пример учебной работы построения в Revit: создание строительной части объекта для проектирования в нем систем вентиляции и дымоудаления

При построении системы вентиляции в Revit необходимо сначала расставить воздухораспределители и оборудование, затем развести основные воздуховоды, и далее подключить их к оборудованию (рис. 2) [2]. В ПК Renga принцип построения инженерных систем значительно отличается для начала следует разместить на 3*D*-сцене оборудование, после настраиваем правила прокладки трассы, далее трасса строится автоматически, а на ней размещаются подобранные воздуховоды, отводы, тройники (рис. 3) [3].

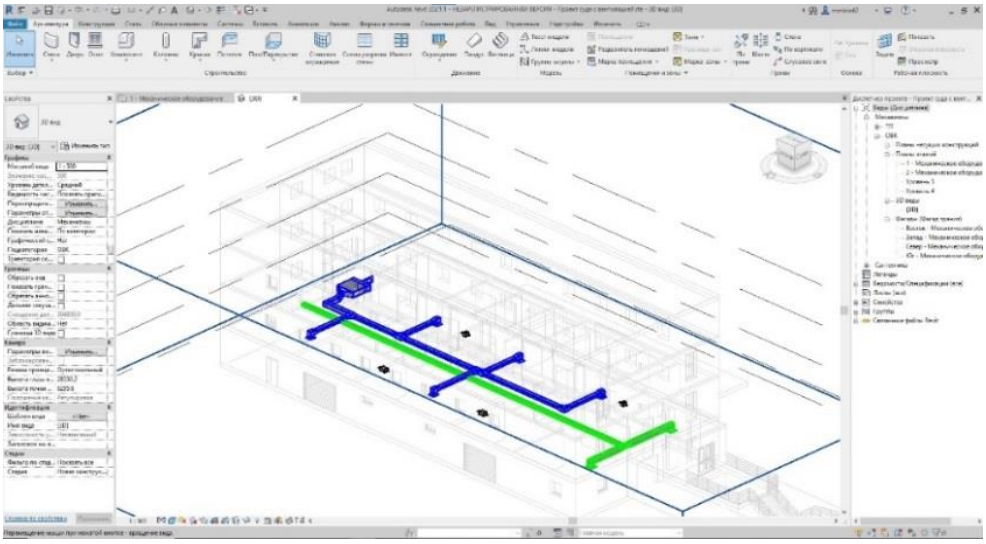


Рис. 2. Пример учебной работы в Revit: 3*D*-построение системы вентиляции в здании

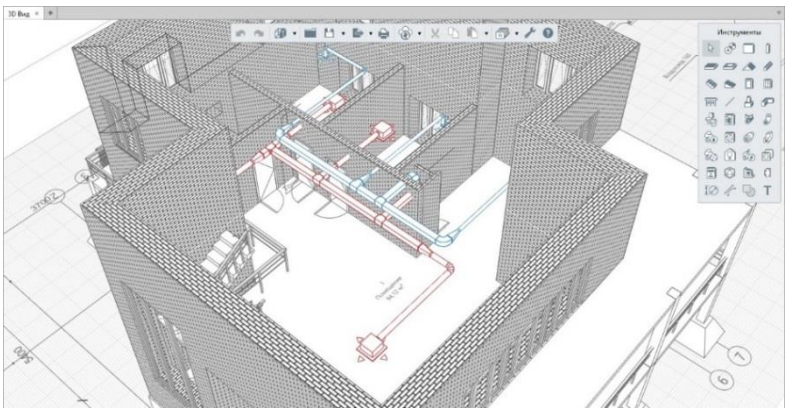


Рис. 3. Пример учебной работы в Renga: 3*D*-построение системы вентиляции в здании

Таким образом, в современных условиях в нашей стране при изучении вопросов проектирования и эксплуатации систем тепло- и газоснабжения, вентиляции, водоснабжения и других инженерных систем зданий с использованием технологий информационного моделирования необходимо овладение навыками работы с Revit и Renga.

## Источники


1. Зиганшин А.М., Зиганшин М.Г. Smart BIM в О и В. Информационное моделирование в отоплении и вентиляции = Smart BIM in HVAC. Information Modeling in Heating and Ventilation Systems: учеб.-метод. пособие для учебной и научной работы студентов направления «Строительство» (квалификация «магистр»). 2-е изд., перераб. и доп. Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2019. 349 с.
2. Autodesk. Revit 2022 [Электронный ресурс]. URL.: https://help.autodesk.com/view/RVT/2022/RUS/?guid=GUID-D8835F8E-1330-4DBC-8A55-AF5941056C58 (дата обращения: 23.10.2023).
3. Практическое руководство пользователя Renga [Электронный ресурс]. URL.: https://manual.rengabim.com/ (дата обращения: 23.10.2023).
4. Хуснутдинова А.Р., Зиганшин М.Г. Цифровое информационное моделирование зданий на основе ПО REVIT И RENGA // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VIII Нац. науч.-практ. конф. Казань, 2023. С. 453–455.

УДК 004:621.3

# РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИЙСКОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Нуриаслямова Рената Рустамовна[1], Зарипова Римма Султановна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]renatanuriaslamova@gmail.com

Данная статья рассматривает важность использования информационных технологий в энергетической отрасли России. Описывается применение IT-технологий для автоматизации производственных процессов, управления энергосистемами, повышения энергоэффективности и развития Интернета вещей. Особое внимание уделяется влиянию этих технологий на эффективность работы предприятий, качество продукции, надежность и эффективность работы энергетических систем, а также на снижение негативного воздействия на окружающую среду. В заключении подчеркивается важность дальнейшего развития информационных технологий в энергетике для достижения новых высот в этой стратегически важной отрасли.

**Ключевые слова:** информационные технологии, энергетика, автоматизация, управление энергосистемами, энергоэффективность, производство.

# THE ROLE OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE RUSSIAN ENERGY SECTOR

Nuriaslyamova Renata Rustamovna[1], Zaripova Rimma Sultanovna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]renatanuriaslamova@gmail.com

This article examines the importance of using information technology in the Russian energy industry. The application of IT technologies for automation of production processes, management of power systems, energy efficiency improvement and development of the “Internet of Things” is described. Special attention is paid to the impact of these technologies on the efficiency of enterprises, product quality, reliability and efficiency of energy systems, as well as on reducing the negative impact on the environment. In conclusion, the importance of further development of information technologies in the energy sector to achieve new heights in this strategically important industry is emphasized.

**Keywords:** information technology, energy, automation, power system management, energy efficiency, production.

В России энергетика занимает ключевое место в национальной экономике, поэтому внедрение современных IT-технологий в эту отрасль имеет большое значение [1–3]. В данной статье мы рассмотрим, какие именно технологии используются в российской энергетике и как они влияют на ее развитие.

Автоматизация производственных процессов является одним из основных направлений использования информационных технологий в энергетической сфере [4]. Применение специализированных программных комплексов и систем управления в энергетическом секторе позволяет повысить эффективность работы предприятий, улучшить качество продукции и сократить эксплуатационные расходы [5]. Информационные технологии также позволяют осуществлять мониторинг состояния оборудования, что обеспечивает быстрое выявление и устранение возможных сбоев и аварий.

Еще одной важной областью применения информационных технологий в энергетике является управление энергосистемами [6]. Системы управления распределенной генерации, умные сети, системы мониторинга и прогнозирования нагрузок – все это позволяет оптимизировать процессы передачи и распределения электроэнергии, что в свою очередь способствует повышению надежности и эффективности работы энергетических систем.

Также информационные технологии активно применяются в области энергоэффективности. Специализированные программные продукты позволяют проводить анализ и оптимизацию энергопотребления, что помогает снизить потребление ресурсов и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду [7].

Важным направлением развития информационных технологий в российской энергетике является так называемый «Интернет вещей» (IoT). Мониторинг состояния оборудования и анализ данных о процессах производства становится возможным благодаря специальным сенсорам и устройствам, подключенным к Интернету. Это позволяет оперативно реагировать на изменения и повышать эффективность работы энергетических систем.

Информационные технологии играют важную роль в развитии энергетической отрасли в России. Они способствуют улучшению эффективности производства, повышению качества электроэнергии, оптимизации процессов передачи и распределения энергии, а также сокращению негативного воздействия на окружающую среду. В связи с этим важно продолжать развитие информационных технологий в энергетике и совершенствовать их применение для достижения новых высот в этой стратегически важной отрасли.

## Источники

1. Смирнов Ю.Н. О внедрении цифровых платформ в промышленных предприятиях // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. IV Нац. науч.-практ. конф. Казань, 2019. С. 37–42.

2. Дронина А.А., Зарипова Р.С. Современные проблемы и перспективы развития топливно-энергетического комплекса // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: матер. Междунар. науч.-техн. конф. Казань, 2023. С. 138–140.

3. Лучинкин В.Л., Зарипова Р.С. Перспективы применения нейронных сетей в энергетике // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: матер. Междунар. науч.-техн. конф. Казань, 2023. С. 77–80.

4. Марданова А.М., Смирнов Ю.Н. Цифровая трансформация нефтяной промышленности как инструмент преодоления негативных последствий санкций // Цифровая трансформация промышленности: новые горизонты: сб. науч. тр. III Всерос. науч.-практ. конф. Москва, 2022. С. 292–295.

5. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Проблемы и перспективы внедрения информационных и управляющих систем для энергетических объектов // Сб. ст. XX Всерос. студенческой науч.-практ. конф. Нижневартовского государственного университета. Нижневартовск, 2018. С. 147–149.

6. Овсеенко Г.А. Автоматическая система управления процессами добычи и подготовки нефти на основе нейронной сети // Энергия – 2022: матер. XVII Всерос. (IX Междунар.) науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Иваново, 2022. С. 20.

7. Емдиханов Р.А., Смирнов Ю.Н. Основные этапы и стратегии успешной цифровой трансформации // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: матер. Междунар. науч.-техн. конф. Казань, 2023. С. 216–218.

УДК 621.355

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГРАВИТАЦИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ ДЛЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Нуруллин Искандер Рифхатович[1], Бабиков Олег Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]gjkbndkkc@gmail.com

Выработка электроэнергии благодаря возобновляемым источникам, таким как ветер, солнце и вода, позволяет решить ряд экологических проблем. В то же время в силу внешних факторов невозможно обеспечить постоянство генерации. Гравитационные системы накопления энергии позволяют уменьшить влияние внешних факторов на устойчивое энергоснабжение потребителей. В данной работе рассматривается возможность применения технологии гравитационного хранения энергии для решения проблем, которые возникают при использовании возобновляемых источников энергии.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, гравитационный аккумулятор, потенциальная энергия, энергетическая эффективность.

# INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF USING GRAVITY ACCUMULATORS FOR RENEWABLE ENERGY

Nurullin Iskander Rifhatovic[1], Babikov Oleg Evgenievich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]gjkbndkkc@gmail.com

Producing electricity from renewable energy sources such as wind, solar and water can solve a number of environmental problems. At the same time, due to external factors, it is impossible to ensure constant generation. Gravity energy storage systems make it possible to reduce the influence of external factors on the sustainable energy supply to consumers. This paper examines the possibility of using gravitational energy storage technology to solve problems that arise when using renewable energy sources.

**Keywords:** renewable energy sources, gravity accumulator, potential energy, energy efficiency.

В настоящее время возобновляемая энергетика играет ключевую роль в борьбе с изменением климата, сокращении загрязнения окружающей среды и обеспечении устойчивого и доступного энергоснабжения. Возобновляемые источники энергии, такие как солнце, ветер и вода, являются экологически чистыми и практически неограниченными, что делает их идеальной альтернативой традиционным источникам энергии, таким как уголь и нефть.

Возобновляемая энергетика также не лишена недостатков, к которым можно отнести непостоянство и неравномерность генерации энергии из-за зависимости от погодных условий и времени суток. Это требует развития систем хранения энергии и интеграции с традиционными источниками энергии [1].

В настоящее время существует несколько основных методов аккумулирования энергии: химический, электрохимический, тепловой и механический. Наиболее распространенным механическим способом хранения энергии является использование потенциальной энергии воды на гидроаккумулирующей электростанции (ГАЭС). На данный момент – это единственная технология аккумулирования энергии в больших масштабах. Этот метод хранения энергии основывается на использование потенциальной энергии воды, которая высвобождается при её падении.

Технология гравитационного хранения энергии основывается на преобразовании потенциальной энергии в кинетическую, а затем и в электрическую. Для этого применяются массивные объекты (например, бетонные блоки), которые поднимают на определенную высоту с помощью подъемного электромеханического оборудования в часы избытка энергии в энергосистеме [2]. После чего в пиковые часы нагрузки при необходимости задействования дополнительных генерирующих мощностей данные блоки опускаются, приводя в движение валы, соединенные с электрогенераторами, которые в свою очередь обеспечивают выработку электроэнергии.

Преимуществом технологии гравитационного хранения энергии является возможность размещения в любой точке планеты, в отличие от гидроаккумулирующих электростанций. Также подобные системы способны практически моментально покрывать пиковые нагрузки. Гравитационные аккумулирующие станции могут быть использованы для сглаживания пиков спроса и предложения на электроэнергию, а также для поддержания стабильности энергосети.

В сравнение с хранением энергии химическим путём, гравитационные аккумуляторы обладают рядом достоинств: стоимость хранения 1 МВт/ч в два раза дешевле по сравнению с применением литиевых батарей, отсутствуют потери при хранении энергии, отсутствует зависимость от внешних и природных факторов, срок эксплуатации гравитационных батарей рассчитан вплоть до 35 лет, что больше в 2-3 раза по сравнению с химическими способами аккумулирования энергии [3].

Главными недостатками технологии гравитационного хранения энергии являются высокие капитальные затраты на строительство, сложность построения связей между элементами, а также потери на трение

в механизмах. Гравитационный аккумулятор достигает в высоту 150 м при диаметре в 60 м, что потребует большого количество материала для строительства. Производство строительных материалов для возведения подобной конструкции оставляет за собой большой углеродный след, который оказывает негативное влияние на экологию.

В настоящий момент в Китае гравитационный накопитель EVx, разработанный компанией Energy Vault, находится на стадии ввода в эксплуатацию. Это первый в мире коммерческий гравитационный накопитель энергии, мощностью 25 МВт. Процесс «подзарядки» данной гравитационной системы накопления энергии может занимать от 2 до 12 ч, а расчетный коэффициент полезного действия составляет более 75 % [4]. У компании также существуют планы по внедрению гравитационной технологии по всему миру.

Технология гравитационного хранения энергии является перспективным способом аккумулирования энергии в масштабах небольших энергосистем и действительно может помочь с решением существующих проблем при выработке энергии солнечными и ветряными электрическими станциями.

## Источники

1. Ахметшин А.Т., Бускунов Р.И., Хатмуллин Н.М. Аккумулирование энергии в ветровых и солнечных электростанциях // Наука молодых – инновационному развитию АПК: матер. XII Нац. науч.-практ. конф. молодых ученых. Уфа, 2019. Ч. 2. С. 93–100.

2. Гравитационный аккумулятор / М.А. Берлов [и др.] // Инновационные решения социальных, экономических и технологических проблем современного общества: сб. науч. ст. по итогам круглого стола со всероссийским и международным участием. М., 2021. Т. 8. С. 126–128.

3. Solid gravity energy storage: A review / W. Tong [et al.] // Journal of Energy Storage. 2022. Vol. 53. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.est.2022.105226.

4. Break through with G-VAULT™. Gravity energy storage for grid support and renewable energy integration [Электронный ресурс]. URL: https://www.energyvault.com/products/g-vault (дата обращения: 28.10.2023).

УДК 62-762.62

# КОНСТРУКЦИИ, ТЕХНОЛОГИИ И ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ТИПОВ УПЛОТНЕНИЙ В ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

Петрова Дарья Дмитриевна[1], Саитов Станислав Радикович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]2003.pdd@mail.ru

В данном докладе рассматриваются популярные конструкции уплотнений в ГТД, а также перспектива замены лабиринтных уплотнений на щеточные и комбинированные уплотнения для улучшения эффективности и надежности двигателей.

**Ключевые слова:** газотурбинный двигатель, лабиринтное уплотнение, щеточное уплотнение.

# DESIGNS, TECHNOLOGIES AND APPLICATION OF NEW TYPES OF SEALS IN PROMISING GAS TURBINE ENGINES

Petrova Daria Dmitrievna[1], Saitov Stanislav Radikovich
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]2003.pdd@mail.ru

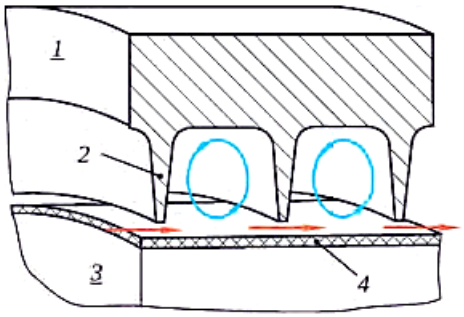
This report discusses popular seal designs in the gas turbine engine, as well as the prospect of replacing labyrinth seals with brush and combined seals to improve the efficiency and reliability of engines.

**Keywords:** gas turbine engine, labyrinth seal, brush seal.

Газотурбинные двигатели (ГТД) широко используются не только в авиации, но и в энергетике. Они отличаются компактными размерами и низким уровнем выбросов. Уплотнения в ГТД имеют важное значение, поскольку они играют ключевую роль в обеспечении герметичности и эффективности работы двигателя.

В настоящее время существует множество уплотнений для газотурбинных двигателей. Лабиринтные уплотнения остаются популярными, несмотря на недавнюю разработку нескольких передовых методов герметизации. Это связано с их конструктивной простотой, надежностью, высокой термостойкостью и широким рабочим диапазоном, охватывающим различные соотношения давлений и другие факторы [1].

Лабиринтное уплотнение – это бесконтактное уплотнительное устройство, состоящее из ряда полостей, соединенных небольшими зазорами (см. рисунок).




Лабиринтные уплотнения типовой конструкции [1]:
*1* – обойма; *2* – гребешки (зубья); *3* – ответная часть; *4* – покрытие

Лабиринтные уплотнения расположены в нескольких местах двигателя, например: между валом турбины и основанием статорной ступени, образованной лопатками статора; между двумя последовательными подвижными ступенями турбины и пр. [2]. Поток теряет свое абсолютное давление, ускоряясь в зазоре из-за сжатия, трения через зазор и рассеяния кинетической энергии [1].

В качестве перспективных рассматриваются варианты замены лабиринтных уплотнений на щеточные для существующего модельного ряда ГТД, и применение щеточных и комбинированных газодинамических уплотнений в следующих поколениях двигателей [3].

Зарубежный опыт последних десятилетий показал, что уплотнения щеточного типа имеют значительное преимущество и их все чаще применяют в новых проектах газотурбинных установок [4]. Однако, широкое применение щёточных уплотнений сдерживается сложностью автоматизации и организации их изготовления в условиях серийного производства [5–8].

## Источники

1. Темис Ю.М., Селиванов А.В. Перспективные уплотнения для газотурбинных двигателей // Авиационные двигатели. 2021. № 2 (11). С. 43–60.

2. Турбина газотурбинного двигателя, содержащая элемент лабиринтного уплотнения: пат. 2722122 Рос. Федерация № 2018107147; заявл. 02.09.2016; опубл. 26.05.2020, Бюл. № 15.

3. Kim T.S., Cha K.S. Comparative analysis of the influence of labyrinth seal configuration on leakage behavior // Journal of Mechanical Science and Technology. 2009. Vol. 23. Pp. 2830–2838.

4. Щеточное уплотнение для газодинамических установок / А.В. Новиков // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2014. № 4. С. 324–340.

5. Маннапов А.Р. Разработка технологии изготовления перспективных уплотнений газовоздушного тракта ГТД методом импульсной электрохимической обработки: автореф. дис. ... канд. тех. наук. Уфа, 2009. 19 с.

6. Саитов С.Р., Карачурин Б.Р., Сидоров М.В. Прогнозирование пиковых часов энергосбытовых компаний, входящих в реестр гарантирующих поставщиков АО «АТС» // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4 (56). С. 59–68.

7. Саитов С.Р., Чичирова Н.Д., Чичиров А.А. Баромембранные технологии в схеме водоподготовки Уфимской ТЭЦ-1 // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 2 (34). С. 58–67.

8. Недостатки баромембранных методов водоподготовки и способы их устранения в мировой практике / С.Р. Саитов [и др.] // Вестник Московского энергетического института. 2020. № 4. С. 98–112.

УДК 620.9

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Рочева Ольга Олеговна[1], Рочева Ольга Александровна[2]
[1]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г Казань
[2]ККИ (ФИЛИАЛ) АНОО ВО Центросоюза РФ «Российский Университет Кооперации», г. Казань
[1]Rochewa.yana@yandex.ru, [2]rochevaolga@mail.ru,

В современном мире электроэнергия играет важную роль в нашей повседневной жизни. Она используется не только для освещения и отопления, но и для работы различных бытовых и промышленных устройств. Поэтому надежное и эффективное функционирование электросетей является одной из основных задач в жилищно-коммунальном хозяйстве (ЖКХ). Автоматизация электросетей помогает обеспечить стабильную работу и повысить энергоэффективность системы [3].

**Ключевые слова:** автоматизация, автоматизация электросетей, жилищно-коммунальное хозяйство, энергосбережение.

# AUTOMATION OF POWER GRIDS IN HOUSING AND COMMUNAL SERVICES IN MODERN CONDITIONS

Rocheva Olga Olegovna[1], Rocheva Olga Alexandrovna[2]
[1]KSPEU, Kazan
[2]KKI (Branch) of Autonomous Non-governmental Educational Institution of Higher Education “Russian University of Cooperation”, Kazan
[1]Rochewa.yana@yandex.ru, [2]rochevaolga@mail.ru,

In the modern world, electricity plays an important role in our daily lives. It is used not only for lighting and heating, but also for the operation of various household and industrial devices. Therefore, reliable and efficient functioning of power grids is one of the main tasks in the housing and communal services (HCS). Automation of power grids helps to ensure stable operation and increase energy efficiency of the system [3].

**Keywords:** automation, automation of power grids, housing and communal services, energy saving.

В жилом секторе имеется ряд проблем, связанных с управлением электросетями. Во-первых, часто возникают сбои в работе электрооборудования, что приводит к перебоям в подаче электроэнергии. Во-вторых, необходимо постоянно контролировать нагрузку на сеть, чтобы избежать перегрузок и аварийных ситуаций. В-третьих, существуют проблемы с учетом и оплатой потребленной электроэнергии, что может привести к несправедливому распределению расходов между потребителями [2].

Автоматизация электросетей в ЖКХ имеет ряд преимуществ. Во-первых, она позволяет улучшить качество энергоснабжения. Автоматическая система контроля и управления электросетями позволяет оперативно реагировать на сбои и предотвращать возможные аварии. Во-вторых, автоматизация позволяет снизить энергопотребление. Система может контролировать нагрузку на сеть и оптимизировать ее работу, что приводит к экономии электроэнергии. В-третьих, автоматизация упрощает учет и оплату потребленной электроэнергии. Автоматическая система позволяет точно измерять потребление и распределять расходы между потребителями.

Применение автоматизации в жилом секторе уже имеет свои результаты. Например, в некоторых домах установлены счетчики электроэнергии с функцией удаленного считывания, что позволяет оперативно управлять расходами.

Автоматизация электросетей в жилищно-коммунальном хозяйстве является процессом, направленным на улучшение управления электроэнергией в жилых и коммунальных зданиях.

Основные преимущества автоматизации электросетей в жилищно-коммунальном хозяйстве:

1. Увеличение безопасности: автоматические системы контролируют и предотвращают перегрузки и короткие замыкания, что уменьшает риск пожаров и аварий.

2. Энергосбережение: автоматизированные системы мониторинга и управления электропотреблением позволяют оптимизировать расход электроэнергии, выявлять и устранять утечки, а также управлять оборудованием в зависимости от необходимости.

3. Удобство и комфорт: автоматизация позволяет управлять системами электроснабжения с помощью централизованного контроля, а также использовать автоматические устройства для регулирования освещения, температуры и других параметров.

4. Улучшение качества обслуживания: автоматизированные системы позволяют оперативно выявлять и решать проблемы с электросетями, что повышает надежность и доступность электрооборудования.

Примеры автоматизации электросетей в жилищно-коммунальном хозяйстве:

– установка умных счетчиков электроэнергии, которые предоставляют детальную информацию о потреблении электроэнергии и позволяют оптимизировать расход;

– использование автоматических выключателей, которые могут отключать электроприборы в случае перегрузки или короткого замыкания;

– подключение системы «умный дом», которая позволяет управлять освещением, отоплением и кондиционированием воздуха с помощью мобильного устройства [4];

– установка системы автоматического управления освещением, которая позволяет автоматически включать и выключать свет в зависимости от наличия людей в помещении или времени суток.

Автоматизация электросетей в жилищно-коммунальном хозяйстве является важным шагом в совершенствовании энергетической эффективности и обеспечении безопасности в жилых и коммунальных зданиях.

## Источники


1. Рочева О.А., Зарипова Р.С., Рочева Я.О. Влияние экологических и культурных условий на уровень жизни людей // Эффективные системы менеджмента: стабильное качество в нестабильных условиях: матер. X Междунар. науч.-практ. форума. Казань, 2023. С. 187–189.

2. Рочева О.А., Шарипова Ф.Р., Шамсемухаметов А.А. Мероприятия по совершенствованию процесса управления благоустройством в городах-миллионниках: зарубежный опыт управления сферой благоустройства муниципальных образований // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. V Нац. науч.-практ. конф. В 2 т. Казань, 2019. Т. 2. С. 217–222.

3. Рочева О.А., Зарипова Р.С., Бекетова С.И. Информационные технологии как основы парадигмы в образовании с целью развития общества // Russian Journal of Education and Psychology. 2023. Т. 14, № 2-2. С. 85–89.

4. Рочева О.А., Зарипова Р.С., Рочева Я.О. Экологическая составляющая качества жизни населения // Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование: матер. Междунар. конф. Казань, 2023. Т. 3. С. 325–328.

УДК 620.9

# ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В ЖИЛЫХ И КОММУНАЛЬНЫХ ОБЪЕКТАХ

Салахутдинова Алина Руслановна[1], Зарипова Римма Солтановна[2]
[1]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]salar2001@mail.ru, [2]zarim@rambler.ru

Данная научная статья рассматривает инновационные методы оптимизации энергопотребления в жилых и коммунальных объектах. Оптимизация энергопотребления является актуальной задачей современного общества, так как позволяет снизить затраты на энергию и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду. В статье представлен обзор существующих инновационных методов оптимизации энергопотребления, их преимущества и перспективы использования. Также рассмотрены примеры успешной реализации данных методов в жилых и коммунальных объектах. В результате исследования было выявлено, что инновационные методы оптимизации энергопотребления способны значительно снизить расходы на энергию, повысить энергоэффективность и улучшить экологическую ситуацию.

**Ключевые слова:** инновации, оптимизация энергопотребления, жилые и коммунальные объекты, энергоэффективность, экология.

# INNOVATIVE METHODS FOR OPTIMIZING ENERGY CONSUMPTION IN RESIDENTIAL AND PUBLIC BUILDINGS

Salakhutdinova Alina Ruslanovna[1], Zaripova Rimma Soltanovna[2]
[1]KSPEU, Kazan
[1]salar2001@mail.ru, [2]zarim@rambler.ru

This scientific article examines innovative methods for optimizing energy consumption in residential and public buildings. Optimizing energy consumption is an urgent task of modern society, as it allows to reduce energy costs and reduce the negative impact on the environment. The article provides an overview of existing innovative methods for optimizing energy consumption, their advantages and prospects for use. Examples of successful implementation of these methods in residential and public buildings are also considered. The study revealed that innovative methods for optimizing energy consumption can significantly reduce energy costs, increase energy efficiency and improve the environmental situation.

**Keywords:** innovation, optimization of energy consumption, residential and communal facilities, energy efficiency, ecology.

Оптимизация энергопотребления в жилых и коммунальных объектах является важной задачей в современном обществе. Растущая потребность в энергии и ухудшение экологической ситуации требуют разработки

инновационных методов, которые позволят снизить затраты на энергию и улучшить экологическую безопасность. В данной статье будет рассмотрено несколько инновационных методов оптимизации энергопотребления, их преимущества и перспективы использования.

1. Использование смарт-технологий для управления энергопотреблением. Смарт-технологии предоставляют возможность автоматизации процессов управления энергопотреблением в жилых и коммунальных объектах. Они позволяют мониторить и управлять энергосистемами, а также оптимизировать энергопотребление в режиме реального времени. Преимущества использования смарт-технологий включают снижение затрат на энергию, повышение комфорта и безопасности, а также улучшение экологической ситуации [1].

2. Применение систем управления освещением. Системы управления освещением позволяют эффективно использовать энергию, регулируя яркость и время работы светильников в зависимости от потребностей. Такие системы могут быть интегрированы с другими смарт-технологиями, что позволяет достичь еще большей энергоэффективности [2].

3. Внедрение систем управления отоплением и кондиционированием воздуха. Автоматизированные системы управления отоплением и кондиционированием воздуха позволяют оптимизировать энергопотребление, обеспечивая комфортные условия в помещениях. Такие системы могут регулировать температуру, влажность и поток воздуха в зависимости от реальных потребностей, что позволяет снизить затраты на энергию [4].

4. Применение систем управления энергопотреблением в бытовых приборах. Интеграция систем управления энергопотреблением в бытовые приборы позволяет оптимизировать их работу, снизить затраты на энергию и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду. Например, такие системы могут автоматически отключать приборы в режиме ожидания или регулировать их энергопотребление в зависимости от текущей нагрузки [5].

Таким образом, инновационные методы оптимизации энергопотребления в жилых и коммунальных объектах имеют большой потенциал для снижения затрат на энергию, повышения энергоэффективности и улучшения экологической ситуации. Применение смарт-технологий, систем управления освещением, отоплением и кондиционированием воздуха, а также систем управления энергопотреблением в бытовых приборах позволяет достичь значительных результатов. Однако для успешной реализации данных методов необходимо учитывать специфику каждого объекта и проводить комплексный анализ энергосистем. Дальнейшие

исследования и разработки в данной области могут привести к еще большему снижению энергопотребления и улучшению экологической ситуации в жилых и коммунальных объектах.

## Источники

1. Дронина А.А., Зарипова Р.С. Современные проблемы и перспективы развития топливно-энергетического комплекса // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: матер. Междунар. науч.-техн. конф. Казань, 2023. С. 138–140.

2. Емдиханов Р.А., Смирнов Ю.Н. Основные этапы и стратегии успешной цифровой трансформации // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: матер. Междунар. науч.-техн. конф. Казань, 2023. С. 216–218.

3. Овсеенко Г.А. SMART-решения и системы искусственного интеллекта // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2021. № 2 (24). С. 71-74.

4. Лучинкин В.Л., Зарипова Р.С. Перспективы применения нейронных сетей в энергетике // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: матер. Междунар. науч.-техн. конф. Казань, 2023. С. 77–80.

5. Косулин В.В. Электронные образовательные ресурсы в обучении студентов инженерным дисциплинам // Уральский научный вестник. 2018. Т. 11, № 2. С. 37–42.

УДК 621.45.038.7

# ПРИМЕНЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ПРОДЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО РЕСУРСА ГТД

Самигулин Данила Сергеевич[1], Саитов Станислав Радикович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]samigulindan@yandex.ru

В данном докладе рассматриваются особенности и виды покрытий деталей газотурбинных двигателей.

**Ключевые слова:** газотурбинный двигатель, покрытия, термические покрытия, антикоррозийные покрытия.

# THE USE OF PROTECTIVE COATINGS TO EXTEND THE OPERATIONAL LIFE OF THE GAS TURBINE ENGINE

Samigulin Danila Sergeevich[1], Saitov Stanislav Radikovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]samigulindan@yandex.ru

This report discusses the features and types of coatings of gas turbine engine parts.

**Keywords:** gas turbine engine, coatings, thermal coatings, anti-corrosion coatings.

Покрытия применяются для различных деталей турбины. Выбор вида напыления зависит от требуемых условий эксплуатации детали. Существует несколько видов покрытий, такие как: термические; антикоррозийные; абразивно-износостойкие; нано-покрытия.

В секциях камер сгорания и тракта горячего газа, в основном, используются термические покрытия, где температуры компонентов превышают присущие материалу возможности по окислению, износу и коррозионной стойкости. Современные процессы нанесения покрытий привели к высокому стандарту их характеристик, повысили топливную экономичность и эксплуатационную готовность двигателя [1].

Для компрессора используются антикоррозийные покрытия двух типов: барьерные и расходуемые. Барьерное покрытие предотвращает непрерывное взаимодействие расходуемого покрытия с окружающей средой, в то время как расходуемое – защищает основной металл от эррозии в случае нарушения барьерного [2].

Абразивно-износостойкие покрытия чаще всего предназначены для увеличения срока службы лопаток в условиях повышенного износа, вызванного частицами песка, пыли или агрессивными газами, которые часто содержат твердые частицы, такие как карбиды или керамика.

В последние годы был достигнут значительный прогресс в области наноструктурированных покрытий и наноматериалов с плазменным напылением, однако, для реализации их в промышленности требуется дальнейшая разработка технологических процессов для повышения эффективности и улучшения свойств покрытия [1, 3–5].

## Источники


1. Hardwicke C.U., Lau Y.C. Advances in thermal spray coatings for gas turbines and energy generation: a review // Journal of Thermal Spray Technology. 2013. Т. 22, № 5. С. 564–576.

2. Pallos K.J. Gas Turbine Repair Technology. Atlanta, GA, 2001. 30 p.

3. Саитов С.Р., Карачурин Б.Р., Сидоров М.В. Прогнозирование пиковых часов энергосбытовых компаний, входящих в реестр гарантирующих поставщиков АО «АТС» // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4 (56). С. 59–68.

4. Саитов С.Р., Чичирова Н.Д., Чичиров А.А. Баромембранные технологии в схеме водоподготовки Уфимской ТЭЦ-1 // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 2 (34). С. 58–67.

5. Недостатки баромембранных методов водоподготовки и способы их устранения в мировой практике / С.Р. Саитов [и др.] // Вестник Московского энергетического института. 2020. № 4. С. 98–112.

УДК 721.02

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Сатаров Артем Сергеевич[1], Бабиков Олег Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
goodmen30070@gmal.com

В статье рассмотрено современное программное обеспечение, позволяющее организовать автоматизацию процесса проектирования зданий и сооружений, начиная с этапа составления технического задания на проектирование и проектировкой инженерных систем, коммуникаций и тепловых сетей, заканчивая разработкой и утверждением нормативно-технической документации. Современные программные продукты, облачные технологии и интернет-платформы упрощают и значительно ускоряют процесс проектирования и строительства.

**Ключевые слова:** проектирование, нормативно-техническая документация, программный комплекс, автоматизация, базы данных.

# MODERN TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR DESIGN AND OPERATION OF BUILDINGS AND STRUCTURES

Satarov Artem Sergeevich[1], Babikov Oleg Evgenievich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
goodmen30070@gmal.com

The article discusses modern software packages that allows us to organize automation of the design process of buildings and structures. Processes can be automated starting from the stage of drawing up technical specifications and designing engineering systems, communications and heating networks, ending with the development and approval of regulatory and technical documentation. Modern software packages, cloud technologies and Internet platforms simplify and significantly speed up the design and construction process.

**Keywords:** engineering, normative and technical documents, software package, automation, databases

Проектирование, строительство, ввод в эксплуатацию многоквартирных домов, придомовых территорий, объектов инфраструктуры и инженерных сооружений сопровождаются работой организаций с большим объемом документации. Этапы проектирования, подготовки сметной документации, согласование технической и проектной документации занимают большое количество времени ввиду того, что каждый из этих этапов выполняется различными организациями, затрагивает работу

большого количества людей. Время от появления идеи строительства до начала её реализации в настоящий момент можно существенно сократить. Рассмотрим программы, которыми активно пользуются проектные организации для создания планов зданий, инженерных коммуникаций и разработки сметной документации.

Renga – российская BIM-система для совместного комплексного проектирования. Создаваемая в данной программе документация соответствует обязательным требованиям, предъявляемым к нормативно-технической документации согласно ГОСТ 21.501 и ГОСТ Р 21.101. Renga является платформой для работы архитекторов, конструкторов и инженеров. Программный комплекс позволяет ускорить ход проекта. Пользователям доступна функция автоматического и ручного армирования конструкций, а также автоматическая трассировка инженерных систем здания (рис. 1). Renga позволяет вести работу одновременно на разных уровнях проектирования сразу нескольким пользователям, а также имеет интуитивно понятный интерфейс. Программа является доступной даже для небольших организаций и по состоянию на 2023 г. стоимость постоянной расширенной лицензии для одного рабочего места составляет порядка 160 тыс. руб. [1].

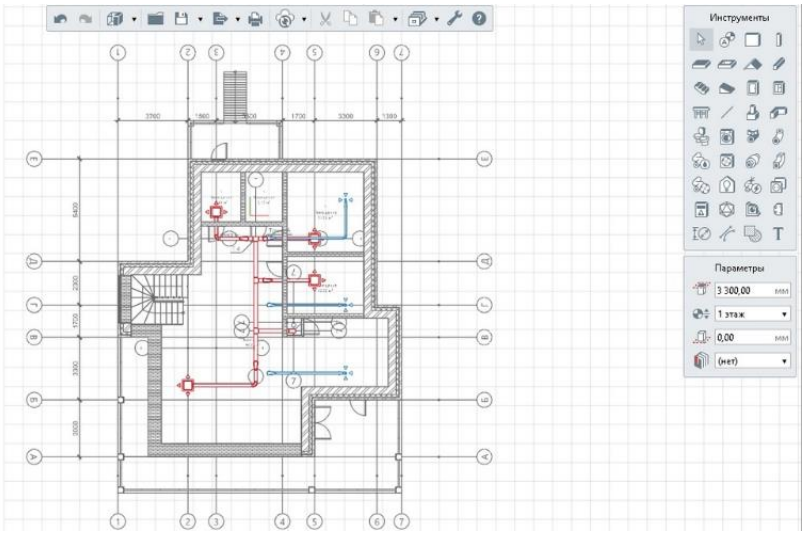



Рис. 1. План этажа в Renga

ZuluGIS – геоинформационная система (ГИС), предназначенная для разработки ГИС-приложений, предоставляющая визуализацию в векторном и растровом виде, анализ топологии и связь с семантическими базами данных. Существуют разные инструменты ZuluGIS, такие как ZuluThermo [2] и ZuluSteam [3], позволяющие осуществлять проектирование и теплогидравлические расчеты водяных тепловых сетей и паропроводов соответственно.

Автономные базы данных – это облачные базы данных, использующие машинное обучение для автоматической работы с защитой, обновлением, резервным копированием информации без участия человека. В отличии от традиционных, такие базы данных позволяют сократить расходы на оплату труда сотрудников и исключить множество ошибок, вызванных человеческим фактором [4]. Облачные технологии возможно применять в сферах тарифного регулирования организаций, хранения и обработки данных приборов учета, реестров.

Важным этапом в эксплуатации уже готовых жилых зданий является взаимодействие управляющих организаций с собственниками и арендаторами. Упростить это взаимодействие и наладить работу ТСЖ или управляющих организаций можно с помощью интернет-платформ и приложений, позволяющих передавать показания приборов учета, автоматизировать оплату счетов, отправлять заявки в сервисную компанию и контролировать статус их выполнения, а также иметь информацию по лицевым счетам и узнавать о новостях жилого комплекса или конкретного дома в онлайн-режиме.

## Источники

1. Стоимость BIM-системы Renga [Электронный ресурс]. URL: https://rengabim.com/stoimost-bim-sistemy-renga/ (дата обращения: 10.11.2023).

2. ZuluThermo – моделирование гидравлических режимов в тепловых сетях [Электронный ресурс]. URL: https://www.politerm.com/products/thermo/zuluthermo/ (дата обращения: 10.11.2023).

3. ZuluSteam – моделирование гидравлических режимов в паропроводах. [Электронный ресурс]. URL: https://www.politerm.com/products/steam/zulusteam/ (дата обращения: 10.11.2023).

4. Cloud computing in construction industry: Use cases, benefits and challenges / S.A. Bello [et al.] // Automation in Construction. 2021. Vol. 122. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103441 (дата обращения: 10.11.2023).

УДК 66.081.63

# ОБРАЗОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННЫХ МЕМБРАНАХ И МЕТОДЫ ИХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Сафонов Владислав Андреевич[1], Низамова Альфия Шарифовна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]afonov2000@mail.ru, [2]nizamova_tes@mail.ru

В статье рассматривается загрязнение ультрафильтрационных мембран, а также пути и рекомендации по их восстановлению. Эксплуатация таких мембран осуществляется при помощи предварительно очищенной воды, что позволяет сократить число промывок и увеличить срок службы мембран.

**Ключевые слова:** очищенная вода, регенерация мембран, мембраны, ультрафильтрация, микроорганизмы, железобактерии.

# FORMATION OF CONTAMINANTS ON ULTRAFILTRATION MEMBRANES AND METHODS OF THEIR RECOVERY

Safonov Vladislav Andreevich[1], Nizamova Alfia Sharifovna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]afonov2000@mail.ru, [2]nizamova_tes@mail.ru

The article discusses the contamination of ultrafiltration membranes, as well as ways and recommendations for their recovery. The operation of such membranes is carried out using pretreated water, which reduces the number of flushes and increases the service life of the membranes.

**Keywords:** purified water, membrane regeneration, membranes, ultrafiltration, microorganisms, iron bacteria.

Между микрофильтрацией и нанофильтрацией располагается ультрафильтрация. Её поры различаются от 0,05 мкм до 10 нм. Ультрафильтрация применяется на станциях для дополнительной очистки воды от различных примесей, в том числе взвешенных и коллоидных веществ, бактерий и вирусов. [3]

Ультрафильтрационная мембранная очистка имеет ряд преимуществ относительно других водоподготовительных установок, таких как:

– низкие показатели расхода электроэнергии (примерно в два раза);
– устойчивость мембран к повышенным температурам;
– низкая стоимость данной установки;
– автоматизированный процесс очистки;
– хороший показатель обеззараживания (до 99 процентов) [1].

Как мы знаем, при использовании мембран в промышленности, происходит загрязнение их пор различными микроорганизмами в виде осадка. Загрязнение происходит в связи с тем, что поверхность ультрафильтрационных мембран очень развита и является благоприятной средой обитания большого количества микроорганизмов. Их отложения на поверхности мембраны и внутри пор можно сравнить с образованием слизистых отложений на стенках трубопроводов. В этом случае, железобактерии, которые образовались в водопроводной сети задерживаются на ультрафильтрационных мембранах, развиваются внутри пор и на их поверхности, таким образом уменьшая пропускаемость воды через мембраны. В результате этого наблюдается сокращение проходимости водной среды через мембраны, в следствии чего происходит рост трансмембранного давления (ТМД – является разностью давлений исходной воды и очищенной), но только в том случае, если производительность установки неизменна [1].

В публикациях, которые посвящены изучению мембранных процессов и биологическому загрязнению мембран выделяют три стадии осаждения различных примесей на поверхности мембран:

– изменение поверхности мембраны веществами, содержащимися в исходной воде;

– адгезия бактерий и образование биопленки;

– накопление биомассы. Эта стадия занимает самое большое количество времени. От объёма накопленной биомассы падает производительность мембранных аппаратов.

Для очистки загрязненных мембран используют понятие регенерация. Когда достигается критическая величина ТМД, мембраны деформируются. Для того чтобы не допустить этого прибегают к проведению регенерации мембран с использованием химических промывок, а также за счет обратных промывок под давлением.

Такие промывки производятся в определенные периоды времени в автоматизированном режиме. В таком случае специально подготовленная вода поступает в обратном направлении под действием насоса. В последствии мембраны очищают ежедневно с помощью химической промывки. Полученные стоки, которые образуются в процессе использования мембранной установки стекают в канализацию [2].

Проанализировав работу ультрафильтрационных мембран, можно сделать вывод о том, что основным источником засорения поверхности мембран являются жизненные процессы железобактерий. Для очистки от них рекомендуется использование определенных химических смесей, которые способны восстановить необходимый поток в водопроводной среде.

## Источники

1. Первов А.Г., Андрианов А.П., Телимченко Э.А. Влияние биологического загрязнения на работу обратноосмотических и ультрафильтрационных мембранных элементов // Мембраны. Серия. Критические технологии. 2004. № 1 (21). С. 11–17.

2. Андрианов А.П., Первов А.Г. Оптимизация процесса обработки воды методом ультрафильтрации // Водоснабжение и сантехника. 2003. № 6. С. 7–9.

3. Первов А.Г., Юрчевский Е.Б., Андрианов А.П., Совершенствование конструкций мембранных аппаратов // Водоснабжение и сантехника. 2003. № 6. С. 61–68.

УДК 536.2

# АНАЛИЗ РАБОТЫ КОТЕЛЬНОЙ БЕЗ ВОДОУМЯГЧИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Сергеев Никита Валерьевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
cw.tawer@yandex.ru

В статье проанализировано работа котельной без водоумягчительной установки при использовании конденсационного экономайзера с одновременным снижением оксида азота и расхода на подпитку тепловой сети.

**Ключевые слова:** конденсационный экономайзер, умягчение воды, снижение вредных выбросов.

# ANALYSIS OF THE BOILER HOUSE OPERATION WITHOUT A WATER SOFTENER

Sergeyev Nikita Valeryevich
KSPEU, Kazan
cw.tawer@yandex.ru

The article analyzes the operation of a boiler house without a water softener when using a condensation economizer with a simultaneous reduction of nitrogen oxide and the consumption for feeding the heat network.

**Keywords:** condensation economizer, water softening, reduction of harmful emissions.

Умягчение воды на котельной является важным технологическим решением, направленным на снижение содержания жестких солей сетевой воде. Установленные нормативы качества воды, предназначенной для эксплуатации котельных, описаны в постановлении [1]. Кроме того, учитывается спецификация конкретной модели котла, которая подробно изложены в технической документации и паспорте на используемое оборудование.

В процессе охлаждения отходящих газов в конденсационном теплообменнике, когда температура снижается ниже точки росы, содержание влаги в этих газах уменьшается [2]. В результате этого процесса, в конденсационном теплообменнике, происходит конденсация водяных паров, образуя практически обессоленный конденсат. В свою очередь, контактируя с продуктами сгорания природного газа, этот конденсат поглощает кислород ($O_2$) и углекислоту ($CO_2$), приближаясь к полному насыщению.

Из анализа представленных зависимостей [3, с. 128] следует, что объем образующегося конденсата водяных паров в процессе охлаждения продуктов сгорания, когда температура снижается ниже точки росы, в значительной степени определяется начальным уровнем влажности продуктов сгорания перед конденсационным теплообменником и температурой уходящих газов на его выходе. Один из методов увеличения влажности газов и объема образующегося конденсата водяных паров состоит в искусственном увлажнении подачи воздуха путем его подогрева в контактном воздухоподогревателе. Важно также отметить, что конденсат водяных паров из отработанных газов, возникших в результате сгорания природного газа, не содержит взвешенных веществ карбонатной жесткости и имеет сухой остаток менее 5 мг/дм³. Этот конденсат является практически обессоленным, превосходя в этом аспекте воду, которую умягчают в водоподготовительных установках промышленных котельных [4].

На примере парового котла малой мощности ДЕ-10-14 ГМ, где при нагреве дутьевого воздуха, поступающего в систему, в контактном воздухоподогревателе до 47 °С, абсолютное количество конденсата водяных паров, образующегося при охлаждении дымовых газов до 40 °С, составляет 1,629 кг/ч на каждый кубический метр сжигаемого природного газа, а при объеме сжигаемого газа в 712 м³/ч это количество увеличивается до 1160 кг/ч [3, с. 130].

В результате использования контактного нагрева дымовыми газами воды и использованием этой воды для подпитки, соответственно уменьшается потребность в умягчении воды в больших количествах, а иногда и полностью убирает потребность в подпитке (при норме подпитки 0,5 % в закрытой системе теплоснабжения), одновременно с этим повышается КПД котла на 7–10 %, наблюдается снижение выбросов окислов азота, так как он частично растворяется в образовавшемся конденсате (при увеличении количества водяного пара в подаваемом в дутьевой воздух от 0,01 до 0,03 кг/кг сухого воздуха, содержание оксидов азота в продуктах сгорания уменьшается в 2-3 раза [5]). Также при использовании воды, нагретой контактно дымовыми газами, снижаются расходы на водоподготовку и уменьшаются выбросы продуктов регенерации фильтров в окружающую среду.

## Источники

1. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов для объектов использования атомной энергии»

[Электронный ресурс]: утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 19 марта 2018 г. № 113 // ЭПС «Система Гарант» (дата обращения: 23.10.2023).

2. Аронов И.З. Контактный нагрев воды продуктами сгорания природного газа. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Недра: Ленингр. отд-е, 1990. 279 с.

3. Кудинов А.А., Зиганшина С.К. К 88 Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях. М.: Машиностроение, 2011. 374 с.

4. Сафуанов Т.И. Применение конденсационного экономайзера для улучшения технико-экономических показателей котельной с котлами ПТВМ // Тинчуринские чтения: тез. докл. XIII молодежной науч. конф.: в 3 т. / под общ. ред. Э.Ю. Абдуллазянова. Казань, 2018. Т. 2. С. 205–208.

5. Гатиятуллин Р.Р., Смирнов А.Ю. Применение конденсационных экономайзеров для утилизации теплоты дымовых газов // Наука и образование: новое время. 2018. № 6 (29). С. 123–125.

6. Зиганшина С.К. Котельная без водоумягчительной установки // Аспирантский вестник Поволжья. 2005. № 1. С. 12–13.

УДК 621

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОХРАНЫ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

[1]Старостина Ярослава Константиновна, [2]Тимофеев Дмитрий Николаевич
[1,2]Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск
[1]yaroslava.starostina@bk.ru

В статье рассмотрено применение нейронных сетей в сфере безопасности и охранных систем, которые позволяют автоматизировать процессы обнаружения угроз, распознавания лиц, видеонаблюдения, а также прогнозирования и предотвращения кибератак.

**Ключевые слова:** автоматизации систем контроля доступа, обработка данных, нейронная сеть, системы комплексной безопасности, автоматизированный процесс.

# AUTOMATION OF TECHNICAL SECURITY MEANS USING NEURAL NETWORKS

[1]Starostina Yaroslava Konstantinovna, [2]Timofeev Dmitry Nikolaevich
[1,2]Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk
[1]yaroslava.starostina@bk.ru

The article discusses the use of neural networks in the field of security and security systems, which allow automating the processes of threat detection, facial recognition, video surveillance, as well as predicting and preventing cyberattacks.

**Keywords:** automation of access control systems, data processing, neural network, integrated security systems, automated process.

Современный мир сталкивается с растущими угрозами безопасности, требующими инновационных подходов к защите. В последние годы нейронные сети приобрели все большую популярность в области информационной безопасности и охранных систем, благодаря своим уникальным возможностям в анализе и обработке данных. Мы рассмотрим основные применения нейронных сетей в сфере безопасности на примере интеграции охранных систем.

Нейронные сети могут быть использованы для обнаружения аномального поведения в системах комплексной безопасности любого промышленного предприятия. Путем обучения на нормальных данных, нейронная сеть может выявить необычные или подозрительные активности, что позволяет оперативно реагировать на потенциальные угрозы [1].

Стандартный шаблон использования нейросетей в существующих системах сводится к использованию дополнительных программных модулей для минимизации «человечекого фактора» при реагировании на изменение обстановки.

Один из наиболее часто используемых алгоритмов нейросетей в системах видеонаблюдения – распознавание номеров. Эта возможность используется для автоматизации систем контроля доступа и позволяет ускорить процесс регистрации транспортных средств в базе данных, а также управлять исполнительными устройствами – приводами шлагбаумов, откатных ворот и боллардов, без участия оператора. В качестве примера можно привести модули Автомаршал (Малленом системс), AutoTrassir (Trassir), SecurOS Auto (ISS).

Во многих случаях нейронные сети могут быть использованы для анализирования событий охранно-пожарной, тревожной и технологической сигнализации для возможности выдачи оператору готового результата обработки конкретного тревожного события. Пример – при возникновении очага возгорания в помещении, оборудованном всеми системами сигнализации, нейросеть может проверить достоверность тревожного события от системы пожарной сигнализации путём проверки состояния пассивных инфракрасных датчиков охранной сигнализации, состояния газоанализаторов технологической сигнализации, состояния ручных извещателей системы тревожной сигнализации, после чего выдать оператору оценку достоверности происшествия. Это может снизить время реагирования, обеспечить достаточную селективность в работе комплексной системы безопасности, а также снизить количество ложных тревожных событий [2].

Нейронные сети могут использоваться для прогнозирования и предотвращения атак на защищённые объекты. Путем анализа большого объема данных, сеть может обнаружить подозрительные паттерны и предупредить о возможной угрозе. Это помогает улучшить защиту системы от возможных атак и вовремя принять меры по их предотвращению [3]. Нейронные сети также применяются для обеспечения отказоустойчивости и восстановления систем после сбоев. При обучении на исторических данных, сеть может запомнить тенденции и предсказывать возможные проблемы или сбои в работе системы безопасности и немедленно принимать меры по их устранению или восстановлению. Достижение такого результата в основном получается за счёт интеграции в систему безопасности существующих средств мониторинга параметров работы оборудования, например, ПО Zabbix (рис. 1).




Рис. 1. Алгоритм работы программного обеспечения на базе нейросети для автоматизации средств охраны

Применение нейронных сетей в сфере безопасности и охранных систем представляет собой важный шаг в развитии инновационных подходов к защите различных объектов и информационных систем. Они позволяют автоматизировать процессы обнаружения угроз, распознавания лиц, видеонаблюдения, а также прогнозирования и предотвращения кибератак. Нейронные сети открывают двери для создания более безопасного мира, где системы могут быстро и эффективно реагировать на угрозы безопасности.

## Источники

1. Иванько А.Ф., Иванько М.А., Сизова Ю.А. Нейронные сети: общие технологические характеристики // Научное обозрение. Технические науки. 2019. № 2. С. 17–23.

2. Зенов А.Ю., Мясникова Н.В. Применение нейросетевых алгоритмов в системах охраны периметра [Электронный ресурс] // Известия вузов. Поволжский регион. Технические науки. 2012. № 3 (23). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-neyrosetevyh-algoritmov-v-sistemah-ohrany-perimetra (дата обращения: 06.11.2023).

3. Особенности применения нейронных сетей в охранных системах / Д.Ю. Калков [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. 2019. № 4. С. 14–18.

УДК 620.9

# ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЭК И ЖКХ: СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Столяров Илья Сергеевич[1], Зарипова Римма Солтановна[1]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]ilya.stolyarov.2002@mail.ru

В статье рассматривается влияние цифровых технологий на секторы топливно-энергетического комплекса и жилищно-коммунального хозяйства в условиях быстрого технологического развития. Обсуждаются применение систем управления в создании «умных» сетей, эффективное использование сенсоров и устройств Internet of Things (IoT). Подчеркивается роль цифровых инноваций в повышении энергоэффективности, создании умных городов и обеспечении безопасности. В статья отмечены перспективы развития с применением искусственного интеллекта, расширением сетей IoT и технологий блокчейн, а также обозначены вызовы, которые требуется преодолеть для успешной реализации цифровых решений в данных отраслях.

**Ключевые слова:** топливно-энергетический комплекс, жилищно-коммунальное хозяйство, цифровые технологии, умные сети, перспективы развития, IoT.

# DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE FUEL AND ENERGY SECTOR: CURRENT CHALLENGES AND PERSPECTIVES

Stolyarov Ilya Sergeyevich[1], Zaripova Rimma Soltanovna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]ilya.stolyarov.2002@mail.ru, [2]zaripova.rs@kgeu.ru

The article examines the impact of digital technologies on the sectors of fuel and energy complex and housing and communal services under conditions of rapid technological development. It discusses the application of control systems based on digital technologies in the creation of smart grids, effective use of sensors and Internet of Things (IoT) devices. The authors emphasize the role of digital innovation in improving energy efficiency, creating smart cities, and ensuring security. The article also highlights the development prospects with the application of artificial intelligence, the expansion of IoT networks and blockchain technologies, and points out the challenges that need to be overcome for the successful implementation of digital solutions in these industries.

**Keywords**: fuel and energy complex, housing and communal services, digital technologies, smart grids, development prospects, IoT.

В период стремительного технологического развития секторы топливно-энергетического комплекса (ТЭК) и жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) сталкиваются с растущей необходимостью инноваций для повышения эффективности управления ресурсами, улучшения экологической устойчивости и обеспечения комфорта для жителей [1].

Системы управления, базирующиеся на цифровых технологиях, играют ключевую роль в создании «умных» сетей путем интеграции сенсоров и устройств IoT. Это обеспечивает постоянный мониторинг состояния энергетических сетей и мгновенную реакцию на возможные сбои. Интеллектуальные системы предсказывают и предотвращают проблемы, оптимизируя производство и распределение энергии [2].

В области энергоэффективности цифровые технологии открывают новые горизонты. Умные счетчики, регулируемые системы отопления и кондиционирования позволяют жителям и предприятиям более точно контролировать и оптимизировать свое энергопотребление. Аналитика данных помогает выявить точки роста и предлагает индивидуальные решения для экономии энергии.

Развитие систем энергохранилищ становится ключевым фокусом для эффективного хранения и распределения избыточной энергии в современных энергосистемах. Это является неотъемлемой частью цифровой трансформации в топливно-энергетическом комплексе (ТЭК), где интеграция возобновляемых источников энергии играет важную роль. С применением умных сетей и алгоритмов машинного обучения активно регулируется баланс между производством и потреблением энергии, что обеспечивает стабильность и устойчивость всей энергетической системы.

В ЖКХ цифровые инновации упрощают рутинные задачи обслуживания [3]. Роботизированные системы проводят регулярные проверки и техническое обслуживание, а алгоритмы машинного обучения предсказывают возможные поломки. Это сокращает время простоя и улучшает качество обслуживания объектов инфраструктуры.

В условиях постоянной цифровизации безопасность становится одним из важнейших аспектов [4]. Внедрение систем видеонаблюдения, анализа данных и искусственного интеллекта помогает выявлять потенциальные угрозы, предотвращать инциденты и обеспечивать безопасность как в энергетических объектах, так и в общественных пространствах.

Эффективное управление ресурсами становится краеугольным камнем устойчивости. Цифровые системы учета и контроля позволяют тщательно следить за расходом воды, газа и других ресурсов, сокращая потери и минимизируя воздействие на окружающую среду. В сфере умных транспортных систем цифровые технологии дополняются развитием электрификации и автономного транспорта, что способствует снижению выбросов и оптимизации транспортных потоков.

Системы умного дома и умные города становятся неотъемлемой частью цифровой революции в ЖКХ. Интеграция IoT и анализа данных улучшает комфорт жизни граждан, эффективное использование ресурсов и развитие устойчивой городской инфраструктуры [5].

Перспективы применения цифровых технологий в ТЭК и ЖКХ связаны с дальнейшим развитием искусственного интеллекта, расширением сетей IoT и внедрением технологий блокчейн. Умные города становятся реальностью, где все аспекты жизни интегрированы в одну цифровую экосистему.

Однако, для успешной реализации этих перспектив, необходимо преодолеть некоторые вызовы. Обучение персонала, обеспечение кибербезопасности и внедрение стандартов становятся критически важными шагами. Сотрудничество между государственными органами, частным сектором и обществом необходимо для создания устойчивых и инновационных технологических решений.

Таким образом, цифровые технологии изменяют лицо ТЭК и ЖКХ, делая их более эффективными, устойчивыми и безопасными. Переход к цифровому будущему требует долгосрочных инвестиций и согласованных действий всех заинтересованных сторон. Но перспективы эффективного управления ресурсами, снижения воздействия на окружающую среду и повышения качества жизни делают этот путь весьма обоснованным.

## Источники

1. Реброва О.В., Зарипова Р.С. Цифровизация сферы ЖКХ // Вектор развития управленческих подходов в цифровой экономике: матер. III Всерос. науч.-практ. конф. Казань, 2021. С. 285–287.

2. Дронина А.А., Зарипова Р.С. Современные проблемы и перспективы развития топливно-энергетического комплекса // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: матер. Междунар. науч.-техн. конф. Казань, 2023. С. 138–140.

3. Емдиханов Р.А., Смирнов Ю.Н. Основные этапы и стратегии успешной цифровой трансформации // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: матер. Междунар. науч.-техн. конф. Казань, 2023. С. 216–218.

4. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Применение искусственного интеллекта в сфере энергетики // Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование: матер. Междунар. науч.-техн. конф. Казань, 2023. Т. 2. С. 551–554.

5. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Проблемы и перспективы внедрения информационных и управляющих систем для энергетических объектов // Сб. ст. XX Всерос. студенческой науч.-практ. конф. Нижневартовского гос. ун-та. Нижневартовск, 2018. С. 147–149.

УДК: 621.352.6

# ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Тарасова Мария Владимировна[1], Закиров Ринат Нургалиевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]mv_tarasova@bk.ru, [2]zakirov.kgeu@mail.ru

В статье проанализирована научно-техническая информация о работе топливных элементов, приведены их виды и сравнение, изучен практический опыт внедрения топливных элементов. Представленный сравнительный анализ позволит предложить способ генерации электрической энергии на промышленных предприятиях.

**Ключевые слова:** топливный элемент, электрохимический генератор, электрохимическая реакция, электрическая энергия, гибридная энергоустановка, генерация.

# FUEL CELLS FOR GENERATION OF ELECTRIC POWER IN AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

Tarasova Maria Vladimirovna[1], Zakirov Rinat Nurgalievich[2]
[1,2] KSPEU, Kazan
[1]mv_tarasova@bk.ru, [2]zakirov.kgeu@mail.ru

The article analyzes scientific and technical information on the operation of fuel cells, provides their types and comparisons, and studies practical experience in the implementation of fuel cells. The presented comparative analysis will allow us to propose a method for generating electrical energy in industrial enterprises.

**Keywords:** fuel cell, electrochemical generator, electrochemical reaction, electric energy, hybrid power plant, generation.

В мире остро стоит проблема экологической составляющей энергетической системы. Большинство стран уже активно ведет политику декарбонизации. Популярность набирает водородная энергетика, использующая химическую энергию топлива методом обратного электролиза. Катализатор на аноде разделяет водород на протоны и электроны, а кислород направляется через электролит к аноду, где соединяется с водородом, образуя воду. Реакция сопровождается выделением тепла и электроэнергии. Данный метод используется и на электростанциях. Именно поэтому тема по изучению топливных элементов является актуальной.

Можно отметить 8 видов топливных элементов:

1. **Твердополимерный.** Электролит – твердополимерная мембрана. Используется в транспорте. Автомобиль на водороде – Toyota Mirai 2014.

2. **Щелочной.** Электролит – щелочь (KOH, NaOH). Используется в космических кораблях. НАСА использует щелочные топливные элементы с середины 60-х годов, в серии аппаратов Аполлон и Спейс Шаттл [1, С.197].

3. **Фосфорно-кислотный.** Электролит – фосфорная кислота ($H_3HO_4$). Используется в средних стационарных установках. Наиболее известной является система ONSI PC25 фирмы UTS Fuel Cells [2, С.6].

4. **На расплаве карбоната.** Электролит – смесь расплавленных карбонатных солей ($LiKCO_3$, $LiNaCO_3$). Используются в средних и больших стационарных установках. Выпускаются теплоэнергетические установки с выходной электрической мощностью 2,8 МВт [3].

5. **С прямым окислением метанола.** Электролит – протоннообменная мембрана. Применяют в области питания техники. «Toshiba» в 2003 г. продемонстрировала портативное устройство с мощностью 100мВт [4].

6. **Полимерный электролитный.** Электролит – полимерная мембрана. Используются в транспорте, небольших установках.

7. **Твердокислотный.** Электролит – дигидрофосфат цезия ($CsH_2PO_4$). В топливном элементе расположен очень тонкий слой твердокислотного компаунда между двумя сжатыми электродами [3].

8. **Твердооксидный.** Электролит – мембрана из твёрдого оксида ($ZrO_2$, $CeO_2$, $Y_2O_3$). В качестве топлива используются различные газы, которые можно применить в газотурбинной или газопоршневой установке.

Характеристики топливных элементов

| Мощность | Ресурс, ч | Температура, °С | КПД, % | Тип топлива | Материал | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Анод | Катод |
| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* |
| Твердополимерный | | | | | | |
| ~ 100 кВт | До 20 000 | 30–100 | 35–50 | Чистый водород | Pt/C, Pt-Ru/C | Pt/C |
| Щелочной | | | | | | |
| ~ 100 кВт | До 10 000 | 50–200 | 40–65 | Чистый водород | Pt/C, Pt-Co/C, Pt-Pd/C | Ni (Pt) |
| Фосфорно-кислотный | | | | | | |
| ~ 200 кВт | До 50 000 | 100–220 | 35–40 | Чистый водород | Pt/C, Pt-Ru/C | Pt/C, Pt-$WO_3$/C |
| На расплаве карбоната | | | | | | |
| Более 1 МВт | До 20 000 | 550–700 | 50–70 | Углеводородное | Ni-Al. Ni-Cr | $LiFeO_2$ |
| С окислением метанола | | | | | | |
| ~ 1 кВт | 5–20 | 20–90 | 20–30 | Метанол | Pt-Ru | Pt |

Окончание таблицы

| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Полимерный электролитный | | | | | | |
| ~ 250 кВт | До 20 000 | 30–100 | 35–50 | Чистый водород | Pt/C, Pt-Ru/C, Ni (Pt), Co (Pt) | Pt |
| Твердокислотный | | | | | | |
| ~ 250 кВт | До 20 000 | 200–300 | До 50 | Углеводородное | Pt/Ru | Pt |
| Твердооксидный | | | | | | |
| Более 1 МВт | До 60 000 | 450–1000 | 45–70 | Углеводородное топливо | Ni, NiO | $LaSrMnO_3$ |

Одна из электростанций – установка мощностью 19,8 МВт – расположена в Хвасунге на основе твердооксидных топливных элементах [5]. Для выработки электроэнергии на предприятии целесообразнее использовать гибридные установки с высокотемпературными топливными элементами, наиболее подходят твердооксидные. Они имеют высокий КПД, экологичны, но обладают высокой стоимостью (~5 тыс. руб. за кВт) и низким сроком службы.

Таким образом, если перед предприятием стоит задача снизить выбросы вредных веществ, то гибридные установки с топливными элементами является наилучшим выбором генерации электроэнергии.

## Источники

1. Дальков А.В., Седнин В.А. Топливные элементы // Актуальные проблемы энергетики: матер. 69-й науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. Минск, 2004. С.195–199.

2. Твердооксидные топливные элементы: проблемы, пути решения, перспективы развития и коммерциализации: аналитический обзор. М., 2015. 21 с.

3. Топливные элементы. Устройство, виды, принцип действия топливных элементов [Электронный ресурс]. URL: https://eti.su/articles/over/over_1544.html (дата обращения: 23.10.2023).

4. Топливный элемент как альтернатива «альтернативной» энергетики [Электронный ресурс]. URL: https://eneca.ru/novosti/energetika-i-energoeffektivnost/toplivnyy-element-kak-alternativa-alternativnoy-energetiki (дата обращения: 21.10.2023).

5. Новые электростанции на топливных элементах [Электронный ресурс]. URL: https://leg.co.ua/stati/novye-elektrostancii-na-toplivnyh-elementah.html (дата обращения: 27.10.2023).

УДК 536.46, 532.517

# ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ В СФЕРЕ РАЗРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВЫХ ГОРЕЛОК ЕММА-С МОЩНОСТЬЮ ОТ 0,6 ДО 12 МВт ДЛЯ ТЭК

Телешев Игорь Васильевич[1], Саушин Илья Ирекович[2],
Телешев Михаил Игоревич[3], Гольцман Анна Евгеньевна[4]
[1,3]ООО НПП «ПРОМА», г. Казань
[2,4]ФИЦ КазНЦ РАН, г. Казань
[1,3]teleshev@promav.ru, [2,4]ilyasaushin@mail.ru

Разработка конструкций серии газовых горелок затрагивает сразу несколько отдельных фундаментальных научных направлений и осложнено проблемой сохранения широкого спектра безразмерных комплексов подобия гидродинамических и химических процессов. На примере горелок серии ЕММА-С ООО НПП «ПРОМА» в статье проанализированы основные преимущества и недостатки использование современных методов моделирования процессов течения и горения смеси сплошных сред в цифровом двойнике изделия при инженерном проектировании от эскиза до запуска изделия в серию.

**Ключевые слова:** газовая горелка, численное моделирование, ЕММА, водогрейный котел, горение, центробежный насос, ПРОМА.

# INNOVATIVE MODELING TECHNOLOGIES IN DEVELOPMENT OF EMMA-C INDUSTRIAL GAS BURNERS WITH POWER FROM 0,6 TO 12 MW FOR FUEL & ENERGY COMPLEX

Teleshev Igor Vasilievich[1], Saushin Ilya Irekovich[2],
Teleshev Mikhail Igorevich[3], Goltsman Anna Evgenievna[4]
[1,3]OOO NPP “PROMA”, Kazan
[2,4]FRC KazSC RAS, Kazan
[1,3]teleshev@promav.ru, [2,4]ilyasaushin@mail.ru

Design engineering for a series of gas burners affects several separate fundamental scientific areas at once and is complicated by the problem of maintaining a wide range of dimensionless similarity group of hydrodynamic and chemical processes. Using of EMMA-C series burners (OOO NPP PROMA) as example, the main advantages and disadvantages of using modern methods for simulation of flow and combustion of a continuous media mixture in a digital twin of the product during design engineering from the sketch to the launch of the product in series.

**Keywords:** gas burner, numerical simulation, EMMA, hot water boiler, combustion, centrifugal pump, PROMA.

Сжигание природного газа является одним из наиболее распространенных видов получения тепловой и электрической энергии для ТЭК. С точки зрения химии, процесс горения метана достаточно тривиален и хорошо изучен. Однако помимо обеспечения необходимого соотношения компонентов стехиометрической горючей смеси важную роль играет процесс смесеобразования и газодинамическая картина течения многофазной смеси, которые происходят в факеле горелочного устройства. Неполное сжигание метана приводит сразу к нескольким негативным последствиям, например, превышению содержания оксидов углерода (CO, $CO_2$) и азота ($NO_x$) в продуктах сгорания. Экспериментальное измерение полей химических соединений, для которого используется метод лазерно-индуцированной флуоресценции (LIF, PLIF) [1] или комбинированные PIV/PLIF измерения, требует дорогостоящего лабораторного оборудования, сложных ресурсозатратных алгоритмом сбора и обработки данных. Не менее сложными являются измерения полей высоких температур сажи (метод двухцветной пирометрии [1]), полей скорости внутри факела (метод PIV [1]) и интенсивность его закрутки [2]. Поэтому подобные измерения используются лишь в фундаментальных лабораторных исследованиях процесса горения и их сложно реализовать при натурном испытании крупногабаритных промышленных горелок большой мощности. На практике используют более простые методы радиометрии, пирометрии и термоанемометрии [3-5]. Помимо расчета процессов смешивания и горения компонентов смеси в проектировании горелки возникают проблемы обеспечения расчетного расхода воздуха, который обеспечивается работой центробежного насоса с фиксированными напорными характеристиками. При этом величина создаваемого динамического напора сильно зависит от гидравлического сопротивления проточного тракта горелки и противодавления камеры сгорания котла. Отдельной научной проблемой является масштабирование горелки на другую мощность. В отличии, например, от трубного течения, где гидродинамическое подобие течения обеспечивается сохранением величины числа Рейнольдса, в случае течения, смешивания и горения сплошных сред в горелки количество безразмерных комплексов составляет более 10. Поэтому при переходе от одного масштаба к другому невозможно обеспечить полное подобие всех процессов. Линейный ряд серии газовых горелок является набором разных изделий, каждое из которых требует отдельного проектирования.

Таким образом, проектирование газовой горелки с низким содержанием вредных веществ, заданными габаритами факела, тепловой мощности и другими параметрами требует тщательного и продолжительного исследования на этапе разработки.

По примеру ведущих мировых производителей промышленных горелок в ООО «ПРОМА» для разработки новой серии газовых горелок EMMA-C с мощностью от 0.6 до 12 МВт и более были использованы методы численного моделирования цифровых двойников изделия (рис. 1).

Процесс проектирования горелки начинается с гидродинамического расчета методами RANS и URANS работы центробежного вентилятора воздуха, по результатам которого оптимизируется рабочее колесо вентилятора и проточная часть горелки с целью уменьшения гидравлических потерь, влияющих на энергопотребление двигателя. На основе результатов этих расчетов (рис. 2) составляются карты режимов допустимого противодавления в камере сгорания котла и выходной мощности горелки.

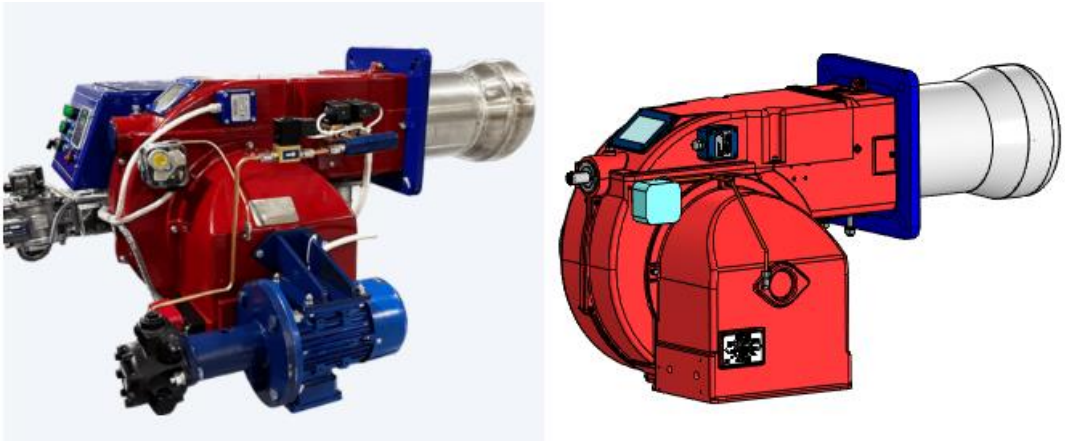


Рис. 1. Блочная газовая горелка серии EMMA (*слева*) и цифровой двойник (*справа*)

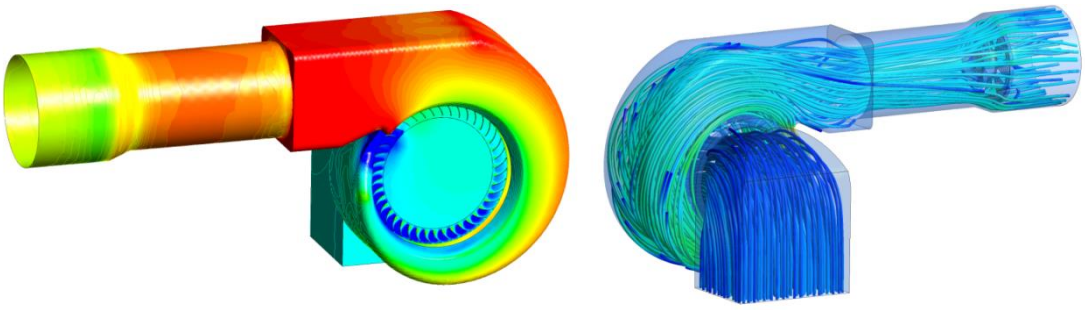


Рис. 2. Поле давления, создаваемое вращением колеса центробежного вентилятора (*слева*) и линии тока (*справа*)

После обеспечения необходимых расходов и стехиометрических пропорций компонентов реакции горения смеси на втором этапе проектирования приводятся расчеты эффективности смешивания компонентов смеси

(рис. 3), теплового состояния элементов горелки, полей концентраций компонентов реакции горения ($CH_4$, $O_2$) и продуктов сгорания ($CO_2$, $H_2O$, CO, $NO_x$). По результатам этих расчетов оптимизируются элементы горелочного устройства, выбираются участки подачи топлива в поток окислителя. При необходимости проводятся расчеты горелочного устройства в составе котла заказчика горелки, в том числе рассчитывается, например, процесс нагрева воды или парообразования. На рис. 4 показано сопоставление расчетного факела цифрового двойника изделия и фотографии реального горения в горелке ЕММА-С.

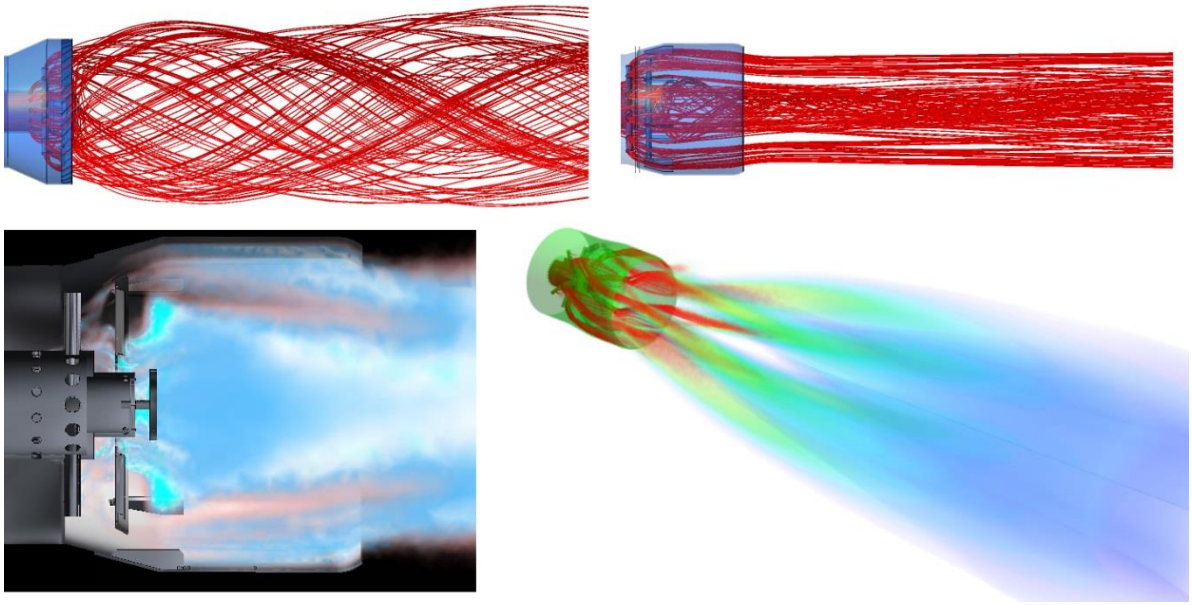


Рис. 3. Поле давления, создаваемое вращением колеса центробежного вентилятора (*слева*) и линии тока (*справа*)

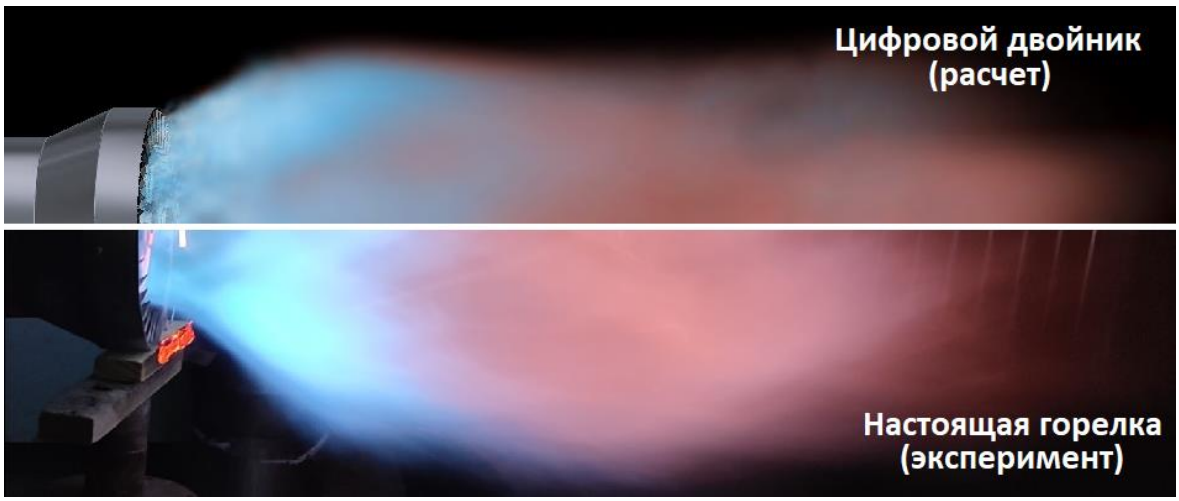



Рис. 4. Сопоставление расчетного факела цифрового двойника изделия и фотографии реального горения в горелке ЕММА-С

Представленный краткий обзор потенциала использования методов численного моделирования наглядно показывает преимущества использования инновационных технологий при проектировании промышленных горелочных устройств. В процессе расчета выявляются и исправляются все недостатки конструкции и открывается доступ к полям характеристик, которые почти невозможно измерить экспериментально. К недостаткам численных методов относятся высокая вычислительная затратность подобного расчета (количество расчетных доменов составляет порядка 10 млн.) и модельный поход к расчету турбулентности и реакции горения. Однако совокупный анализ результатов расчета с результатами натурных испытаний горелочного устройства позволяет достичь решения задачи создания надежного, эффективного и экологически безопасного горелочного устройства.

Работа выполнена при финансовой поддержке ООО НПП «ПРОМА» и ФИЦ Казанский научный центр РАН (проект № FMEG-2021-0001).

## Источники

1. Soot formation and flame structure in swirl-stabilized turbulent non-premixed methane combustion / Wang L.Y. [et al.] // Combustion and Flame. 2019. Vol. 209. Pp. 303–312.

2. Experimental and numerical study on bluff-body and swirl stabilized diffusion flames / Tong Y. [et al.] // Fuel. 2018. Vol. 217. Pp. 352–364.

3. Тепловые потоки от факела в котлах с различной компоновкой горелок / Салтанаева Е.А. [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19, № 9-10. С. 50–58.

4. Influence of the sampling probe on flame temperature, species, residence times and on the interpretation of ion signals of methane/oxygen flames in molecular beam mass spectrometry measurements / Karakaya Y. [et al.] // Combustion and Flame. 2021. Vol. 229. DOI: https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2021.02.034.

5. Ахметова Р.В., Звонарева Ю.Н., Шорохов И.Р. Разработка и исследование энергоэффективных методов сжигания газового топлива в энергетических системах // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 1 (53). С. 13–23.

УДК 697.3

# ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ДЛЯ ВОДЯНОЙ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

Терентьев Даниил Александрович[1], Саитов Станислав Радикович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]daniil031003@mail.ru, [2]caapel@mail.ru

В докладе приводятся результаты обзора различных диапазонов скоростей теплоносителя, их последствия на тепловую систему.

**Ключевые слова:** тепловая сеть, теплоноситель, диапазон скоростей

# JUSTIFICATION OF OPTIMUM COOLANT SPEED FOR WATER HEATING NETWORK

Terentev Daniil Aleksandrovich[1], Saitov Stanislav Radikovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]daniil031003@mail.ru, [2]caapel@mail.ru

The report presents the results of a review of various ranges of coolant velocities and their consequences on the thermal system.

**Keywords:** thermal network, coolant, speed range.

Выбор скорости теплоносителя – это важный аспект при проектировании и эксплуатации систем отопления, который оказывает непосредственное воздействие на их надежность и экономическую эффективность. Для построения оптимальной тепловой сети, необходимо учесть ряд факторов, связанных со скоростью движения теплоносителя.

На нижнем пределе диапазона (меньше 0,5 м/с) необходимо предотвратить замерзание сетевой воды в трубопроводах, особенно при надземной прокладке и плохой теплоизоляции. Кроме того, медленное движение воды может привести к накоплению осадков на внутренних стенах трубопроводов, что уменьшает их пропускную способность и требует частой чистки.

Ученые из Канады Эндрю Макдональд, Бен Бшемен, Эрик Салливан и Рик Марсден пришли к следующим заключениям [1]:

1. Модель продемонстрировала точность прогнозирования времени замораживания воды в стальных и медных трубах различного внутреннего диаметра, а также в изолированных трубах. Его результаты свидетельствуют о том, что метод может применяться для решения задач с движущимися потоками воды.

2. В ходе экспериментов были измерены временные изменения температуры воды в стальной трубе при температурах в диапазоне от –25 до –5 °С. Внутри трубы оставался воздушный зазор объемом 10 %, чтобы избежать излишнего увеличения давления жидкости во время замораживания.

3. Исследователи разработали математическую модель уравнения теплопроводности для оценки времени замораживания жидкости в трубе.

Исходя из проделанного эксперимента можно сделать вывод, что низкая циркуляция сетевой воды способствует остыванию и, в итоге, замерзанию воды.

Следующим аспектом является увеличение внутреннего диаметра трубопровода при снижении скорости воды, что, в свою очередь, приводит к более высоким капитальным затратам на тепловую сеть. Экономические соображения также подтверждают необходимость соблюдения этого диапазона [2].

С другой стороны, верхний предел допустимой скорости (больше 3,0 м/с) связан с рисками гидравлического удара сети. При более высоких скоростях возрастают потери напора на трение и в местных сопротивлениях, что приводит к повышенному энергопотреблению насосов для транспортировки сетевой воды. Это также может вызвать гидравлические шумы, которые могут быть нежелательными в жилых и коммерческих зданиях [2].

Ученые Лоуренс Г. Бриттон, Рональд Дж. Уилли из Американского института провели исследования, направленные на предотвращение гидроударов [3].

Основываясь на их работе можно сделать следующие выводы:

1. Уменьшить скорость потока или увеличить диаметр трубы, чтобы снизить турбулентность и потери энергии в системе.

2. Использовать многооборотные клапаны и избегать четверть оборотных, чтобы управлять потоком и предотвращать резкие изменения давления.

3. Устранить воздушные карманы и конденсат перед запуском системы, и использовать противоперегрузочные баки и устройства для подавления перенапряжений, чтобы обеспечить безопасность и надежность работы системы.

В диапазоне скоростей от 0,5 до 3,0 м/с заключается оптимальное значение для движения теплоносителя. Этот интервал не только удовлетворяет технические требования, но и учитывает разнообразные аспекты функционирования тепловых сетей.

Реализация на практике рассмотренных диапазонов скоростей позволит, в будущем, избежать проблем с обслуживанием тепловых сетей и их эксплуатации.

## Источники

1. Mathematical simulation of the freezing time of water in small diameter pipes / A. McDonald [et al.] // Applied Thermal Engineering. 2014. Vol. 73, Iss. 1. Pp. 142–153.

2. Саитов С.Р., Карачурин Б.Р., Сидоров М.В. Прогнозирование пиковых часов энергосбытовых компаний, входящих в реестр гарантирующих поставщиков АО «АТС» // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4 (56). С. 59–68.

3. Laurence G. Britton., Ronald J. Willey. Avoiding water hammer and other hydraulic transients [Электронный ресурс] // Process Safety Progress. URL: https://doi.org/10.1002/prs.12517 (дата обращения: 10.11.2023).

УДК 621.438

# УТИЛИЗАЦИЯ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА ДЛЯ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Терская Арина Алексеевна[1], Саитов Станислав Радикович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]terskaya.arina@yandex.ru

В работе оценивается перспектива утилизации попутного нефтяного газа, рассматриваются преимущества и недостатки процесса утилизации.

**Ключевые слова:** попутный нефтяной газ, газотурбинная установка, утилизация, ресурс.

# UTILIZATION OF ASSOCIATED PETROLEUM GAS AS FUEL FOR GAS TURBINE INSTALLATIONS OF THERMAL POWER PLANTS

Terskaya Arina Alekseevna[1], Saitov Stanislav Radikovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]terskaya.arina@yandex.ru

This report discusses the principle of utilization of associated petroleum gas, the advantages and disadvantages of this method.

**Keywords:** associated petroleum gas, gas turbine installation, utilization, resource.

Утилизация попутного нефтяного газа в качестве топлива для газотурбинных установок (ГТУ) тепловых электростанций (ТЭС) является одним из важных направлений развития энергетической отрасли, которое обеспечивает рациональное использование природных ресурсов и снижение негативного влияния на окружающую среду. Попутный нефтяной газ – это природный газ, который сопровождает извлечение и скважинную добычу нефти, и обычно сжигается факельным методом из-за отсутствия эффективных механизмов его утилизации. Запасы попутного нефтяного газа оцениваются примерно в 17 % мировых запасов природного газа, причем большая часть этого газа добывается в небольших масштабах.

В 1992 году ОАО «Авиадвигатель» и ОАО «Пермский моторный завод» успешно освоили технологию конверсии авиационных двигателей в ГТУ наземного применения. Эти установки работают на природном газе, попутном нефтяном газе. Газотурбинные установки эффективно превращают энергию газа в механическую и затем в электрическую энергию.

При этом удельный расход топлива и выбросы вредных веществ существенно ниже по сравнению с вариантом, в котором попутный нефтяной газ сжигается без какой-либо утилизации [1].

Утилизация попутного нефтяного газа имеет преимущества и недостатки. Преимущества:

1. Снижение выбросов парниковых газов, таких как углекислый газ ($CO_2$) и метан ($CH_4$). Природные ресурсы попутного нефтяного газа не только содержат ценные углеводороды, но и являются большим источником парниковых газов в атмосфере, что оказывает отрицательное влияние на изменение климата. Утилизация газа позволяет сократить выбросы парниковых газов и снизить их воздействие на окружающую среду.

2. Экономическая эффективность. Попутный нефтяной газ, обычно сжигаемый без какой-либо пользы, является дополнительным ресурсом, который можно использовать для генерации электроэнергии. Утилизация позволяет снизить затраты на проведение работ по обезвреживанию газа и создает дополнительный источник дохода для компаний, добывающих нефть. Кроме того, снижение потребности в природном газе в качестве топлива способствует экономии энергоресурсов и уменьшению зависимости от импорта газа.

Недостатки:

1. Стабильность поступления газа и его качество могут сильно варьироваться в зависимости от региона и условий добычи нефти. Кроме того, требуется соответствующая инфраструктура и технические средства для утилизации газа, что может потребовать дополнительных инвестиций.

2. Утилизация попутного нефтяного газа в качестве топлива для ГТУ ТЭС позволяет эффективно использовать негативный побочный продукт нефтедобычи и снизить возможные негативные последствия для окружающей среды. При правильной реализации данной технологии, бизнес и экология могут быть приведены в равновесие, обеспечивая одновременно экономические и экологические выгоды. Утилизация попутного нефтяного газа является важным шагом в энергетической трансформации, направленной на устойчивое развитие и сокращение выбросов парниковых газов [2–5].

## Источники

1. Овчинников К.А. Переработка попутного нефтяного газа в электроэнергию с помощью газотурбинных двигателей // Ашировские чтения. 2020. Т. 1, № 1 (12). С. 44–48.

2. Фахразиев И.И. Исследование возможности применения газотурбинных установок для утилизации попутного нефтяного газа с высоким содержанием азота на нефтяных месторождениях Удмуртской Республики // Интеллектуальные системы в производстве. 2017. Т. 15, № 4. С. 109–117.

3. Галеева А.Ф. Проблемы использования попутного нефтяного газа в России // Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология – 2020): матер. XVI Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. Уфа, 2020. Т. 2. С. 132–136.

4. Саитов С.Р., Карачурин Б.Р., Сидоров М.В. Прогнозирование пиковых часов энергосбытовых компаний, входящих в реестр гарантирующих поставщиков АО «АТС» // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4 (56). С. 59–68.

5. Саитов С.Р., Чичирова Н.Д., Чичиров А.А. Баромембранные технологии в схеме водоподготовки Уфимской ТЭЦ-1 // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 2 (34). С. 58–67.

УДК 621.438

# ТЕХНОЛОГИЯ 3D-ПЕЧАТИ ЛОПАТОК ГАЗОВЫХ ТУРБИН

Ульянов Александр Александрович[1], Бабиков Олег Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]ulyanovalexsandr@mail.ru

В машиностроительной отрасли все более широкое применение находят аддитивные технологии для 3D-печати элементов оборудования. Использование подобных технологий позволяет получать изделия с заранее просчитанной с помощью математического моделирования геометрией и с заданным набором свойств. В данной работе рассматривается технология 3D-печати лопаток газовых турбин методом прямого осаждения металла (DMD).

**Ключевые слова:** газовая турбина, аддитивные технологии, 3D-печать, лопатка газовой турбины

# 3D PRINTING TECHNOLOGY FOR GAS TURBINE BLADES

Ulyanov Alexander Alexandrovich[1], Babikov Oleg Evgenievich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]ulyanovalexsandr@mail.ru

In the mechanical engineering industry, 3D printing technologies or additive technologies are increasingly being used. This is due to the fact that the use of such technologies makes it possible to obtain high-quality products with a given set of properties and in a relatively short period of time. This paper discusses 3D printing technologies for gas turbine blades.

**Keywords:** gas turbine, additive technologies, 3D printing, gas turbine blade

В настоящее время аддитивное производство металлических компонентов позволяет создавать изделия с такой геометрической сложностью и в таком объеме, с которым не могут конкурировать традиционные методы изготовления при сопоставимых или меньших материальных затратах.

Технология прямого осаждения металла (Direct Metal Deposition, DMD) является наиболее подходящей для изготовления и ремонта лопаток газовых турбин [1]. Изначально создается 3D модель изделия, которая разбивается на множество слоев. Каждый слой представляет собой тонкий слой металла, который наносится с помощью специального оборудования на подложку. В технологии DMD используются металлические порошки, которые подаются в луч лазера с помощью газа или воздуха. Лазерный луч расплавляет порошок, и он мгновенно прилипает к поверхности подложки. Таким образом, создается деталь с заданной формой и размером [2].

Одним из ключевых преимуществ DMD является способность формировать многослойное покрытие с высочайшей степенью плотности, что существенно улучшает прочность и износостойкость материала, делая его устойчивым к различным механическим и термическим воздействиям. Такое свойство покрытия особенно важно в условиях, где следует обеспечить долговечность и надежность металлического покрытия, например, при работе лопаток газовых турбин.

Кроме того, металлическое покрытие на DMD обладает высокой химической стойкостью, что способствует ему выдерживать воздействие кислот, щелочей, солей и других химических веществ без потери своих свойств и качеств [3].

Для изготовления лопаток газовой турбины методом прямого осаждения металла используется кобальтникелевый суперсплав. Данные лопатки способны выдержать вращение с частотой 13000 оборотов в минуту и имеют рабочую температуру выше 1250 °C [4].

Можно выделить следующие преимущества технологии DMD, позволяющие использовать ее в энергетике и машиностроительной отрасли:

– возможность создания сложных металлических деталей без использования форм, что упрощает производственный процесс и снижает затраты на изготовление;

– высокая точность и качество деталей. DMD позволяет создавать высокодетализированные образцы с минимальными дефектами, которые готовы к использованию после процесса осаждения;

– экономическая эффективность. Процесс DMD можно использовать для обновления, ремонта и модификации деталей, что снижает затраты на приобретение новых компонентов и повышает производительность процесса. Кроме того, аддитивные технологии позволяют изготавливать детали сложной формы в небольших масштабах, что при использовании традиционных технологий экономически нецелесообразно.

Еще одним важным преимуществом данной технологии является возможность полной автоматизации процесса аддитивного производства от стадии проектирования до изготовления. Это позволяет ускорить производственный процесс и снизить человеческий фактор.

В настоящее время общим недостатком всех аддитивных технологий является необходимость механической постобработки изделия, то есть применения дополнительного оборудования. Также значительными недостатками установок DMD являются их высокая стоимость по отношению к другим установкам аддитивных технологий и высокое энергопотребление.

Основными пользователями технологий аддитивного производства являются аэрокосмическая, автомобильная и электротехническая отрасли. Такие компании, как TWI LTD, используют технологию DMD для производства ряда компонентов для Airbus и Messier Dowty (Франция), а именно корпуса турбины, элементов охлаждения и цилиндров двигателей. В список компаний, специализирующихся на применении технологии DMD, можно внести DMG Mori (Германия), Optomec (США), CNC (США) и Insstek (Тайвань). Технология также широко используется для быстрого создания прототипов и ремонта таких компонентов, как лопатки турбин.

## Источники


1. Передовые технологии аддитивного производства металлических изделий / А.А. Осколков // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. 2018. Т. 20, № 3. С. 90–105.
2. Разработка модели для печати лопаток турбин на 3D-принтере / В.О. Ерошенко [и др.] // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2023. Т. 21, № 1. С. 82–92.
3. Dmd прямое осаждение металла [Электронный ресурс]. URL: https://yourknives.ru/metall/dmd-pryamoe-osazdenie-metalla (дата обращения: 30.10.2023).
4. Siemens завершает ключевые испытания напечатанных на 3D-принтере лопаток газовой турбины [Электронный ресурс]. URL: https://www.reuters.com/article/us-siemens-turbines-3d-idINKBN15L103 (дата обращения: 30.10.2023).

УДК 621.548

# АКТУАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ИЗ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ ТЭС

Халиулина Камиля Ренатовна[1], Бабиков Олег Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]kamilya2512@gmail.com

В процессе эксплуатации ТЭС образуются дымовые газы, которые являются основным источником загрязнения атмосферы. Уменьшение вредных выбросов ТЭС, является важной задачей в борьбе с глобальным потеплением. В данной статье рассматривается технология улавливания и хранения диоксида углерода $CO_2$ (Carbon capture and storage – CCS), позволяющая реализовать цели декарбонизации энергопроизводства.

**Ключевые слова:** диоксид углерода, адсорбция, улавливание, тепловые электрические станции, уходящие газы.

# CURRENT WAYS TO REDUCE CARBON DIOXIDE EMISSIONS FROM FLUE GASES OF TPP

Khaliulina Kamilya Renatovna[1], Babikov Oleg Evgenevich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]kamilya2512@gmail.com

During the operation of thermal power plants, flue gases are generated, which are the main source of air pollution. Reducing harmful emissions from thermal power plants is an important task in the fight against global warming. This article examines $CO_2$ carbon capture and storage (CCS) technology to help meet energy decarbonization goals.

**Keywords:** carbon dioxide, adsorption, capture, thermal power plants, exhaust gases.

С развитием промышленности, увеличением численности населения в мире растет и потребность в энергии, что неизбежно ведет к большим выбросам вредных веществ в атмосферу в результате работы тепловых электрических станций (ТЭС). Оксиды углерода являются одними из главных загрязняющих выбросов пылеугольных ТЭС, на которые приходится примерно треть вырабатываемой мощности в мире. Согласно данным Global Energy Monitor на июль 2023 г. годовой объем выбросов диоксида углерода в результате работы угольных электростанций в РФ составил 218 млн т, а в Китайской Народной Республике – 5021 млн т [1].

Увеличение концентрации оксидов углерода в атмосфере ведет к повышению средней температуры планеты, что в свою очередь вызывает вымирание биологических видов, оказывает негативное влияние на здоровье человека, приводит к увеличению частоты и масштаба неконтролируемых природных катаклизмов: наводнений, засух, ураганов.

Учитывая важность снижения выбросов углерода в энергетике и промышленности, многие страны заявили, что пытаются достичь углеродной нейтральности. Политику декарбонизации утвердили в 2015 г. в рамках Парижского соглашения, к которому на сегодняшний день присоединились 194 страны [2]. В России в 2023 г. указом президента была утверждена новая климатическая доктрина, в которой декларирована цель достижения углеродной нейтральности к 2060 г. [3].

Одной из современных и развивающихся технологий для достижения поставленной цели является улавливание и хранение $CO_2$ (Carbon capture and storage – CCS). Она состоит из трёх основных частей:

– улавливание углекислого газа при сжигании топлива или в промышленных технологических процессах;

– транспортировку поглощенного диоксида углерода;

– хранение глубоко под землей в геологических формациях.

Улавливание возможно осуществлять несколькими методами: адсорбция твердыми веществами, технология кальциево-карбонатного цикла, каталитическое гидрирование, аминовая очистка, мембранная очистка. В данной работе более подробно предлагается рассмотреть метод аминовой и мембранной очистки.

Метод аминовой очистки заключается в том, что дымовые газы из парового котла поступают в абсорбер улавливающей установки. Там $CO_2$ вступает в реакцию с поглотителем, которым чаще всего является водный раствор моноэтаноламина. Очищенные от углерода газы поступают в дымовую трубу, а насыщенный углеродом абсорбент через рекуперационную установку направляется в отпарную колонну, где нагревается отборным паром из турбины, вследствие чего углекислый газ высвобождается из абсорбента. Отделенный газ сжимают и охлаждают для дальнейшей транспортировки и хранения.

К достоинствам данной технологии можно отнести простоту и надежность, возможность работы при различных давлениях, расходах и концентрациях кислых компонентов в исходном сырье. А недостатками являются высокая коррозионная активность моноэтаноламина и увеличение затрат на собственные нужды ТЭС для обеспечения работы насосов, холодильных аппаратов, компрессоров.

Мембранная очистка осуществляется в специальном улавливающем устройстве, которое делится на две рабочие зоны. Благодаря полупроницаемой структуре мембраны, установленной в установке, при попадании туда дымовых газов под давлением они разделяются на диоксид углерода и очищенные от него газы. Те компоненты дымовых газов, что легко проходят сквозь мембрану, направляются в дымовую трубу. Диоксид углерода задерживается мембраной и может быть отправлен на хранение. Для отделения $CO_2$ применяются полимерные мембраны, производимые с использованием каучука, тефлона, нейлона, полистирола, полиметилметакрилата и других материалов. Уловленный $CO_2$ по трубам перекачивается под землю на глубину нескольких километров, где полностью изолируется от атмосферы и не может приносить ей вред. Для хранения $CO_2$ наиболее безопасными, устойчивыми и доступными местами являются угольные пласты, залежи нефти и природного газа, базальтовые образования, соляные образования и сланцы.

Технология улавливания и хранения диоксида углерода (Carbon capture and storage – CCS) является перспективной для изучения и важной в достижении декарбонизации производства электроэнергии, но крайне затруднительной в исполнении при отсутствии развитой инфраструктуры, правовой базы и мотивации энергетических компаний.

## Источники

1. Global Energy Monitor [Электронный ресурс]. URL: https://globalenergymonitor.org/ (дата обращения: 30.10.2023).

2. Парижское соглашение [Электронный ресурс]. URL: https://www.un.org/ru/climatechange/paris-agreement (дата обращения: 30.10.2023).

3. Об утверждении климатической доктрины российской федерации: указ президента РФ 26 октября 2023 г. № 812 // ЭПС «Система Гарант» (дата обращения: 12.10.2023).

УДК 662.99

# МЕТОДЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ АВАРИЙ С УТЕЧКОЙ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ

Хуснутдинова Камилла Рифкатовна[1], Саитов Станислав Радикович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]kamel2003@mail.ru, [2]caapel@mail.ru

В докладе рассматривается разработка и применение методов локализации и предотвращения аварий с утечкой энергоносителей.

**Ключевые слова:** методы локализации, промышленные аварии, утечка энергоносителей, надежность.

# METHODS OF LOCALIZATION OF INDUSTRIAL ACCIDENTS WITH LEAKAGE OF ENERGY CARRIERS

Khusnutdinova Kamilla Rifkatovna[1], Saitov Stanislav Radikovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]kamel2003@mail.ru, [2]caapel@mail.ru

The report presents the development and application of methods for localization and prevention of accidents with leakage of energy carriers.

**Keywords:** localization methods, industrial accidents, energy leakage, reliability.

В современном промышленном производстве аварийные ситуации с утечкой энергоносителей являются серьезной проблемой, которая может привести к значительным материальным и экологическим последствиям. Поэтому разработка и применение методов локализации и предотвращения таких аварийных ситуаций является важной задачей.

Локализация аварийных ситуаций – это процесс определения местоположения возникшей проблемы в системе и выявления причин, которые привели к ее появлению. Этот процесс является неотъемлемой частью проведения ремонтных или восстановительных работ. Он позволяет определить, какие участки системы нуждаются в мероприятиях и какие конкретные действия должны быть предприняты для установления работоспособности [1].

По мере развития трубопроводной отрасли периодически происходят утечки. Так, в 2013 г. в Китае более 130 человек погибли или получили ранения в результате взрыва, вызванного утечкой нефти и газа в трубопроводе. Этот инцидент произошел из-за того, что небольшую утечку

было настолько трудно обнаружить и локализовать, что до ремонта трубопроводов произошла утечка большого количества природного газа. Таким образом, необходима разработка эффективного метода мониторинга утечек.

Ученые Сами Элауд, ТяньТянь Чжан, Цуйвэй Лю и Лэй Ни из Китайского университета нефти (Восточный Китай) разработали методы и системы обнаружения и локализации утечек, которые основаны на отрицательном давлении, модели переходного процесса и акустике для мониторинга трубопроводов.

Метод Элауда [2] состоит в использовании переходных волн отрицательного давления, инициируемых внезапным закрытием запорного клапана ниже по потоку. Утечка в трубе частично отражает эти волны давления, что позволяет её локализовать. Чжан предложил новый гибридный метод обнаружения и локализации утечек [3], основанный на методе моделирования переходных процессов в реальном времени в сочетании с методом волн отрицательного давления. В экспериментах этот гибридный метод успешно обнаруживал и локализовывал утечки в газопроводах и энергоносителях.

Лю использовал метод компьютерного моделирования гидродинамики в сочетании с экспериментальными исследованиями, что привело к извлечению точных временных различий и повышению точности локализации утечек, и созданию, в последствии, модель генерации динамических волн давления [4].

Для оценки методов локализации используются следующие показатели:

1) чувствительность, относящаяся к наименьшей скорости утечки, которая может быть обнаружена;

2) точность определения местоположения, которая представляет расстояние от обнаруженного места утечки до фактического места утечки;

3) ложные тревоги – это предупреждения, возникающие при отсутствии утечки;

4) отсутствующие сигналы тревоги, которые относятся к отсутствию сигналов тревоги при возникновении утечки;

5) стоимость, т. е. деньги, затраченные на оборудование и техническое обслуживание.

## Источники

1. Саитов С.Р., Карачурин Б.Р., Сидоров М.В. Прогнозирование пиковых часов энергосбытовых компаний, входящих в реестр гарантирующих поставщиков АО «АТС» // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4 (56). С. 59–68.

2. Elaoud S., Hadj-Taïeb L., Hadj-Taïeb E. Leak detection of hydrogen–natural gas mixtures in pipes using the characteristics method of specified time intervals // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2010. Vol. 21. Pp. 637–645.

3. A novel hybrid technique for leak detection and location in straight pipelines / T. Zhang [et al.] // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2015. Vol. 35. Pp. 157–168.

4. Leakage monitoring research and design for natural gas pipelines based on dynamic pressure waves / C. Liu [et al.] // Journal of Process Control. 2017. Vol. 50. Pp. 66–76.

УДК 621.039.5

# ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В КОСМОСЕ

Чурикова Юлия Григорьевна[1], Бускин Руслан Владимирович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]churikovayulya05@mail.com

В статье рассматривается использование ядерной энергетики в космосе, ее положительные и отрицательные моменты, описаны основные трудности в эксплуатации.

**Ключевые слова:** ядерные энергетические установки, энергообеспечение, энерго-двигательная установка мегаваттного класса, транспортно-энергетический модуль.

# NUCLEAR POWER IN SPACE

Churikova Yulia Grigoryevna[1], Buskin Ruslan Vladimirovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]churikovayulya05@mail.com

The article discusses the use of nuclear energy in space, its positive and negative aspects, describes the main difficulties in operation.

**Keywords:** nuclear power plants, power supply, megawatt class power propulsion system, transport and energy module.

В настоящее время ядерная энергетика развивается во многих направлениях: сельское хозяйство, медицина, промышленность, космос. Также в последние годы приходит осознание значимости ядерной энергии в качестве стабильного ресурса [1].

В целом необходимость создания реакторов на космических аппаратах (КА) оправдана. При дальних экспедициях (например, на планеты солнечной системы) аппараты требуют использования высокопроизводительных энергетических установок, которыми являются ядерные источники [2].

Недавние достижения в ядерной энергетике могут позволить конструировать компактные ядерные энергетические установки (ЯЭУ), которые имеют явные преимущества перед альтернативными источниками энергии за счет затрат энергии и легкости регулирования мощности. Однако есть и свои минусы. При нештатных ситуациях (падение КА и т. д.) возможен радиационный взрыв, произойдет загрязнение. Также такая установка довольно недешевая, требует больших вложений.

Проблему радиоактивного загрязнения можно решить либо более коротким периодом полураспада ядер урана, чтобы, при возвращении на Землю, не происходили выбросы, либо нужна установка трудноразрушаемых оболочек. Такой оболочкой является монокристаллический сплав тугоплавких металлов на основе молибдена.

В целом проект транспортно-энергетического модуля (ТЭМ) на основе ядерной энерго-двигательной установки (ЯЭДУ) мега ваттного класса может решить задачи, недоступные для обычного химического топлива. Применение данной установки дает высокий импульс, который вырабатывается при маленьком расходе ядерного топлива. Благодаря ему, КА обладает большей маневренностью. Таким образом на орбиту можно вывести объекты, больше по массе, за счет уменьшения топливных баков [3].

Для полетов в дальний космос использование ЯЭУ практически не имеет альтернативы. Оно может быть использовано не только для жизнеобеспечения экипажа и питания аппаратуры, но и для самого ракетного двигателя.

В США разрабатывают проект JIMO. Это создание межпланетной станции, использующей ядерное топливо как основной источник энергии для электрореактивной двигательной установки, а также для аппаратуры научной деятельности. Ядерная установка этого аппарата даст в 100 раз больше энергии, чем установки, которые применяли до этого. Так как выработка энергии вырастет, откроются новые возможности для исследований.

Большое значение придавалось обеспечению экологической безопасности на всех этапах эксплуатации КА с ЯЭУ. С учетом специфики работы реактора, накопления в нем радиоактивности и ее последующего спада были приняты следующие принципы обеспечения безопасности:

– сохранение реактора ЯЭУ без протекания деления до выхода КА на орбиту, в том числе при авариях;

– включение реактора только на рабочей орбите КА;

– обязательное выключение реактора после выполнения спутником заданной программы, а также при возникновении аварийной ситуации;

– изоляция ЯЭУ от населения Земли в течение времени, необходимого для снижения радиоактивности выключенного реактора до безопасного уровня;

– при невозможности изоляции – диспергирование ЯЭУ до уровней, обеспечивающих безопасность населения на территории выпадения фрагментов установки [4].

Таким образом, использование ядерных энергетических установок в космосе довольно перспективно, если проработать все минусы.

## Источники

1. Зорин В.М. Атомные электростанции: учеб. пособие. М.: Издательский дом МЭИ, 2017. 669 с.

2. Ядерные технологии: история, состояние, перспективы: учеб. пособие / А.А. Андрианов [и др.]. М.: НИЯУ МИФИ, 2012. 180 с.

3. Экономика энергетики: учеб. / Н.Д. Рогалев [и др.]. М.: НИУ МЭИ, 2021. 404 с.

4. Довгялло А.И. Бортовая энергетика: учеб. пособие. Самара: Самарский университет, 2019. 144 с.

УДК 621.355

# ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ СИНХРОННЫХ МАШИН В СИСТЕМАХ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Шайдуллина Алия Радиковна[1], Саитов Станислав Радикович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]shaidullimna.aliya03@gmail.com, [2]caapel@mail.ru

В данной работе исследуется использование виртуальной синхронной машины для поддержки динамического регулирования частоты в системах накопления энергии. Предлагаемая виртуальная синхронная машина представляет собой программно-технический комплекс, состоящий из силовой преобразовательной техники и алгоритмов управления.

**Ключевые слова:** система накопления энергии, виртуальная синхронная машина, энергосистема.

# APPLICATION OF VIRTUAL SYNCHRONOUS MACHINES IN ENERGY STORAGE SYSTEMS

Shaidullina Aliya Radikovna[1], Saitov Stanislav Radikovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]shaidullimna.aliya03@gmail.com, [2]caapel@mail.ru

This paper investigates the use of a virtual synchronous machine to support dynamic frequency control in energy storage systems. The proposed virtual synchronous machine is a software and hardware complex consisting of power converter technology and control algorithms.

**Keywords:** energy storage system, virtual synchronous machine, power system.

Система накопления энергии – многофункциональное устройство, которое одновременно управляет активной и реактивной мощностью, также используется для сохранения и хранения энергии для последующего использования. Если учитывать высокую стоимость накопителей, то рационально объединить в одном устройстве сразу несколько функций. Системы накопления позволяют решать сразу несколько задач:

1) повышение эффективности электростанций на основе ВИЭ и их слияние в традиционные энергосистемы;

2) автоматическое регулирование частоты и перетоков активной мощности. Любое нарушение баланса активной мощности приводит к изменению частоты в энергосистеме. Накопители позволяют автоматически поддерживать частоты в рамках нормативов;

3) стабилизация суточных графиков нагрузки. Накопитель энергии, имеющий большой энергоёмкостью и мощностью, приспособлен выравнивать график нагрузки. Стабилизация суточного графика позволяет уменьшить потребность в пиковой мощности энергосистемы и снизить перетоки мощности по линиям электропередач в периоды максимумов;

4) избежание снижения напряжения. Изменение режима работы энергосистемы, аварии приводят к изменениям уровней напряжения в сетях;

5) эксплуатация систем накопления противоаварийного управления.

Противоаварийная автоматика – это гарантия надежности электроэнергетической системы [1].

Виртуальная синхронная машина предназначена для поддержки динамического регулирования частоты в системах накопления энергии. Предлагаемая ВСМ включает в себя управление преобразователем сетки-интерфейса системы накопления энергии для эмуляции инерционной характеристики и демпфирующей мощности синхронного генератора.

Виртуальные синхронные машины (ВСМ) могут быть применены в системах накопления энергии для улучшения их производительности и эффективности. Вот несколько способов применения ВСМ в таких системах:

– моделирование и оптимизация: используя ВСМ, можно создать точную модель системы накопления энергии и провести различные оптимизационные анализы и симуляции;

– управление нагрузкой: с ВСМ можно эффективно управлять нагрузкой в системе накопления энергии. Виртуальные машины могут быть использованы для распределения нагрузки между различными элементами системы или для оптимизации распределения энергии во времени;

– контроль над работой системы: ВСМ позволяет контролировать и синхронизировать работу различных компонентов системы накопления энергии;

– устойчивость к сбоям: ВСМ позволяют создавать резервные системы и обеспечивать устойчивость работы системы накопления энергии в случае сбоев или отказов компонентов.

ВСМ, работающие на возобновляемых источниках энергии, предпочитают подключать накопитель энергии к линии постоянного тока с преобразователями постоянного тока.

Основной принцип работы виртуальной синхронной машины заключается в логике управления силовой преобразовательной техникой при помощи уравнений, описывающих поведение реального синхронного генератора. Виртуальные синхронные машины подразделяют на два типа: сетеформирующие и сетенасыщающие.

К сетеформирующим относят такие преобразователи, которые работают как синхронный генератор и выполняют функцию стабилизации выходного напряжения и частоты. Сетенасыщающие преобразователи формируют требуемое значение выходного тока, а при отсутствии сетевого напряжения берут на себя функции поддержания частоты и напряжения сетеформирующего преобразователя [3].

Таким образом, роль виртуальных синхронных машин в системах накоплении энергии будет становиться все более важной. Предоставляя надежный и рентабельный источник энергии, виртуальные машины могут помочь снизить затраты, повысить эффективность, надежность и гибкость, что является важным фактором в переходе к устойчивым и экологически чистым источникам энергии. [4].

## Источники


1. Системы накопления энергии: российский и зарубежный опыт / В.М. Зырянов [и др.] // Энергетическая политика. 2020. № 6 (148). С. 76–87.

2. Self-Tuning Virtual Synchronous Machine: A Control Strategy for Energy Storage Systems to Support Dynamic Frequency Control / Miguel A. Torres L. [et al.] // IEEE Transactions on Energy Conversion. 2014. Vol. 29. Pp. 833–840.

3. Волков А.Г., Сагайко Д.А. Исследование работы системы накопления электрической энергии в составе киберфизического стенда цифрового моделирования в реальном времени // Силовое и энергетическое оборудование. Автономные системы. 2019. Т. 2, № 4. С. 209–218.

4. Саитов С.Р., Чичирова Н.Д., Чичиров А.А. Баромембранные технологии в схеме водоподготовки Уфимской ТЭЦ-1 // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 2 (34). С. 58–67.

УДК 621.039

# СПОСОБ УТИЛИЗАЦИИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ НАГРЕТОЙ ВОДЫ БАССЕЙНОВ ВЫДЕРЖКИ АЭС

Шайхутдинов Ярослав Олегович[1], Грибков Александр Михайлович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]jara2105@mail.ru, [2]gribkovalmi@mail.ru

На данный момент в литературе, связанной с эксплуатацией бассейнов выдержки АЭС, не упоминается методов утилизации (использования) низкопотенциальной теплоты нагретой воды, циркулирующей в бассейне выдержки. В связи с этим был предложен авторский способ использования теплоты нагретой воды на выходе из бассейна выдержки.

**Ключевые слова:** бассейн выдержки, низкопотенциальная теплота, поверхностные теплообменники.

# METHOD FOR RECYCLING LOW-POTENTIAL HEAT OF HEATED WATER OF NPP SPENT FUEL POOL

Shaikhutdinov Yaroslav Olegovich[1], Gribkov Aleksandr Mihailovich[2]
[1,2] KSPEU, Kazan
[1]jara2105@mail.ru, [2]gribkovalmi@mail.ru

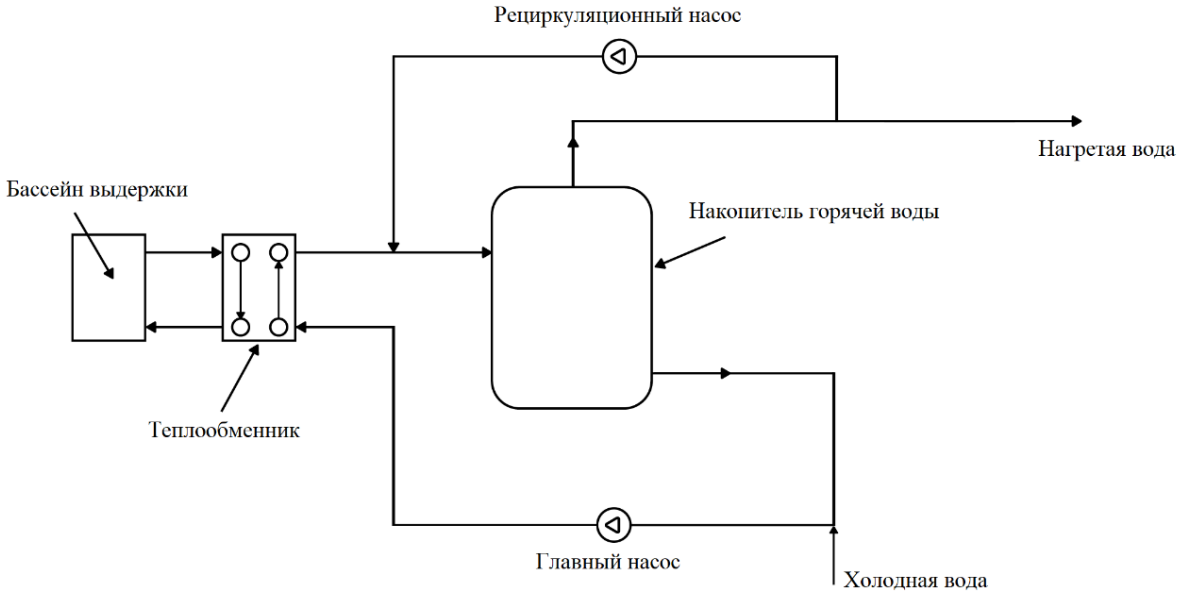
At the moment, in the literature related to the operation of cooling pools of nuclear power plants, there is no mention of methods for recycling (using) the low-potential heat of heated water circulating in the cooling pool. In this regard, the author's method of using the heat of heated water at the exit from the cooling pool was proposed.

**Keywords:** spent fuel pools, low-potential heat, surface heat exchangers.

После извлечения отработавших тепловыделяющих сборок из реактора они помещаются в бассейны выдержки для дальнейшего остывания. Отвод теплоты осуществляется за счет работы специальных насосов, с помощью которых в бассейнах циркулирует охлаждающая техническая вода группы «А» [1]. При этом в самом бассейне поддерживается температура около 50 °С [2].

Информации, связанной с дальнейшим использованием нагретой воды на выходе из бассейнов, на текущий момент найдено не было. В связи с этим был предложен способ утилизации низкопотенциальной теплоты нагретой воды с использованием поверхностного теплообменника.

Предлагаемая установка отражена на рисунке. Аналогичный способ изложен в статье [3], однако в источнике не рассматривается применение баков-аккумуляторов в пределах атомных электростанций (АЭС).




Использование накопительного резервуара

Ключевым отличием авторской схемы является ее применимость для АЭС. Установка работает следующим образом: в контур циркуляции борной охлаждающей воды внедряется дополнительный теплообменник на выходе из бассейна выдержки. В теплообменнике, помимо горячей воды, циркулирует холодная вода, которая охлаждает борную воду и, тем самым, нагревается. Нагретая вода скапливается в баке-аккумуляторе и отбирается оттуда в случае необходимости. Циркуляцию нагреваемой воды обеспечивает главный насос. Безопасность обеспечивается наличием теплообменника именно поверхностного типа, благодаря чему смешения сред не происходит.

Таким образом можно, например, предварительно нагревать химобессоленную воду, или же использовать нагретую воду для подмеса во внутристанционную систему ГВС, что позволит снизить затраты на ее приготовление.

К недостаткам схемы можно отнести достаточно невысокую температуру нагретой воды, так как с учетом температурного напора теплообменника она будет составлять менее 50 °С. В связи с этим такую воду нельзя будет использовать как основную в системе ГВС, согласно п. 2.4 СанПиН 2.1.4.2496-09 «Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения».

## Источники

1. Safety Issues and their Ranking for WWER-1000 Model 320 Nuclear Power Plants: a Publication of the Extrabudgetary Programme on the Safety of WWER and RBMK Nuclear Power Plants / International Atomic Energy Agency (IAEA). Vienna, Austria, 1996. Vol. 28, Iss. 15. 477 p.

2. От физических основ эксплуатации до эволюции проекта / С.А. Андрушечко [др.]. М.: Логос, 2010. 171 с.

3. Jose I. Linares, María M. Cledera. Sizing of thermal energy storage devices for micro-cogeneration systems for the supply of domestic hot water // Sustainable Energy Technologies and Assessments. 2014. Vol. 5. Pp. 37–43.

УДК 628.1.033

# СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ ПРОИЗВОДСТВА УМЯГЧЕННОЙ ВОДЫ ДЛЯ ПОДПИТКИ ТЕПЛОСЕТИ

Шакиров Эмиль Радиевич[1], Саитов Станислав Радикович[2]
[1,2] ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]godokmanhd@gmail.com, [2]caapel@mail.ru

В докладе приводится обзор на методы умягчения воды, наиболее используемые для теплосетей. Проделано сравнение стоимости методов очистки и выявление самого практичного и экономичного из них.

**Ключевые слова:** обратный осмос, ионный обмен, ультразвуковая фильтрация, умягчение воды, теплосети

# WAYS TO REDUCE THE COST OF PRODUCTION OF SOFTENED WATER FOR FEEDING THE HEATING NETWORK

Shakirov Emil Radievich[1], Saitov Stanislav Radikovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]godokmanhd@gmail.com, [2]caapel@mail.ru

The report provides an overview of the water softening methods most used for heating systems. Comparison of the cost of the cleaning methods and identification of the most practical and economical of them has been done.

**Keywords:** reverse osmosis, ion exchange, ultrasonic filtration, water softening, heating networks

Для восполнения водных потерь сетей необходима их подпитка, которая приготавливается, в основном, с использованием ионообменных методов, в частности натрий-катионирования. Однако при этом методе образуются сильноминерализованные стоки, что требует дополнительных затрат на их очистку. Снизить издержки на утилизацию стоков, а также затраты на подготовку подпитки можно, используя мембранные методы очистки, такие как обратный осмос, ультразвуковая фильтрация и ионный обмен.

Важно отметить, что стоимость и эффективность методов играют ключевую роль в процессе удаления жесткости воды. Ионный обмен может быть затратным, особенно при обработке больших объемов воды, что подразумевает необходимость поиска более экономичных альтернатив.

Применение мембранных установок для подпитки теплосетей особенно эффективно при использовании артезианских вод с величиной жесткости выше 5 мг-экв/л и щелочности выше 4 мг-экв/л.

Также следует учесть использование недорогих ионообменников, таких как цеолиты, для снижения расходов. Стремление к использованию доступных материалов в процессе ионного обмена также способствует снижению общей стоимости процесса [1].

Ученые Мохаммед Энтезари и Тахмасби Масуме из Иранского университета имени Фирдоуси провели исследования по умягчению воды за счет сочетания ультразвука и ионного обмена [2].

В своей работе они показали, что совмещение методов ионного обмена и ультразвукового воздействия для улучшения процесса удаления жесткости воды показывают хорошие результаты, так как при их совмещении константа скорости становится выше на 0,35 % при температуре 55 °С, следовательно, повышается эффективность умягчения воды и снижаются затраты за счет добавления ультразвука.

Следующая разработка ученых Сон Хи Чжу и Беррин Тансела из университета Майами и Флориды в США [3] – новые технологии очистки концентратов обратным осмосом.

Согласно их исследованию [3] можно сделать следующие выводы: обратный осмос – это эффективный метод очистки воды, но его содержание может быть дорогим.

Снизить стоимость его обслуживания можно:

1) снизив энергопотребление с помощью энергоэффективных технологий и возобновляемых источников энергии;

2) использовав систему рециркуляции концентрата для уменьшения потребности в пресной воде;

3) выбрав более долговечные мембраны и улучшив управление новообразовавшимися загрязнителями.

Что касается влияния воды, обработанной обратным осмосом, на теплосети, такая вода обычно имеет низкую концентрацию солей и минералов, что может снизить риск образования накипи в системах отопления и улучшить эффективность передачи тепла. Однако, возможно потребуется коррекция химического состава воды, чтобы предотвратить коррозию трубопроводов из-за чрезмерного удаления минералов.

Рассмотренные мембранные методы очистки воды в будущем позволят не только снизить расходы на подпитку теплосетей, но и повысить эффективность производства умягченной воды.

## Источники

1. Саитов С.Р., Карачурин Б.Р., Сидоров М. В. Прогнозирование пиковых часов энергосбытовых компаний, входящих в реестр гарантирующих поставщиков АО «АТС» // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4 (56). С. 59–68.

2. Entezari M.H., Tahmasbi M. Water softening by combination of ultrasound and ion exchange // Ultrasonics Sonochemistry. 2009. Vol. 16, Iss. 3. Pp. 356–360.

3. Joo S.H., Tansel B. Novel technologies for reverse osmosis concentrate treatment: A review // Journal of Environmental Management. 2015. Vol. 150. Pp. 322–335.

УДК 681.586.732

# СОВРЕМЕННЫЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Шарипов Тимур Ильшатович[1], Базин Дмитрий Александрович[2],
Вилданов Рустем Ренатович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]timurka_sharipov_2004@mail.ru, rezort12@mail.ru

В докладе рассматриваются современные способы получения электроэнергии с помощью фотоэлектрических систем.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, фотоэлектрическая система, экономическая эффективность, производительность.

# MODERN PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

Sharipov Timur Ilshatovich[1], Bazin Dmitry Alexandrovich[2],
Wildanov Rustem Rinatovich[3]
[1,2,3]KSPEU, Kazan
[1]timurka_sharipov_2004@mail.ru, rezort12@mail.ru

The report discusses modern methods of generating electricity using photovoltaic systems.

**Keywords:** renewable energy sources, photovoltaic system, economic efficiency, productivity.

Возобновляемая энергетика является одной из важных отраслей по производству электроэнергии. Фотоэлектрическая система считается наиболее перспективным технологическим вариантом для минимизации зависимости от традиционного источника.

В настоящее время фотоэлектрические системы популярны во многих странах [1]. Наиболее очевиден их потенциал в регионах с высокой солнечной радиацией, а именно в Средиземноморском [1]. Это обосновано тем, что такие технологии обладают надежной системой, низкой стоимостью эксплуатации и технического обслуживания, бесплатным и чистым источником энергии, отсутствием шума и высокой доступностью [2, 3].

Фотоэлектрическая система является способом преобразования энергии солнца, получаемой от её лучей, в электрическую.

Был проведён ряд исследований, в которых были разработаны новые фотоэлектрические технологии с целью повышения экономической эффективности и производительности [6–8].

Снижение затрат возможно за счет совершенствования технологий производства кристаллических элементов и создания новых тонкопленочных и концентраторных фотоэлектрических устройств [9].

Новые системы включают в себя органические вещества, наноструктурированные материалы и чувствительные к красителям солнечные элементы с квантовыми ямами.

Органические фотоэлектрические системы состоят из материалов-доноров и акцепторов электронов и характеризуются либо как гибридные, когда органические солнечные элементы сохраняют неорганический компонент, либо как полностью органические [6].

Использование наноструктур в фотоэлектрических устройствах на основе диоксида титана позволило достичь эффективности в 10,4 % [7].

Другой альтернативой в фотоэлектрической промышленности является солнечный элемент с квантовой ямой. Он создаётся путем выращивания простых квантовых ям из материала с меньшей запрещенной зоной в области пространственного заряда *p-n* или *p-i-n* структур [8]. Идея, лежащая в основе этой технологии, заключается в том, чтобы облегчить способность поглощать свет с энергией ниже энергии основной запрещенной зоны [8].

Оценка производительности, надежности, стабильности и деградации различных фотоэлектрических технологий в реальных условиях эксплуатации являются важнейшими параметрами этих технологий [9].

Возобновляемые источники, получаемые из солнечной энергии, набирают обороты и вносят свой вклад в мировой энергетический баланс. Таким образом, фотоэлектрические системы обладают огромными преимуществами, которые не вызывают никаких проблем с окружающей средой или выбросами токсичных газов [3, 4].

## Источники

1. European Photovoltaic Industry Association // Solar electricity for over one billion people and two million jobs by 2020. 2008. Vol. 2008. Pp. 1–76.

2. Hybrid maximum power point tracking algorithm with improved dynamic performance / M. Bahrami [et al.] // Renew Energy. 2019. Vol. 130. Pp. 982–991.

3. Soufi Y., Bechouat M., Kahla S. Fuzzy-PSO controller design for maximum power point tracking in photovoltaic system // International Journal of Hydrogen Energy. 2017. Vol. 42. Pp. 8680–8688.

4. Photovoltaic technology platform. A strategic research agenda for photovoltaic solar energy technology // European Communities. 2007.

5. Nanostructured solar cell based on spray pyrolysis deposited ZnO nanorod array / M. Krunks // Solar Energy Materials and Solar Cells. 2008. Vol. 92. Pp. 1016–1019.

6. Tandem quantum well solar cells / B. Browne [et al.] // Proc. of the 33rd IEEE photovoltaic specialists conference. San Diego, CA, USA, 2008. DOI: https://doi.org/10.1109/PVSC.2008.4922474.

7. Rahoma A. Utilization of solar radiation in high energy intensive of the world by PV system // American Journal of Environmental Sciences. 2008. Vol. 4. Pp. 121–128.

8. Саитов С.Р., Карачурин Б.Р., Сидоров М.В. Прогнозирование пиковых часов энергосбытовых компаний, входящих в реестр гарантирующих поставщиков АО «АТС» // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4 (56). С. 59–68.

9. Саитов С.Р., Чичирова Н.Д., Чичиров А.А. Баромембранные технологии в схеме водоподготовки Уфимской ТЭЦ-1 // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 2 (34). С. 58–67.

УДК 621.438, 621.499

# ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОТУРБИННОГО ЦИКЛА В СОЧЕТАНИИ С ТВЕРДООКСИДНЫМ ТОПЛИВНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ

Шарипов Тимур Ильшатович[1], Саитов Станислав Радикович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]timurka_sharipov_2004@mail.ru

В докладе рассматривается способ повышения эффективности твердооксидных топливных элементов внутреннего риформинга и гибридных систем.

**Ключевые слова:** газотурбинная установка, твердооксидный топливный элемент, риформинг, гибридная система.

# THERMODYNAMIC MODELING OF A GAS TURBINE CYCLE IN COMBINATION WITH A SOLID OXIDE FUEL CELL

Sharipov Timur Ilshatovich[1], Saitov Stanislav Radikovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]timurka_sharipov_2004@mail.ru

This article discusses a way to increase the efficiency of solid oxide fuel cells of internal reforming and hybrid systems.

**Keywords:** gas turbine plant, solid oxide fuel cell, reforming, hybrid system.

Газотурбинные установки (ГТУ) широко применяются на электрических станциях. Топливо занимает одно из важнейших мест в ГТУ, поскольку именно от него зависит процесс получения электроэнергии.

В газотурбинных установках могут использоваться различные виды топлив. Использование газовых турбин и твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ), известных как гибридные системы, популярно уже многие годы [1]. Это обосновано тем, что такие системы способны обеспечить КПД по выработке электрической энергии в пределах 60–80 % при более низкой теплотворной способности топлива [2].

Твердооксидный топливный элемент – это устройство, работающее при повышенном давлении, состоящее из установки для риформинга природного газа.

Было проведено комплексное исследование, в котором были изучены производительность твердооксидных топливных элементов внутреннего риформинга и гибридных систем [3].

Гибридные системы, цель которых выработка электроэнергии, представляют собой системы, состоящие из двух или более генерирующих источников (см. рисунок), работающих совместно для обслуживания общего потребителя [4].

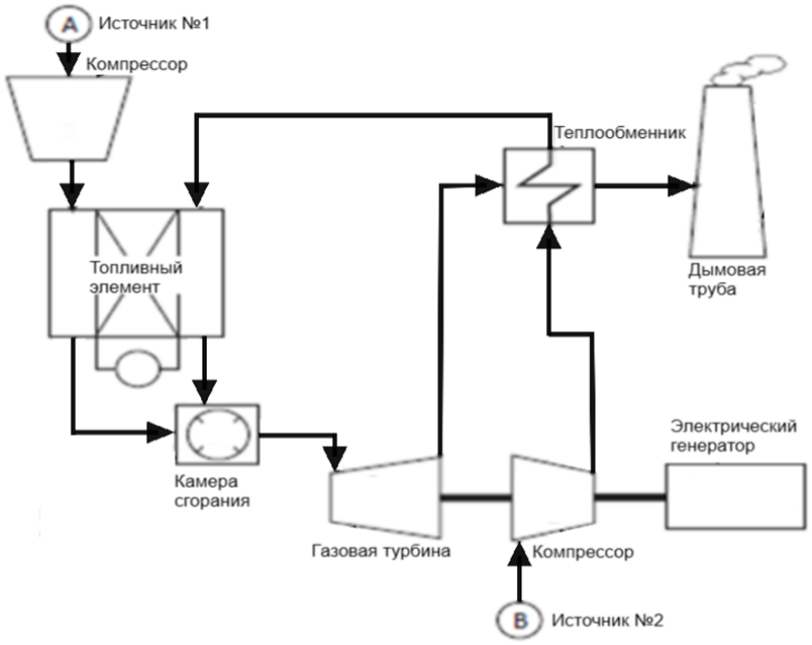



Схема гибридной системы [4]

Диапазон рабочих температур от 600 до 1000 °С позволяет комбинировать ТОТЭ с другими традиционными термическими циклами для получения более высокой тепловой эффективности [5].

Гибридные системы ТОТЭ все чаще поддерживают более высокие давления благодаря усовершенствованиям технологии топливных элементов [2, 6, 7]. Таким образом, гибридные системы позволяют эксплуатировать газовые турбины при более высоких степенях расширения. В случае работы при более высоких давлениях корпус топливного элемента должен быть надежно герметизирован.

## Источники

1. Fuel cell power generation systems with natural gas conversion – a comparison of the efficiency of three systems / H. Ide [et al.] // Proc. of the 24th Intercommunal Engineering Conference on Energy Conversion. 1989. Vol. 3. Pp. 1517–1522.

2. Azizi M., Brower J. Progress in hybrid power systems based on solid oxide fuel cells and gas turbines: system design and analysis, transition mode, management and optimization // Applied Energy. 2018. Vol. 215. Pp. 237–289.

3. Massardo A.F., Lubelli F. Solid oxide fuel cell of internal reforming – combined cycles of a gas turbine (IRSOFC-GT). Part A: Cell model and thermodynamic cycle analysis // Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. 2000. Vol. 122, Iss. 1. Pp. 27–35.

4. McCarthy D., Brower J., Samuelsen S. Design of a hybrid system based on fuel cells and a gas turbine // Journal of Power Supply. 2014. Vol. 257. Pp. 412–420.

5. Chan S., Ho H., Tian Y. Multi-level modelling of SOFC–gas turbine hybrid system // International Journal of Hydrogen Energy. 2003. Vol. 28. Pp. 889–900.

6. Haseli Y., Dincer I., Naterer G. Thermodynamic modeling of a gas turbine cycle combined with a solid oxide fuel cell // International Journal of Hydrogen Energy. 2008. Vol. 33. Pp. 5811–5822.

7. Bejan A., Moran M.J. Thermal design and optimization. New York: John Wiley & Sons, 1996. 560 p.

8. Саитов С. Р., Карачурин Б. Р., Сидоров М. В. Прогнозирование пиковых часов энергосбытовых компаний, входящих в реестр гарантирующих поставщиков АО «АТС» // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4 (56). С. 59–68.

9. Саитов С. Р., Чичирова Н.Д., Чичиров А.А. Баромембранные технологии в схеме водоподготовки Уфимской ТЭЦ-1 // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 2 (34). С. 58–67.

УДК 004.94

# ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ: ОТ КОНЦЕПЦИИ ДО ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Щербенев Николай Андреевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
kolasi0978@mail.ru

В статье рассматривается применение технологии цифровых двойников в промышленности, включая основные концепции моделирования и принципы их работы. Акцент делается на практических примерах использования в различных отраслях, таких как промышленное производство, энергетика и транспорт. Также затрагиваются вопросы безопасности, защиты данных и регулирования.

**Ключевые слова**: цифровые двойники, концепция, промышленная эксплуатация, виртуальные модели, анализ данных, оптимизация, применение, отрасли, безопасность данных, регулирование

# DIGITAL TWINS: FROM CONCEPT TO COMMERCIAL OPERATION

Shcherbenev Nikolay Andreevich
KSPEU, Kazan
kolasi0978@mail.ru

The article discusses the application of digital twins technology in industry, including the basic concepts of modeling and the principles of their operation. The emphasis is on practical examples of use in various industries, such as industrial production, energy and transport. The issues of security, data protection and regulation are also touched upon.

**Keywords**: digital twins, concept, industrial exploitation, virtual models, data analytics, optimisation, application, industries, data security, regulation

Цифровой двойник – это не только технологический инструмент, но и ключ к более эффективному, интеллектуальному и устойчивому будущему. В данной статье мы погрузимся в мир цифровых двойников, начиная с их основ и эволюции концепции, и пройдем путь от первых представлений о них до их широкого внедрения в промышленных и технологических сферах. Мы рассмотрим, какие данные используются для создания цифровых двойников, и какие технологии и платформы позволяют их реализовывать.

В мире, где цифровые технологии проникают во все сферы нашей жизни, понятие "цифровой двойник" становится все более значимым и актуальным. Цифровой двойник представляет собой виртуальную реплику реального объекта, системы или процесса, созданную на основе

данных, собранных с различных источников. Он служит зеркалом реального мира, позволяя нам взглянуть на него с новой перспективы и взаимодействовать с ним в цифровой среде.Цифровой двойник может включать в себя разнообразные данные, начиная с геопространственных данных, информации о состоянии объекта, метрик производительности и окружающей среды. Для создания точного цифрового двойника необходимо учитывать как структурированные, так и неструктурированные данные, а также данные в режиме реального времени.

Сбор данных для цифрового двойника осуществляется с использованием сенсоров, устройств Интернета вещей (IoT) и других источников. Сенсоры могут измерять физические параметры, такие как температура, давление, влажность, а также собирать данные о перемещении, расположении и других аспектах объекта. Эти данные передаются в цифровое пространство, где они используются для создания цифровых двойников.

Цифровой двойник в топливно-энергетическом комплексе представляет собой виртуальную реплику физического объекта или процесса, созданную с использованием цифровых технологий. Эта концепция находит применение в различных аспектах энергетической отрасли, принося с собой потенциал для улучшения эффективности, безопасности и управления системами. Одним из ключевых аспектов применения цифрового двойника в топливно-энергетическом комплексе является моделирование и оптимизация процессов. Создание виртуальной копии энергетических установок позволяет проводить детальное моделирование и анализ работы системы, что способствует оптимизации ее функционирования для повышения эффективности использования ресурсов. Мониторинг и диагностика оборудования также выигрывают от внедрения цифрового двойника. Виртуальная копия позволяет осуществлять постоянный мониторинг состояния энергетических систем в режиме реального времени, что в свою очередь способствует выявлению потенциальных проблем и проведению диагностики до возникновения серьезных сбоев. Управление активами в топливно-энергетическом комплексе также может быть улучшено с помощью цифрового двойника. Виртуальная копия позволяет более эффективно управлять активами, оптимизировать расходы на обслуживание и обновление оборудования, а также предсказывать возможные сроки службы. Тестирование и разработка новых технологий также становятся более эффективными с использованием цифрового двойника, позволяя проводить тесты без риска повреждения физических объектов. Это способствует инновационному развитию отрасли и внедрению новых решений.

Для создания цифровых двойников требуются несколько основных компонентов. Это сенсоры для сбора данных, облачные вычисления для их обработки и хранения, а также системы управления и аналитики для создания моделей и визуализации цифровых двойников.

Таким образом, развитие цифровых технологий, включая интернет вещей, искусственный интеллект и облачные вычисления, открывает новые перспективы для применения цифровых двойников в топливно-энергетическом комплексе, содействуя более эффективному управлению, оптимизации процессов и повышению безопасности систем энергетики. В современном мире цифровые двойники становятся неотъемлемой частью нашей жизни. Они предоставляют новые возможности для оптимизации процессов, увеличения безопасности и создания более устойчивого будущего. Однако, вместе с этим, существует ряд вызовов, которые требуют внимания и решения. Дальнейшее развитие цифровых двойников будет важным шагом в направлении более интеллектуального и эффективного мира.

## Источники

1. Прохоров А., Лысачев М. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт / Науч. ред. А. Боровиков. М.: ООО «АльянсПринт», 2020. 401 с.

2. Цифровые двойники ТЭК [Электронный ресурс]. URL: https://xn--80aaigboe2bzaiqsf7i.xn--p1ai/upload/articles/pdf/sphereoilandgas_2019-4_modumlab.pdf, (дата обращения: 28.10.2023).

3. Авдеева А.И., Шарикова Е.А. Цифровая трансформация объектов топливно-энергетического комплекса: использование цифровых двойников объектов инфраструктуры на примере линейной производственно-диспетчерской станции «Володарская» // Вестник Евразийской науки. 2023. Т. 15, № 1. 8 с.

4. Петров А.В. Имитация как основа технологии цифровых двойников // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. № 10 (141). С. 56–66. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-10-56-66.

5. Васильева Е. Компоненты Индустрии 4.0: Цифровые двойники // Автоматизация проектирования. 2019. № 3. С. 22–38.

УДК 620.92

# ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ КАК ИНСТРУМЕНТ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Юсупова Регина Ильдаровна[1], Будникова Иветта Константиновна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]reginayusupova2805@gmail.com, [2]ikbudnikov@yandex.ru

В статье рассматриваются возможности улучшения экологии, за счет внедрения инновационных технологий в виде возобновляемых источников энергии. Исследована статиска выбросов различных вредных веществ в атмосферу за последний год. Проведен сравнительный анализ количества выбросов в результате внедрения на отдельных участках технологического производства возобновляемых источников энергии.

**Ключевые слова:** экология, атмосфера, возобновляемые источники энергии, статистика, анализ, вредные вещества.

# RENEWABLE ENERGY SOURCES AS A TOOL TO REDUCE THE LEVEL OF ATMOSPHERIC POLLUTION IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Yusupova Regina Ildarovna, Budnikova Ivetta Konstantinovna
KSPEU, Kazan
reginayusupova2805@gmail.com

The article discusses the possibilities of improving the environment through the introduction of innovative technologies in the form of renewable energy sources. The statistics of emissions of various harmful substances into the atmosphere over the past year have been studied. A comparative analysis of the amount of emissions as a result of the implementation of renewable energy sources in individual areas of technological production was carried out

**Keywords:** ecology, atmosphere, renewable energy sources, statistics, analysis, harmful substances.

Республика Татарстан участвует в реализации национального проекта «Экология» в соответствии с Указом Президента РФ «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» [1]. Для оценки эффективности внедрения возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в промышленный сектор, выполнен анализ статистических данных и показателей по выбросам в атмосферу вредных веществ.

В результате проведенных исследований в статье представлена диаграмма по данным на 2022 г. в г. Казани: летучие органические соединения (ЛОС) – 134,8 тыс. т, оксид углерода – 58,7 тыс. т, оксиды азота – 45, 3 тыс. т, диоксид серы – 36,2 тыс. т, взвешенные вещества – 13,3 тыс. т (рис. 1).

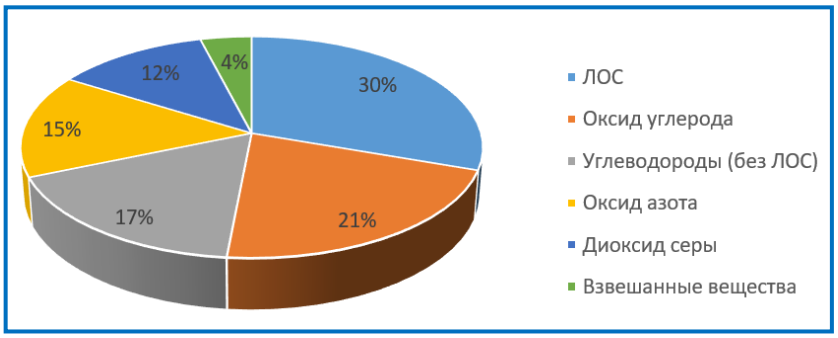



Рис. 1. Анализ выброса вредных веществ

Большую часть вредных веществ в атмосферу вносят углеводороды, которые поступают от расположенных на предприятиях топливной и нефтехимической промышленности источников загрязнения (ОАО «ТАИФ-НК», ПАО «Нижнекамскнефтехим», ОАО «ТГК-16» и т. д.) [2].

Степень загрязнения атмосферы примесью оценивается предельной допустимой концентрацией примеси (ПДК). Используются два основных показателя качества воздуха: стандартный индекс (СИ) и наибольшая повторяемость (НП). Если рассматривать сентябрь 2023 года, то уровень загрязнения атмосферы по значениям СИ (1,56) и НП (0,2 %) отмечается как «повышенный». В атмосферном воздухе зафиксировано 9 случаев превышения допустимых норм ПДК по фенолу, аммиаку, формальдегиду и взвешенным частицам. Максимальное значение по формальдегиду было зарегистрировано в Московском районе г. Казани [3].

В Республике Татарстан в настоящее время на 12 различных предприятиях используются ВИЭ [4], включая солнечную, ветровую, геотермальную и биоэнергетику. Одним из самых крупных предприяий является ПАО «Татнефть», благодаря построению ветропарка, который стал одним из крупнейших в России. К тому же, данное предприятие активно инвестируется в строительство солнечных электростанций и биогазовых установок.

Валовый выброс вредных веществ на предприятии ПАО «Татнефть», (рис. 2) в период за 2000–2022 гг. был снижен на 63,4 %. Первые шаги на пути внедрения ВИЭ произошел в 2000-х годах, это можно наблюдать по представленному графику. Становится очевидно, что загрязнение атмосферы значительно уменьшилось в данное время.

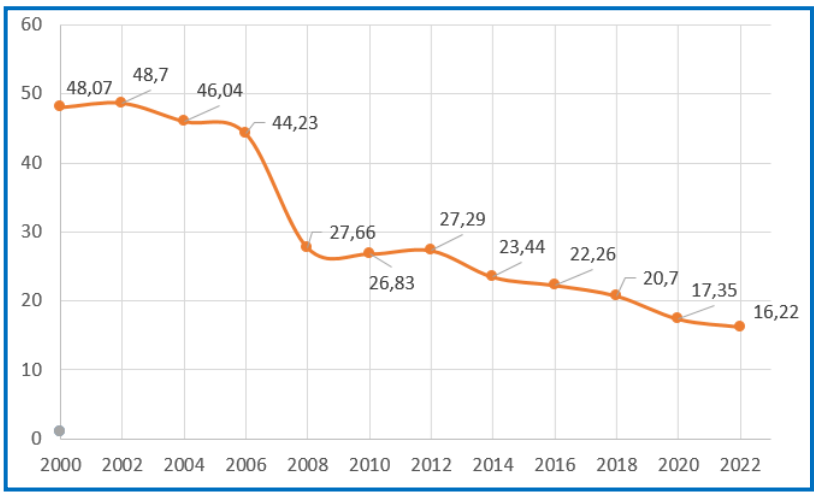



Рис. 2. Выбросы вредных веществ в атмосферу, тыс. т

По результатам статистических исследований, можно сделать вывод, что возобновляемые источники энергии могут стать ключевым инструментом снижения уровня атмосферного загрязнения от промышленных предприятий в Республике Татарстан [5].

Экологическое состояние воздуха на данный момент не является положительным, следовательно, рекомендуется активнее внедрять инновационные технологии ВИЭ на предприятиях топливно энергетического и химического комплексов.

## Источники

1. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс]: Указ Президента Рос. Федерации от 21 июля 2020 г. № 474. URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726 (дата обращения: 10.11.2023).

2. Министерство экологии и природных ресурсов республики Татарстан [Электронный ресурс]. URL: https://eco.tatarstan.ru/kollegiya-po-itogam-raboti-za-2022-god.htm (дата обращения: 31.10.2023).

3. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [Электронный ресурс]. URL: http://www.tatarmeteo.ru/assets/files/spravka.pdf (дата обращения: 31.11.2023).

4. Годовые отчеты Татнефть [Электронный ресурс]. URL: https://www.tatneft.ru/ (дата обращения: 10.11.2023).

5. Ахметова Р.В., Звонарева Ю.Н., Шорохов И.Р. Разработка и исследование энергоэффективных методов сжигания газового топлива в энергетических системах // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 1 (53). С. 13–23.

## Направление 4. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 004.94

# ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D-ПЕЧАТИ И 3D-СКАНИРОВАНИЯ

Баткаев Александр Романович[1], Хамитова Динара Вилевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]batkaev20132@mail.ru, [2]orhidey-din@mail.ru

В статье рассматриваются примеры использования отечественных изделий, изготовленных с помощью 3D-печати, и польза от их применения на производстве.

**Ключевые слова:** модель, 3D-печать, санкции, импортозамещение, аддитивные технологии.

# IMPORT SUBSTITUTION USING 3D PRINTING AND 3D SCANNING

Batkaev Alexander Romanovich[1], Khamitova DinaraVilevna[2]
KSPEU, Kazan
[1]batkaev20132@mail.ru, [2]orhidey-din@mail.ru

The article discusses examples of the use of domestic products made using 3D printing, and the benefits of their use in everyday life and in production.

**Keywords:** model, 3D printing, sanctions, import substitution, additive technologies.

Термин «Импортозамещение» в последнее время очень плотно вошел в наш лексикон. И хоть это явление для нашей страны не новое (попытки импортозамещения предпринимались с 2014 года) в связи с массовым уходом зарубежных компаний в феврале 2022 года, этот вопрос стал наиболее актуальным. За 8 лет санкций в России реализовано более 1,5 тысяч проектов по созданию аналогов продукции, которая ранее поставлялась из-за рубежа [1]. В первую очередь это коснулось отраслей легкой и пищевой промышленности, но помимо этого идет большая работа по импортозамещению в наукоёмких отраслях: корпорации Ростех, Росатом, Роснано и другие.

Правительство серьезно рассчитывает на развитие аддитивных технологий, что заложено в «Стратегию развития аддитивных технологий в РФ на период до 2030 года» [2]. По прогнозам специалистов, главным направлением развития 3D-печати может стать восполнение импортных

комплектующих, попавших под санкции. Так, компания «Росатом – Аддитивные технологии», инициатор запуска «оперативной линии» для обращения компаний, испытывающих нехватку запасных частей, материалов и комплектующих, которые возможно заместить изделиями, произведенными методом 3D-печати. Поставщики 3D-оборудования предлагают различные комплексные решения, включающие 3D-сканер, принтер, программное обеспечение и обучение. Решения позволяют быстро наладить печать «выбывших» комплектующих [3]. При этом себестоимость производства деталей оказывается в разы меньше, чем у импортных аналогов. Например, компания «Стереотек» производит устройства, обладающие пятью степенями свободы (см. рисунок). Такие прин-теры могут печатать копии дорогих оригинальных запчастей для промышленного оборудования с большой экономией. К примеру, крыль-чатка одного немецкого насоса стоит 52 тысячи рублей, а себестоимость ее 3D-печати – 1280 рублей [4].




5D-принтер компании «Стереотек»

Помимо 3D моделей развиваются и устройства печати. На смену 3D-печати пришла инновационная 5D-печать. С помощью нее можно решать проблемы дефицита запчастей и расходных материалов. 5D-печать изготавливается на производственном предприятии ООО «ТМПК-Волгоград» [5]. В отличие от привычных 3D-принтеров, перемещение печатающей головки в которых происходят только в двух плоскостях (горизонтальной и вертикальной), стол 5D-принтера еще способен вращаться вокруг своей оси и наклоняться (см. рисунок). Это преиму-щество позволяет наносить не только плоские слои, но ещё и изогнутые в объёме, что повышает вертикальную прочность детали (она не разламы-вается по слоям и позволяет при необходимости делать боковые края детали плавными (хотя и с некоторыми ограничениями по углу наклона), что зачастую освобождает её от дальнейшей механической обработки.

К преимуществам российской разработки относят повышение прочности на 300 %, печать без поддержек, печать мембран, а также армирование. Все это в сумме позволяет использовать напечатанные изделия повсеместно, без угрозы их разрушения.

В завершении необходимо отметить, что на сегодняшний день аддитивные технологии – это одно из передовых направлений развития отечественной научной и технической мысли. Развитие этих идей может помочь уже в самое ближайшее время вывести российское производство на качественно новый уровень.

## Источники


1. Мищенко Т. Поддержали отечественного производителя. Что такое импортозамещение, как оно проходит в России [Электронный ресурс]. URL: https://journal.sovcombank.ru/umnii-potrebitel/podderzhali-otechestvennogo-proizvoditelya-chto-takoe-importozameschenie-kak-ono-prohodit-v-rossii?ysclid=ltpullcdjt214648707 (дата обращения: 23.10.2023).

2. Стратегия развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс]: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2021 г. № 1913-р. URL: https://sudact.ru/law/rasporiazhenie-pravitelstva-rf-ot-14072021-n-1913-r/strategiia-razvitiia-additivnykh-tekhnologii-v (дата обращения: 22.10.2023).

3. Михалина А.Д., Логвинова Т.С., Польшакова Н.В. Технологии компьютерной графики и их практическая реализация» // Молодой ученый. 2017. № 2 (136). С. 58–61.

4. Технологии 3D-печати помогут ускорить процесс импортозамещения [Электронный ресурс]. URL: https://rg.ru/2022/04/24/tehnologii-3d-pechati-pomogut-uskorit-process-importozameshcheniia.html (дата обращения: 22.10.2023).

5. Митрофанова Т.В., Копышева Т.Н., Сорокин С.С. О моделировании объектов для 3D-принтера // Образование: прошлое, настоящее и будущее: матер. II Междунар. науч. конф. (г. Краснодар, февраль 2017 г.) Краснодар: Новация, 2017. С. 105–109.

УДК 371.9

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИННОВАЦИИ В ОБУЧЕНИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Баширов Айрат Марсельевич[1], Шарипов Ильнар Ильдарович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань
[1]gegyer1@gmail.com, [2]sharipov.ii@mail.ru

Современные технологии моделирования в сфере образования представляют собой фундаментальный элемент современного учебного процесса, играя важнейшую роль в формировании образовательной среды. Настоящая статья целью ставит себе предоставление всестороннего обзора текущих тенденций и перспектив интеграции этих технологий. Подчеркивается их сущностное воздействие на формирование знаний и развитие навыков, акцентируя важность их использования для подготовки студентов к многогранным вызовам современного мира. Глубокий анализ надежных исследований, представленных в конце статьи, служит основой для дальнейших обсуждений и понимания роли этих инноваций в образовательном процессе.

**Ключевые слова:** технологии моделирования в контексте образования, инновации в образовании, современные образовательные практики, тенденции в образовании, роль технологий в формировании знаний.

# MODERN TECHNOLOGIES FOR MODELING INNOVATIONS IN TEACHING AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Bashirov Airat Marselevich[1], Sharipov Ilnar Ildarovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]gegyer1@gmail.com, [2]sharipov.ii@mail.ru

Modern technological developments in the field of education represent a fundamental element of the modern economic process, playing an important role in the transformation environment. This article aims to give ourselves a comprehensive overview of the current trends and prospects of these technologies. Their significant impact on teaching and development methods is emphasized, focusing on their use to prepare students for the multifaceted challenges of the modern world. An in-depth analysis of reliable research presented at the end of the article is conducted to discuss and understand the role of these innovations in the educational process.

**Keywords:** modeling technologies in the context of education, innovations in education, modern educational practices, trends in education, the role of technology in the formation of knowledge.

**1. Технологии моделирования в контексте образования.** В настоящее время технологии моделирования проникают в различные области образования, открывая новые возможности для студентов и преподавателей. Эти технологии, включающие в себя виртуальные и аугментированные реальности, компьютерное моделирование и 3D-печать, активно интегрируются в учебные программы.

**Интеграция технологий моделирования в учебные программы.** Современные образовательные учреждения стремятся внедрять технологии моделирования в учебные планы и программы. Это позволяет студентам не только теоретически учиться, но и применять полученные знания на практике. Виртуальные лаборатории, созданные с использованием технологий моделирования, позволяют студентам экспериментировать и решать реальные задачи, что способствует более глубокому усвоению материала.

**Решение задач и развитие критического мышления.** Технологии моделирования предоставляют возможность студентам решать сложные задачи, создавать модели и проводить виртуальные эксперименты. Это не только развивает у них навыки решения проблем, но и способствует формированию критического мышления. Студенты, использующие технологии моделирования, сталкиваются с реальными сценариями и принимают обоснованные решения на основе полученного опыта.

**Роль преподавателей в интеграции технологий моделирования.** Преподаватели играют важную роль в успешной интеграции технологий моделирования в образовательный процесс. Обучение использованию этих технологий требует от них обновления педагогических методик и развития новых компетенций. Взаимодействие студентов и преподавателей в процессе использования технологий моделирования стимулирует обмен знаниями и опытом, создавая более интерактивную образовательную среду.

**Преимущества и вызовы использования технологий моделирования.** Использование технологий моделирования в образовании сопряжено с рядом преимуществ, таких как повышение мотивации студентов, обогащение образовательного опыта и подготовка к требованиям современного рынка труда. Однако существуют и вызовы, такие как необходимость инвестиций в техническую базу и подготовку персонала. Эффективное преодоление этих вызовов требует комплексного подхода и стратегического внедрения технологий моделирования в систему образования.

**Заключение.** Первый раздел статьи выявляет значимость технологий моделирования в образовательном процессе, подчеркивая их влияние на учебные программы, развитие критического мышления и роль преподавателей в успешной интеграции. В следующих разделах будут рассмотрены конкретные инновации, тенденции и роль этих технологий в формировании знаний и развитии навыков студентов.

## 2. Инновации в образовании через технологии моделирования

В данном разделе статьи мы более подробно рассмотрим, как технологии моделирования способствуют внедрению инноваций в сфере образования. Мы проанализируем конкретные примеры успешной интеграции этих технологий и рассмотрим, как они меняют подходы к обучению.

**Технологии моделирования и новые формы обучения.** Технологии моделирования открывают новые возможности для создания интерактивных и индивидуализированных форм обучения. Виртуальные классы, онлайн-курсы и образовательные платформы, основанные на технологиях моделирования, предоставляют студентам гибкие варианты обучения, а преподавателям — инструменты для создания более эффективных учебных программ.

**Взаимодействие с реальным миром через виртуальные среды.** Технологии моделирования позволяют студентам взаимодействовать с реальным миром в виртуальной среде. Это может включать в себя виртуальные полевые исследования, тренировочные симуляции и создание виртуальных прототипов. Такой подход не только обогащает образовательный опыт, но и подготавливает студентов к реальным сценариям работы в различных сферах.

**Интерактивные формы оценки и обратная связь.** Технологии моделирования предоставляют новые возможности для интерактивных форм оценки. Виртуальные среды позволяют создавать ситуационные задачи, оценивать навыки принятия решений и предоставлять студентам моментальную обратную связь. Это способствует более глубокому пониманию материала и развитию навыков.

**Применение технологий моделирования в специфических областях.** Рассмотрим, как технологии моделирования применяются в различных областях образования, таких как медицина, инженерия, искусство и дизайн. Примеры успешной интеграции в эти сферы помогут лучше понять потенциал этих технологий для конкретных предметных областей.

**Заключение.** Второй раздел подчеркнет, как технологии моделирования стимулируют инновации в образовании через изменение форм обучения, взаимодействие с реальным миром, новые методы оценки и применение в специфических областях. В следующих разделах мы продолжим рассматривать современные образовательные практики, их тенденции и роль технологий в формировании знаний.

**3. Современные образовательные практики и тенденции.** В данном разделе мы проанализируем актуальные тенденции в современных образовательных практиках, обусловленные внедрением технологий моделирования, и выявим, как эти тенденции формируют будущее образования.

**Персонализированное обучение и технологии моделирования.** С использованием технологий моделирования образовательные программы становятся более персонализированными. Адаптивные системы обучения, созданные на основе данных моделирования, позволяют учитывать индивидуальные потребности и темпы усвоения информации студентами.

**Глобальное обучение и виртуальная мобильность.** Технологии моделирования способствуют глобализации образования, обеспечивая виртуальную мобильность студентов и преподавателей. Виртуальные обмены, совместные проекты и онлайн-курсы позволяют участвовать в образовательных исследованиях и обмене опытом в масштабах глобального сообщества.

**Развитие современных образовательных форматов.** Технологии моделирования активно влияют на развитие современных форматов обучения, таких как образование на основе игр, виртуальные лекции и интерактивные курсы. Исследуем, как эти форматы изменяют традиционные методы обучения и обогащают образовательный процесс.

**Реакция на вызовы современного общества.** Современные образовательные практики, подкрепленные технологиями моделирования, отвечают на вызовы современного общества. Рассмотрим, как эти практики подготавливают студентов к изменяющимся требованиям рынка труда, цифровой трансформации и сложившейся глобальной среде.

**Заключение.** Третий раздел статьи предоставляет обзор современных образовательных практик и тенденций, определяемых внедрением технологий моделирования. В следующих разделах рассмотрим роль этих технологий в формировании знаний и развитии навыков студентов.

**4. Роль технологий в формировании знаний и развитии навыков.** В этом разделе мы подробно рассмотрим, как технологии моделирования влияют на процесс формирования знаний и развитие навыков студентов, а также как эти изменения отражаются на их готовности к современным вызовам.

**Глубокое понимание материала через визуализацию.** Одним из ключевых аспектов роли технологий моделирования является создание визуализированных образовательных материалов. Визуальные модели и симуляции помогают студентам лучше понимать сложные концепции, предоставляя графическое представление абстрактных идей и процессов.

**Развитие критического мышления и принятие решений.** Технологии моделирования активно способствуют развитию критического мышления у студентов. Виртуальные среды, созданные для решения реальных проблем, требуют анализа и принятия обоснованных решений. Этот подход не только углубляет понимание предмета, но и развивает у студентов навыки принятия взвешенных решений.

**Интерактивные методы обучения и учебные платформы.** Технологии моделирования поддерживают внедрение интерактивных методов обучения и образовательных платформ. Виртуальные лекции, онлайн-курсы и обучающие приложения создают возможности для активного взаимодействия студентов с учебным материалом, повышая эффективность обучения.

**Подготовка к современным технологическим вызовам.** Технологии моделирования не только обогащают образовательный опыт, но и подготавливают студентов к современным технологическим вызовам. Работа в виртуальных средах, использование современных программных средств и взаимодействие с новейшими технологиями формируют у студентов цифровые компетенции, востребованные в современном мире.

**Этические и социокультурные аспекты.** В завершение раздела рассмотрим этические и социокультурные аспекты использования технологий моделирования в образовании. Осветим вопросы конфиденциальности данных, взаимодействия в виртуальных средах и влияния технологий на социокультурные аспекты образования.

**Заключение.** Четвёртый раздел статьи предоставит обширный обзор роли технологий моделирования в формировании знаний и развитии навыков студентов, а также выявит этические и социокультурные вопросы, связанные с их использованием. Следующий этап — обобщение основных выводов и предложения для дальнейших исследований.

**Выводы.** Технологии моделирования являются неотъемлемой частью образовательного процесса и влияют на него, переформируя традиционные методы обучения и предоставляя уникальные возможности для студентов и преподавателей. Интеграция виртуальных сред и симуляций в учебные программы не только обогащает образовательный опыт, но и способствует развитию критического мышления, формированию навыков принятия решений и подготовке к современным технологическим вызовам. Современные образовательные практики, поддерживаемые технологиями моделирования, стремятся к более гибким и персонализированным форматам обучения. Активное внедрение онлайн-образования, виртуальной мобильности и интерактивных методов обучения обуславливает глобализацию образования и подготовку студентов к глобальным вызовам. Тем не менее, важно учитывать этические и социокультурные аспекты использования технологий моделирования. Необходимо обеспечивать конфиденциальность данных, акцентировать внимание на этических стандартах и обеспечивать социокультурную адаптацию в виртуальных образовательных средах. В итоге, технологии моделирования становятся ключевым инструментом современного образования, открывая новые перспективы для обучения и подготовки будущих поколений к динамичному миру. Дальнейшие исследования и инновации в этой области будут ключевыми для совершенствования образовательного процесса и подготовки к вызовам нашего времени.

## Источники

1. Цыганов А.В. Инновационные подходы в моделировании учебного процесса [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-podhody-v-modelirovanii-uchebnogo-protsessa (дата обращения: 23.10.2023).

2. Берберян А.С., Сидоров С.В., Дорошина И.Г. Инновации и современные технологии в системе образования [Электронный ресурс]. URL: http://sociosphera.com/files/conference/2013/k-02_20_13.pdf (дата обращения: 24.10.2023).

3. Овчинникова К.Р. Педагогическое моделирование как современная технология исследования процесса информатизации образования // Образование и наука. 2006. № 4 (40). С. 3–11.

УДК 378.14

# НОВЫЕ ЦИФРОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ РАБОТЫ С ЭЛЕКТРОННЫМИ КУРСАМИ В MOODLE

Будникова Иветта Константиновна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
ikbudnikova@yandex.ru

В статье рассматривается применение цифровых сервисов от ЭБС Лань, как актуальных и доступных ресурсов в цифровой трансформации обраования при формирования электронного контента и вовлечения обучающихся в учебный процесс в электронной среде.

**Ключевые слова:** цифровой сервис, электронная библиотечная система, электронный образовательный ресурс.

# NEW DIGITAL TOOLS FOR WORKING WITH ELECTRONIC COURSES IN MOODLE

Budnikova Ivetta Konstantinovna
KSPEU, Kazan
ikbudnikova@yandex.ru

The article discusses the use of digital services from EBS Lan as relevant and accessible resources in the digital transformation of education in the formation of electronic content and the involvement of students in the educational process in the electronic environment.

**Keywords:** digital service, electronic library system, electronic educational resource.

Тренд на получение знаний и освоение новых компетенций является естественным для цифрового общества, где ключевой ценностью выступает информация. В рамках федерального проекта «Кадры для цифровой экономики» национальной программы «Цифровая экономика» разрабатываются модели трансформации формы и содержания образования, подготовки квалифицированных кадров с цифровыми компетенциями [1]

Современному преподавателю необходимо активно взаимодействовать со студентами в электронных средах – на лекциях, в социальных сетях, в электронных курсах, на видео конференциях [2,3].

В статье рассматривается применение цифровых инструментов в учебном процессе магистерской программы по дисциплине «Теория научного эксперимента»

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся комплексного представления о современной методологии экспериментальных научных исследований и способности ее применять для решения практических задач в профессиональной деятельности.

Задачами дисциплины являются:

– освоение методов поиска, систематизации и обработки научной литературы;

– приобретение знаний по выбору методов экспериментальных исследований и построению алгоритма его выполнения;

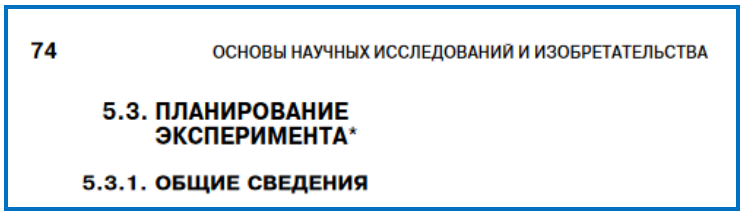
– приобретение умений выбора и использования методов обработки результатов экспериментальных исследований;

– приобретение умений интерпретации полученных результатов экспериментальных исследований с позиции их практического применения в профессиональной сфере.

Для реализации выше перечисленных задач, одним из актуальных и доступных ресурсов в цифровой трансформации образования автором рассматривается применение источников информации, размещенных в электронной библиотечной системе «Лань» [4].

Новый инструмент от ЭБС Лань «Универсальная гиперссылка для электронного образовательного ресурса» предназначен для интеграции учебных материалов в любые электронные среды.

Например, на рис. 1 представлен фрагмен материала из литературы, контент которого нужно применить в ЭОР при выполнении лабораторной работы.


74 ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИЗОБРЕТАТЕЛЬСТВА

5.3. ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА*

5.3.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Рис 1. Источник литературы из ЭБС Лань

Для этого необходимо воспользоваться опцией «Ссылка для ЭОР» и указать нужную страницу. После указанной процедуры можно разместить полученную ссылку в электронном курсе. Важно, что материал по этой ссылке доступен для чтения даже без регистрации в ЭБС.

Если продолжить работу с книгой, то сформируется список из адресов ссылок.

Следующий цифровой инструмент от ЭБС Лань – видео материалы, которые нейросеть подбирает в интерактивном режиме для книги или ее части и предлагает читателю для просмотра. Материалы из предложенных видео помогут лучше освоить изучаемую тему, увеличить объем полезной информации и повысить вовлеченность обучающихся в изучаемую дисциплину.

Например, при изучении темы – методы аналитической обработки данных (рис. 3), предлагается серия видео роликов.

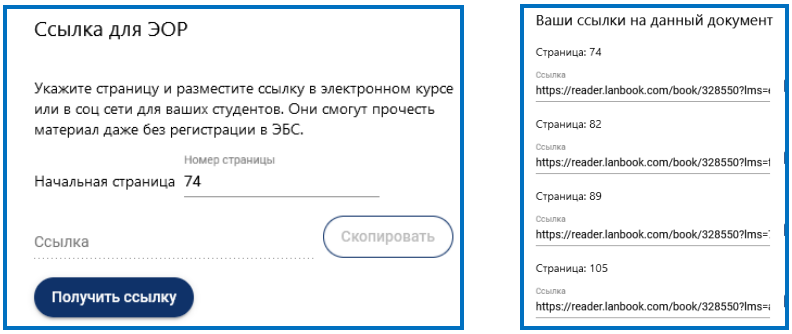



Рис. 2. Список выбранных ссылок на документ
(Рыжков, И. Б. Основы научных исследований и изобретательства : Лань, 2023)

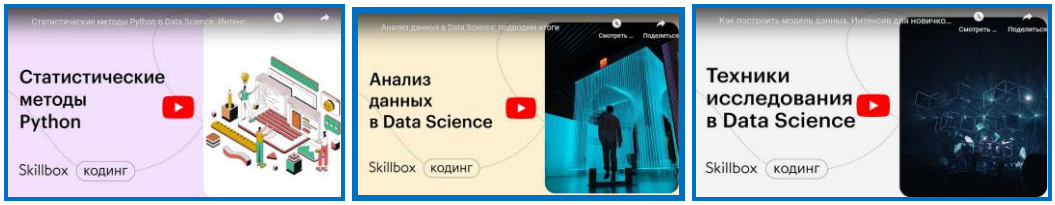



Рис. 3. Видео от ЭБС Лань

Таким образом, развитие и применение цифровых сервисов обогащают контент образовательного процесса, позволяя очень быстро обновлять учебные материалы [5].

## Источники

1. Национальный проект «Образование» [Электронный ресурс]. URL: https://edu.gov.ru/national-project/ (дата обращения: 10.11.2023).

2. Будникова И.К. Интеграция электронного образовательного ресурса нового поколения и цифровых технологий // Внедрение научных исследований в образовательный процесс вуза: матер. II Междунар. Круглого стола, посвящ. Дню преподавателя высшей школы. Казань, 2023. С. 128 –131.

3. Будникова И.К. Практика применения цифрового следа в образовательном процессе // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VII Нац. науч.-практ. конф. Казань, 2022. С. 337–339.

4. Будникова И.К., Приймак Е.В. Использование сервисов Moodle в оценке качества образовательного процесса // Вестник Технологического университета. 2018. Т. 21, № 11. С. 123–126.

5. Голубцов Н.В., Нищёнков А.В., Фёдоров О.В. Управление развитием науки и образования в аспекте публикационной активности университетов // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т.11, № 3 (43). С. 116–121.

УДК 37.01:004.946

# ОБРАЗОВАНИЕ. ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Валиуллин Сабит Рамилевич[1], Валиуллина Дилия Мансуровна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]save1313@mail.ru, [2]valiullinadiliya@mail.ru

В данной работе рассмотрена возможность использования технологий виртуальной реальности в сфере образовании.

**Ключевые слова:** образование, виртуальный мир, технологии.

# EDUCATION. VIRTUAL REALITY TECHNOLOGIES

[1]Valiullin Sabit Ramilevich, [2]Valiullina Diliya Mansurovna
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]save1313@mail.ru, [2]valiullinadiliya@mail.ru

This article discusses the possibility of using virtual reality technologies in the field of education.

**Keywords:** education, virtual reality, technologies.

Цифровые технологии играют ключевую роль в нашей повседневной жизни, делая ее более удобной и простой. Технологии, которые все активнее внедряются в сферы человеческой деятельности, в том числе и в сфере образования. Один из самых перспективных и развивающихся является виртуальная реальность. Виртуальная реальность (VR) позволяет создавать интерактивные обучающие среды, которые могут улучшить понимание и запоминание информации. VR может быть использован для моделирования реальных ситуаций, что позволяет студентам практиковаться в принятии решений без риска для себя или других. Это также может помочь в обучении сложных концепций, таких как наука, математика или иностранные языки.

Плюсы виртуальной реальности в сфере образования:

– интерактивность: виртуальная реальность позволяет создать интерактивную среду, в которой студенты могут активно участвовать в процессе обучения;

– моделирование: виртуальная реальность может использоваться для моделирования реальных ситуаций, что помогает студентам лучше понять, как они будут действовать в реальной жизни;

– вовлечение: виртуальная реальность может сделать обучение более увлекательным и интересным для студентов.

Минусы виртуальной реальности в сфере образования:

– стоимость: оборудование для виртуальной реальности может быть дорогим, что ограничивает его доступность для студентов и преподавателей;

– технические проблемы: виртуальная реальность требует надежного и быстрого подключения к интернету, а также совместимого оборудования;

– ограничения контента: хотя количество контента для виртуальной реальности постоянно растет, некоторые темы или предметы могут быть недостаточно представлены;

– отсутствие стандартов: в настоящее время не существует единых стандартов для виртуальной реальности, что может затруднить сравнение разных продуктов и систем.

Виртуальная реальность позволяет пользователям полностью погрузиться в виртуальный мир и ощутить эффект присутствия, создавая ощущение реального нахождения в месте, которое в действительности может не существовать [1].

Одним из главных преимуществ VR является возможность взаимодействия учащихся в учебном процессе, облегчая изложение сложного материала, облегчая его процесс запоминания информации и мотивации к получению знаний. Более того, виртуальная реальность демонстрирует беспрецедентный реализм и видимость, которой иначе невозможно добиться. Используя технологию виртуальной реальности, студенты могут организовывать совместную работу, проводить видеоконференции, которые более реалистичны и позволяют участникам почувствовать себя гораздо ближе друг к другу. VR помогает изучать мир, позволяя пользователям «путешествовать» по разным местам, не выходя из дома, и взаимодействовать с различными объектами и явлениями в виртуальном мире, также может помочь при выборе профессии, предоставляя возможность студентам и кандидатам на работу ознакомиться с различными отраслями и профессиями, не только через текстовые описания и фотографии, но и через интерактивные симуляции и демонстрации. Это может дать более полное представление о профессии и помочь в принятии решения о выборе карьеры [2].

Реалистичная объектная графика виртуальной реальности позволит студентам улучшить качество своих навыков, не боясь совершить ошибки и не подвергая себя опасности, совершенствовать навыки, развитие которых в жизни ограничено. Эксперимент, проведенный российскими разработчиками VR, подтвердил ее эффективность как технологии в образовательном процессе. Modum Lab и STEM Games совместно провели исследование

в Дальневосточном федеральном университете. Студенты из Москвы и Владивостока прошли подготовку по технологиям виртуальной реальности к государственному экзамену (ОГЭ) по физике. Их результаты затем сравнивались с результатами учеников параллельных классов, обучение которых велось традиционными методами. Результаты учащихся, у тех, кто готовился к экзамену с помощью VR, показатели были улучшены в среднем на 13 % [3].

Таким образом, виртуальная реальность может сделать обучение более наглядным и интерактивным. Она позволяет студентам увидеть и взаимодействовать с объектами и концепциями в трехмерном пространстве, что может улучшить понимание и запоминание информации, также упрощает взаимодействие между людьми, которые находятся на расстоянии.

## Источники

1. Уварова А.Ю., Фрумина И.Д. Трудности и перспективы цифровой трансформации образования: Серия коллективных монографий. Москва: Издательский дом Высшей школы экономики, 2019. 342 с.

2. Гурина Л.А. Методический подход для оценки киберустойчивости объектов информационной инфраструктуры в условиях цифровизации ЭЭС // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14. № 4 (56). С. 133–141.

3. VR/AR в детском образовании: зачем технологии нужны школам? [Электронный ресурс]. URL: https://medium.com/modum-lab/vr-ar-в-детском-образовании-зачем-технологии-нужны-школам-803b06245eeb (дата обращения: 28.04.2022).

УДК 621.9

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕХНИКИ

Валюк Анастасия Сергеевна[1], Хамитова Динара Вилевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]anastasia.valyuk@mail.ru, [2]orhidey-din@mail.ru

Внедрение аддитивных технологий в промышленный комплекс позволяет удешевить и упростить обслуживание промышленной техники. В этой статье рассмотрены основные аспекты и преимущества использования технологий аддитивного производства промышленной техники.

**Ключевые слова:** аддитивные технологии, аддитивное производство, 3D-печать, 3D-деталь, промышленная техника.

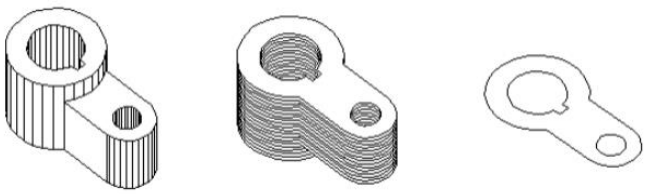
# THE USE OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE PRODUCTION OF INDUSTRIAL MACHINERY

Valyuk Anastasia Sergeevna[1], Khamitova Dinara Vilevna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]anastasia.valyuk@mail.ru, [2]orhidey-din@mail.ru

The introduction of additive technologies into the industrial complex makes it possible to reduce the cost and simplify the maintenance of industrial equipment. In this article we will consider the main aspects and advantages of using additive manufacturing technologies for industrial machinery.

**Keywords:** additive technologies, additive manufacturing, 3D printing, 3D detail, industrial machinery.

В настоящее время аддитивные технологии (АТ) представляют собой основу нового технологического уклада и являются одной из ведущих мировых тенденций, которые приводят к существенным изменениям в промышленном производстве. АТ – это технологии, при которых изделие создается на основе цифрового изображения или модели. Они отличаются от традиционных технологий, где детали создаются путем удаления лишнего материала [1]. Вместо этого, АТ используют метод послойного построения физической модели. Процесс включает в себя следующие шаги: считывание готовой 3D-модели из 3D САПР-системы (вид *а* на рисунке), разделение модели на горизонтальные сечения с помощью специальной программы (вид *б* на рисунке) и последовательное создание каждого сечения снизу-вверх, пока не будет получен физический прототип модели (вид *в* на рисунке).



Вид *а* Вид *б* Вид *в*

Наглядное изображение принципа послойного построения физической модели

Значительную популярность приобрели следующие виды АТ [2]:

– селективное лазерное плавление (*Selective Laser Melting*, *SLM*) – это технология аддитивного производства, основанная на использовании лазера для пошагового создания объектов;

– лазерная стереолитография (*Laser Stereolithography*, *SLA*) – представляет собой процесс создания объектов из специального жидкого фотополимера, который подвергается затвердеванию при воздействии лазерного излучения или ртутных ламп;

– селективное лазерное спекание (*Selective Laser Sintering*, *SLS*) – объекты формируются из плавкого порошкового материала (пластик, металл), который плавится под воздействием лазерного излучения. Также известна как *Direct Metal Laser Sintering* (*DMLS*);

– 3D-печать (*3D Printing*, 3DP) – аналогична технологии *SLS*, только вместо того, чтобы расплавлять порошок, мы используем струйную печать и жидкий клей, чтобы склеить порошковый материал в нужную форму;

– компьютерная осевая литография (*Computed Axial Lithography*, *CAL*) – метод 3D-печати, где используется компьютерная томография, чтобы создавать объекты из фотоотверждаемой смолы.

АТ обладают рядом преимуществ [3]. Во-первых, они позволяют производить сложные продукты и запасные части в короткие сроки, которые либо невозможно изготовить традиционными ме-тодами, либо требуется производить в небольших количествах. Во-вторых, передача файлов с 3D-моделями на любые расстояния позволяет осуществлять производство на местах, близких к месту эксплуатации. Это упрощает ремонт и замену деталей сборочных единиц. В-третьих, АТ позволяют создавать материальные объекты, наиболее точно соответствующие заданной цифровой модели. В-четвертых, они способствуют экономии исходного сырья и минимизации отходов. В отличие от традиционных технологий, где производственные отходы могут достигать 70 %, при использовании АТ этот показатель близок к нулю. Кроме того, АТ обеспечивают относительную точность параметров изделий, снижают число деталей в сборочной единице, а также уменьшают вес готовой

детали (до 40 % от общей массы) благодаря возможности оптимизации ее геометрии. Наконец, они позволяют экономить время и сокращать стоимость изготовления отдельных деталей.

Все перечисленные преимущества свидетельствуют о рациональности применения АТ для значительного повышения эффективности технологических процессов производства и ремонта промышленной техники. Применение АТ может существенно улучшить традиционный метод производства и способствовать переходу на стадию нового индустриального развития – цифровое производство, которое во многом превосходит традиционное [4].

Таким образом, можно сделать вывод, что АТ представляют собой эффективный способ ускорить и оптимизировать процесс производства промышленной техники. В перспективе, традиционные методы производства будут заменены всеобщим использованием 3D печати.

## Источники

1. Валетов В.А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы): учеб. пособие. СПб.: Университет ИТМО, 2015. 63 с.

2. Зленко М.А., Нагайцев М.В., Довбыш В.М. Аддитивные технологии в машиностроении. М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. 560 с.

3. Лавриков В.А., Титенков В.В., Рукавишников В.А. Современные технологии 3d моделирования: проблемы, решения и перспективы // Тинчуринские чтения – 2023 «Энергетика и цифровая трансформация»: элект. сб. ст. по матер. Междунар. молод. науч. конф.: в 3 т. / под общ. ред. ректора КГЭУ Э. Ю. Абдуллазянова. Казань, 2023. Т. 2. С. 313–316.

4. Рукавишников А.А., Прец М.А. Особенности подготовки специалистов для цифрового проектирования // Современные цифровые технологии: проблемы, решения, перспективы: матер. Нац. (с междунар. уч.) науч.-практ. конф. / под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. Казань, 2022. С. 220–223.

УДК: 378.1

# ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

Васильев Альберт Валерьевич[1], Завада Галина Васильевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]vasilev_albert123@mail.ru

В данной статье анализируются актуальные вопросы, связанные с качеством высшего образования в России. Показано наличие исторических, финансово-экономических, социальных, правовых, духовно-нравственных и инструментальных аспектов проблемы. Анализируя финансово-экономические, отмечается, что существовавшая долгое время тенденция коммерциализации государственных вузов снижала качество образования в стране. Особое внимание уделено проблеме использования информационных и цифровых технологий в образовании, отмечается неэффективность и чрезмерное использование этих технологий в отдельных вузах без должного научного и методического обоснования. Подчеркивается необходимость разработки новых правовых основ для регулирования этих вопросов и опоры на собственные модели и традиции образовательных стандартов.

**Ключевыеслова:** проблемы качества, высшее образование, образовательный процесс, информационные технологии, коммерциализация, реформирование, модернизация, регулирование

# QUALITY ISSUES IN HIGHER EDUCATION IN MODERN SOCIETY

Vasiliev Albert Valerievich[1], Zavada Galina Vasilyevna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]vasilev_albert123@mail.ru

This article analyzes topical issues related to the quality of higher education in Russia. The presence of historical, financial, economic, social, legal, spiritual, moral and instrumental aspects of the problem is shown. Analyzing the financial and economic, it is noted that the long-standing trend of commercialization of state universities reduced the quality of education in the country. Special attention is paid to the problem of the use of information and digital technologies in education, the inefficiency and excessive use of these technologies in individual universities without proper scientific and methodological justification is noted. The need to develop new legal frameworks for regulating these issues and relying on their own models and traditions of educational standards is emphasized.

**Keywords:** quality issues, higher education, educational process, information technologies, commercialization, reforming, modernization, regulation

Основы государственной политики в образовании, включая высшее, были утверждены в законах 1996 года и Национальной доктрине 2000 г. С 2013 г. действует Федеральный закон «Об образовании в РФ» (№ 273-ФЗ).

Все указанные документы большое внимание уделяли вопросу качества, в том числе высшего образования. Проводя обзор тех проблем, которые влияют на качество высшего образования, остановимся не некоторых.

Несомненно, одна из важнейших проблем системы, непосредственно влияющая на качество высшего образования – финансовая. Финансирование вузов существенно влияет на их функционирование и качество образования. Тенденция сокращения бюджетных средств и переход к платному обучению в России имеют исторические корни. Реформы в образовании требуют улучшения оплаты труда и новой модели финансирования [1]. Можно отметить, что, понимая необходимость обеспечения технологического суверенитета страны, государство стало активно поддерживать высшее образование, значительно увеличивая число бюджетных мест и проводя серьезную грантовую поддержку. Так, можно отметить, что на финансирование проекта «передовые инженерные школы» в 2023 г. выделено свыше 10 млрд рублей [2].

Актуальным трендом современной системы образования является цифровизация В последние десятилетия в России во всех областях, включая образование, внедрены новые информационные технологии. Однако их эффективность в повышении качества высшего образования вызывает сомнения [3]. Студенты, полагаясь на интернет, часто только механически воспроизводят информацию, не глубоко анализируя ее. А ведь под предлогом эпидемии государство ускорило цифровизацию образования, внедряя дистанционное обучение, которое представлялось в тех условиях  как единственный вариант, позволивший не нарушить целостность исистемность образовательного процесса. Такая цифровизация, по мнению мнгоих исследователей и педагогов, породила ряд специфических проблем.

В частности, отмечают, что дистанционное обучение критикуется как лишающее детей способности самостоятельно мыслить. Еще один серьезный момент связан с нарушениями ФЗ «Об образовании», упомянутого выше, состоящими в необходимости регистрироваться на платных платформах, что подразумевает передачу данных неизвестным лицам. Это приводит к нарушению правил, запрещающих использование технологий, вредящих здоровью детей [4].

Решение проблем качества высшего образования в России требует переосмысления внедрения информационных технологий и отказа от дистанционного обучения. Способы решения проблем могут быть следующими.

В условиях сильной конкуренции в научной и технической сфере, которая быстро меняет образ жизни, требуется изменение стандартов образования, включая высшее образование в России. Необходимо создать

новую модель модернизации образования, разработав долгосрочную Национальную доктрину развития образования. Государство должно полностью финансировать образовательные учреждения, включая государственные вузы, чтобы соответствовать требованиям Конституции РФ об обеспечении граждан высшим образованием на бесплатной основе [5]. При изменении экономической политики есть возможность перейти от платного обучения к бесплатному за счет государственного бюджета.

Развитие высшего образования и его качество напрямую зависят от финансовых ресурсов. Необходимо совершенствовать систему оплаты труда работников бюджетной сферы и создавать новую модель финансирования образования. Важно повысить зарплату преподавателей и ученых, чтобы привлекать квалифицированный персонал.

Чтобы изменить негативные аспекты использования информационных технологий в образовании, нужно разработать новые законы и, может быть, провести реформы, которые должны сохранить традиционные образовательную систему страны, обеспечивающую реальные знания и качественное высшее образование [6, 7].

Подводя итог, можно заключить, что проблемы повышения качества высшего образования в России затрагивают различные аспекты, включая исторические, финансовые, правовые, социальные, духовно-нравственные и инструментальные. Анализ этих вопросов указывает на необходимость усиления государственной финансовой поддержки, перехода к бесплатному обучению и достаточного бюджетного финансирования высшего образования. Это важно для реализации национального проекта по повышению доступности и качества образования.

## Источники

1. Тодис Л.М., Виноградова Т.В., Андронычева А.С. Современные проблемы высшего образования в России и возможные пути их решения // Современное педагогическое образование. 2023. № 3. С. 78–81.

2. Объем финансирования на развитие передовых инженерных школ увеличен в 4 раза [Электронный ресурс]. URL: https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/novosti-ministerstva/64190/ (дата обращения 14.11.2023).

3. Леонтьева О.Н., Иваницкая И. П., Актуальные проблемы современной системы образования // Научный лидер. 2022. № 44 (89). С. 31–33.

4. Качество образования как многократная структура подготовки специалистов / Б.А. Воронин [и др.] // Московский экономический журнал. 2022. № 4. С. 354–362.

5. Урусова Л.Х., Шигалухова М.Х. О проблеме современного образования в условиях глобализации // Образование и право. 2022. № 4. С. 240–244.

6. Бровкин А.В. Проблемы современной российской системы высшего образования и пути их решения в интересах всех участников образовательного процесса // Современное образование. 2018. № 1. С. 1–10.

7. Иванько Н.А. Система образования в современной России: достижения и просчеты, задачи и пути решения // Знание. Понимание. Умение. 2023. № 2. С. 24–36.

УДК 378.1

# ПРОБЛЕМЫ ИНТЕГРАЦИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС

Гайнутдинова Диляра Фаритовна[1], Гайнутдинов Фарит Ринатович[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]gaynutdinova.df@kgeu.ru, [2]ebkkk@yandex.ru

Внедрение искусственного интеллекта в процесс образования неотложная потребность современного общества, открывающая новые возможности повышения качества обучения. В статье рассмотрены преимущества, вызовы, примеры использования искусственного интеллекта и потенциальные перспективы его использования.

**Ключевые слова:** инженерное образование, искусственный интеллект, информационные технологии, интерактивные образовательные платформы, чат-бот.

# PROBLEMS OF INTEGRATING ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO THE EDUCATIONAL PROCESS

Gaynutdinova Dilyara Faritovna[1], Gaynutdinov Farit Rinatovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]gaynutdinova.df@kgeu.ru, [2]ebkkk@yandex.ru

The introduction of artificial intelligence into the educational process is an urgent need of modern society, which opens up new opportunities to improve the quality of education. The article discusses the advantages, challenges, examples of the use of artificial intelligence and potential prospects for its use.

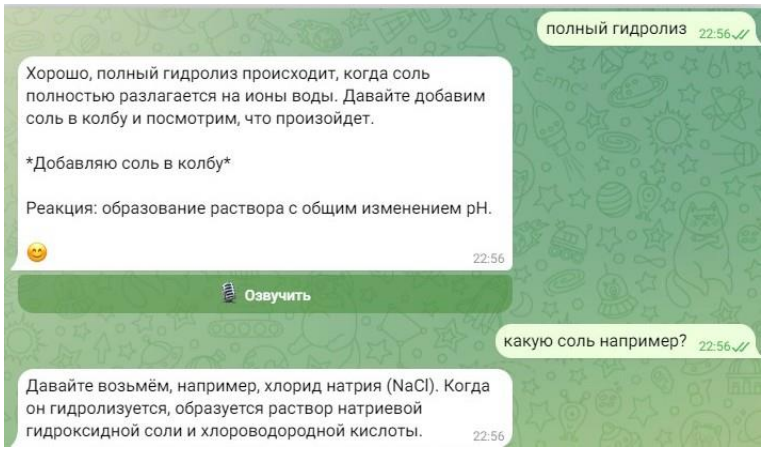
**Keywords:** engineering education, artificial intelligence, information technology, interactive educational platforms, chat-bot.

В современных условиях развития науки и техники, инженеры должны быть готовы к использованию искусственного интеллекта (ИИ) в своей профессиональной области. По этой причине обновляются образовательные стандарты высшей школы, в которых уточняются получение компетенций ИИ.

Искусственный интеллект – компьютерные системы выполняющие функции использования накопленных знаний, обучения, планирования действий, понимания языка, формулирования логических выводов и т. д., то есть технологии, решающие задачи, требующие человеческого интеллекта [1].

В реализации инженерного образования прослеживаются как минимум три направления его вовлечения в процесс: при формировании профессиональных компетенций в области информационных технологий, изучении дисциплин различного цикла учебных планов и в научно-исследовательской работе студентов, преподавателей.

При изучении учебных дисциплин химического цикла используются многочисленные веб-ресурсы, интерактивные образовательные платформы [2, 3]. Возможно осуществление взаимодействия интерактивных образовательных платформ и искусственного интеллекта. В обучающий контент добавляется анализ персональных данных студентов, создаются индивидуальные образовательные планы обучающихся и другие «интеллектуальные» действия. ИИ встраивается в платформы для автоматизации обратной связи со студентами в виде чат-ботов, отвечающих на предметные вопросы. Чат-боты порой не совсем «химики». Например, одна из доступных на сегодняшний день, передовая система искусственного интеллекта ChatGPT допускает некорректные выводы, требующие редактирования. На рисунке «беседа» с ChatGPT RF (bot) «Химическая колба» на платформе Telegram. В ответах бота ни одного правильного ответа, на заданные вопросы. Допущены элементарные ошибки: соль не разлагается на ионы воды, хлорид натрия не подвергается гидролизу и в результате растворения поваренной соли в воде не образуются вещества, что указывают на проблему искусственного интеллекта, а именно на непроработанный понятийный аппарат. Очевидно, что информационные технологии, подобного уровня не ведут к улучшению качества образовательного процесса и требуют осторожности в применении. Контроль качества работы ИИ при его внедрении в обучение студентов является обязательным.




ChatGPT RF (bot) /mode. Режим чата «Химическая колба»

Следовательно, для успешного применения ИИ в обучении химии обязательны массивные объемы данных, базы химических соединений, формулы, данные экспериментов и т. д.

Возможная интеграция ИИ в изучение дисциплины «Химия» предложена в таблице.

Пример интеграции искусственного интеллекта
в изучение дисциплины «Химия»

| Раздел дисциплины «Химия» | Методы ИИ | Возможности ИИ |
|---|---|---|
| Строение вещества | Методы машинного обучения, моделирование данных, нейронные сети, генетические алгоритм | Анализ структуры и состава веществ с целью предсказания их физических, химических свойств, поиск закономерностей между структурой вещества и его свойствами |

Системы на основе искусственного интеллекта детально рассматривают результаты тестов, заданий и учебной активности студентов, определяют уровень знаний и понимания предметных тем, а кроме того предлагают персонализированные рекомендации по дополнительному обучению, для улучшения получаемых компетенций в различных областях науки. Перестройка учебного контента к потребностям студента, способствует пониманию трудных теоретических категорий и повышению эффективности обучения.

Поддержка ИИ используется в научных исследованиях студентов и преподавателей путем обработки и анализа больших объемов данных, создания вероятностных прогнозов, автоматизации процессов, разработки интеллектуальных систем принятия решений, в развитии технологий автономных систем, роботов, транспортных средств, беспилотных летательных аппаратов и др..

На текущий момент, технологии искусственного интеллекта в образовании используются частично. Прогресс в этой области позволит студентам и преподавателям приобрести доступ к дополнительным учебным ресурсам, к таким как интеллектуальные образовательные платформы, дополненные реальности визуализации химических процессов, автоматизированные тесты, образовательные материалы, способные динамически адаптироваться к уровню знаний и способностям студентов, обучающие чат-боты.

## Источники

1. Дробахина А.Н. Информационные технологии в образовании: искусственный интеллект // Проблемы современного педагогического образования. 2021. № 70-1. С. 125–127.

2. Гайнутдинова Д.Ф. Оценка возможностей различных образовательных web-сервисов в высшей школе // Внедрение научных исследований в образовательный процесс вуза: матер. II Междунар. Круглого стола, посвященного Дню преподавателя высшей школы. Казань, 2022. С. 137–140.

3. Горбачева О.А., Горлова Ю.И., Никитина И.В. Виды и возможности интернет сервисов и платформ для организации дистанционного обучения студентов вузов // Ученые записки ОГУ. Серия: Гуманитарные и социальные науки. 2020. № 2 (87). С. 157–160.

УДК 67.05

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ

Галиулина Алина Радиевна[1], Рукавишников Виктор Алексеевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]galiulinaa8@gmail.com, [2]rukavishnikov_v@mail.ru

В статье рассматриваются преимущества и эффективность использования аддитивных технологий в производстве. Сравниваются аддитивное и традиционное производство.

**Ключевые слова:** аддитивные технологии, эффективность, 3D-приборы, актуальность, промышленность.

# EFFICIENCY OF USING ADDITIVE TECHNOLOGIES IN PRODUCTION

Galiulina Alina Radievna[1], Rukavishnikov Viktor Alekseevich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]galiulinaa8@gmail.com, [2]rukavishnikov_v@mail.ru

The article discusses the advantages and effectiveness of using additive technologies in production. Comparison of additive and traditional production.

**Keyword:** additive technologies, efficiency, 3D-devices, relevance, industry.

Аддитивные технологии (АТ) на основе компьютерной 3D-модели позволяют изготавливать любое изделие последовательно и послойно. Этот процесс создания объекта также известен как «выращивание» из-за его постепенного формирования. В отличие от традиционного производства, где мы начинаем с заготовки и удаляем или деформируем излишки, аддитивные технологии позволяют создавать новые изделия с нуля из аморфного расходного материала [1]. В зависимости от выбранной технологии, объект может быть построен снизу-вверх или сверху-вниз, что позволяет ему приобрести различные свойства.

Первоначально системы аддитивного производства были преимущественно ориентированы на использование полимерных материалов. В настоящее время 3D-принтеры, которые являются символом аддитивного производства, способны работать не только с полимерами, но и с инженерным пластиком, композитным порошком, различными металлами, керамикой и песком [2].

Сегодня использование данных технологий требует подготовки соответствующих кадров. Изучение основ 3D-моделироание является неотъемлемой составляющей обучения в технических вузах. Также в данное направление активно привлекаются обучающиеся общеобразовательных учреждений, что является своего рода работой на перспективу, со стороны государства: данные технологии будут постоянно развиваться и требовать все более компетентный обслуживающий персонал. Рассмотрим положительные стороны использования и развития данных технологий.

Преимущества аддитивных технологий:

1. Улучшенные свойства готовой продукции. Послойное создание элемента является одним из уникальных и несомненно важных преимуществ. Как показывается практика, при создании металлических деталей по данной технологии, конечный продукт выигрывает у аналогов, изготовленных методами механической обработки и литья, по механическим свойствам, остаточному напряжению и др.

2. Значительное сокращение расходов сырья. Аддитивные технологии эффективно применяются с целью минимизации использования материалов, необходимых для производства определенного изделия. В отличие от традиционных методов производства, где потери сырья могут достигать 80–85 %, аддитивные технологии позволяют сократить эти потери до минимума.

3. Возможность производства изделий с нестандартной геометрией. Оборудование, предназначенное для аддитивных технологий, предоставляет возможность производства предметов, которые невозможно получить с использованием других методов. Например, такие предметы могут содержать детали, расположенные внутри других деталей, или включать в себя сложные системы охлаждения, основанные на сетчатых конструкциях, чего невозможно достичь с помощью литья или штамповки.

4. Ускорение обмена данными и мобильность производства. Чертежи, замеры и громоздкие образцы заменились компьютерными моделями будущего изделия, которые можно передать в считанные минуты любому пользователю интернета.

5. Сокращение трудоемкости работы конструктора. Использование 3D-принтера позволяет пропустить некоторые из этапов при изготовлении деталей традиционными технологиями. Например, позволяет обходиться без предварительных заготовок.

Аддитивные технологии активно развиваются и могут в ближайшем будущем стать передовыми в сфере промышленности. Данные технологии обладают рядом значительных преимуществ. Во-первых, благодаря более

экономичному использованию материалов, они способны увеличить коэффициент интенсивности материалов, что в свою очередь приводит к повышению эффективности производства процесса. Во-вторых, АТ позволяют существенно ускорить процесс производства, что является важным фактором для современных промышленных предприятий [3].

Несмотря на то, что данные технологии появились лишь несколько десятков лет назад, они обладают потенциалом стать передовыми на производстве. Процесс работы с использованием автоматизированных технологий становится все более распространенным и успешно заменяет ранее применяемые технологии производства. Данная тенденция требует применения инструментов для дополнительного мотивирования обучающихся для развития в данной сфере. Например, в КГЭУ на базе кафедры «Инженерно-геометрического моделирования» активно ведется подготовка к олимпиадам по данной дисциплине, а также кафедра содействует реализации студенческих стартапов и грантов, связанных с инженерно-геометрическим моделированием.

## Источники

1. Ключко А.Д., Гареева Г.А., Григорьева Д.Р. Аддитивные технологии и эффективность их использования в производстве // Символ науки: международный научный журнал. 2018. № 1-2. С. 27–29.

2. Эффективность использования аддитивных технологий как альтернативы традиционным субтрактивным технологиям при изготовлении сложных деталей из металла / А.С. Агафонцев [и др.] // Труды РФЯЦ-ВНИИЭФ. 2017. № 22-2. С. 228–231.

3. Рукавишников В.А., Прец М.А. Образование и 3D цифровая индустриальная революция // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VIII Нац. науч.-практ. конф. / редкол.: Э.Ю. Абдуллазянов (гл. ред.), И.Г. Ахметова, О.В. Козелков, О.В. Цветкова. Казань, 2023. С. 557–559.

УДК 378.14

# ПРОДУКТИВНОСТЬ ОНЛАЙН-ОБУЧЕНИЯ В ВУЗЕ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Гельдыева Разиля Азатовна[1], Завада Галина Владимировна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]razilyaurum25@gmail.com, g.zavada@mail.ru

В тезисе рассматриваются проблемы, с которыми столкнулись преподаватели и обучающиеся при дистанционным обучением. В настоящее время онлайн обучение эта перспектива для тех, кто не может лично принимать участие в учебном процессе, к сожалению, данная перспектива имеет множество несовершенств, которые стоит доработать, это касается подачи информации, технической оснащенности, контактной работы.

**Ключевые слова:** онлайн-обучение, образование, профессиональное обучение, студент, преподаватель.

# PRODUCTIVITY OF ONLINE LEARNING IN HIGHER EDUCATION AT THE PRESENT STAGE

Geldiyeva Razilya Azatovna[1], Zavada Galina Vladimirovna[2]
KSPEU, Kazan
razilyaurum25@gmail.com, g.zavada@mail.ru

This thesis examines the problems that teachers and learners have encountered with distance learning. Currently, online learning is a perspective for those who cannot personally participate in the learning process, unfortunately, this perspective has many imperfections that should be improved, this concerns the presentation of information, technical equipment, contact work.

**Keywords:** online learning, education, professional learning, student, instructor.

В настоящее время онлайн-обучение становится перспективным аналогом традиционной формы получения профессионального образования. Любые курсы, семинары и отдельные практики теперь можно пройти в онлайн-формате. Это удобно для людей, которые не могут присутствовать лично; такой формат позволяет обучаться в комфортной для себя среде, способствует организации учебной работы по индивидуальному плану. Но является ли это продуктивной формой получения образования? После того, как в 2020 г. все учебные заведения невольно стали участниками незапланированного перехода к дистанционным технологиям в обучении, внимание к достоинствам и недостаткам, проблемам и перспективам такого формата обучения стало повсеместным.

Проведенное в 2021 г. исследование Я.О. Кухарского показало, что обучающиеся и преподаватели не согласны переходить на дистанционное обучение полностью, больше 80 % опрошенных высказались за смешанный формат, с обязательны очным обучением [1]. Исследование показало наличие ряда проблем в реализации онлайн-обучения, которые предстоит решить, если мы хотим усилить его роль в получении образования.

К первой группе можно отнести технические проблемы, такие как, оснащенность оборудованием, исправным интернетом. Это первостепенные проблемы для онлайн-обучения, для решения которых исследователи и практики отмечают возросшую необходимость в новых условиях существенной финансовой поддержки сферы высшего образования со стороны государства [2]. В качестве путей решения отмеченных проблем мы предлагаем ряд возможных путей:

– организация сервиса по аренде техники и волонтерского движения, которое будет помогать в аренде и сервисе;

– установление сети Wi-Fi в определенных зонах, для обеспечения бесперебойной учебной работы студентов.

Проблема технического оснащения касается учебно-методического обеспечения кафедр. Задачи, стоящие перед преподавательским составом, требуют не только необходимой методической основы, но и наличия у педагогов навыков работы с дистанционными технологиями контекстного и проектного обучения, а также творческого подхода непосредственно к процессу онлайн-обучения.

Во вторую группу возможных проблем при переходе на онлайн-обучение необходимо отнести специфику самого обучения, построения занятий, передачи информации и формирования необходимых компетенций у обучающихся [3–5]. К сожалению, когда дистанционное обучение принудительно вошло в нашу жизнь, не все преподаватели смогли воспользоваться возможностями интернет-пространства. Необходимо при планировании и проведении программ повышения квалификации преподавателей вводить курсы, на которых будут разбираться площадки для обучения в онлайн-пространстве, а также их возможности, методические особенности ведения групповых или персональных занятий, специфика ведения лекций и практик и т. п. Важно обратить внимание на различные платформы, найти наиболее удобную. В настоящее время разработаны и предлагается множество платформ, но не все удобны и бесплатны, каждая совмещает только что-то одно, значит стоит задуматься о создании универсальной, на которой будет площадка для общения, чаты, отдельные и общие, площадка для проведения лабораторных работ, возможно анимация, симуляторы. Связь между студентом

и преподавателем важна, так как преподаватель не может оценить степень понимания информации у студента через камеру или по голосу. Чтобы избежать таких моментов, нужно дать студентам возможность, например, записывать свои вопросы в течение занятия, а за какое-то время до окончания пары разобрать их. Озвучивать непонимание, предложения и вопросы сразу, как со стороны обучающихся, так и преподавателей.

Важный момент – учет возраста преподавателя, так как прошедший «пандемийный» опыт показал, что не все пожилые преподаватели могут освоить программу. Для таких случаев возможно приставить помощника или ассистента преподавателя, или сотрудника специальной службы вуза для обеспечения полноценной учебной работы.

Подводя итог вышесказанному, отметим, что поставленные проблемы могут и должны быть решены в ближайшее время, поскольку переход на цифровизацию в образовании является закономерным процессом развития общества.

## Источники

1. Кухарский Я.О. Профессиональное обучение и повышение квалификации персонала: проблемы дистанционного обучения // Гуманитарный научный журнал. 2021. № 3. С. 70–74.

2. Аветисян И.А. Проблемы повышения качества высшего профессионального образования в современной России: история и пути их решения // Вопросы территориального развития. 2021. Т. 9, № 2. DOI: 10.15838/tdi.2021.2.57.5 (дата обращения: 23.10.2023).

3. Вафина Е.А., Сабанцева Е.А. Инновационные подходы преподавания при дистанционном обучении в системе профессионального обучения // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 68-4. С. 27–29. DOI: 10.18411/lj-12-2020-140 (дата обращения: 23.10.2023).

4. Антонова А.В., Романова Л.М. Интеракция и визуализация в лекциях по высшей математике // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2018. Т. 10, № 1 (37). С. 105–114.

5. Толстобоков О.Н. Современные методы и технологии дистанционного обучения: моногр. М.: ООО «Издательство «Мир науки», 2020. 72 с.

УДК 37.015

# РОЛЬ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Гибадуллина Азалия Азатовна[1], Зарипова Римма Солтановна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]azaliya2002@mail.ru

В статье исследуется роль мобильных приложений в образовательном процессе. В современном обществе использование мобильных устройств становится все более распространенным, и образовательные учреждения не остаются в стороне от этой тенденции. Мобильные приложения предлагают новые возможности для обучения и обмена знаниями, а также способствуют повышению мотивации и интереса учащихся к образованию. В статье рассмотрены различные типы мобильных приложений, их преимущества и недостатки, а также приводятся примеры успешного использования мобильных приложений в образовательном процессе.

**Ключевые слова:** мобильные приложения, образовательный процесс, обучение, мотивация, интерес.

# THE ROLE OF MOBILE APPLICATIONS IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Gibadullina Azaliya Azatovna[1], Zaripova Rimma Soltanovna[2]
KSPEU, Kazan
1[4]azaliya2002@mail.ru

This scientific article explores the role of mobile applications in the educational process. In modern society, the use of mobile devices is becoming increasingly common, and educational institutions are not left behind in this trend. Mobile applications offer new opportunities for learning and knowledge exchange, as well as contribute to increasing motivation and interest in education among students. The article discusses various types of mobile applications, their advantages and disadvantages, and provides examples of successful use of mobile applications in the educational process.

**Keywords:** mobile applications, educational process, learning, motivation, interest

С развитием информационных технологий и распространением мобильных устройств, использование мобильных приложений в образовательном процессе становится все более актуальным. Мобильные приложения предлагают новые возможности для обучения и обмена знаниями, а также способствуют повышению мотивации и интереса учащихся к образованию [1].

Типы мобильных приложений. Существует несколько типов мобильных приложений, которые могут использоваться в образовательном процессе. Одним из самых распространенных типов являются приложения

для электронных учебников [2]. Эти приложения позволяют учащимся получать доступ к учебному материалу в любое время и из любого места. Они также предлагают интерактивные возможности, такие как тесты и задания, что способствует более эффективному усвоению материала.

Другим типом мобильных приложений являются приложения для организации и планирования учебного процесса. Эти приложения помогают учащимся структурировать свое время, создавать расписание занятий и напоминания о заданиях и сроках сдачи. Они также позволяют учителям отслеживать прогресс учащихся и давать обратную связь.

Преимущество мобильных приложений. Использование мобильных приложений в образовательном процессе имеет ряд преимуществ [3]. Во-первых, мобильные приложения позволяют учащимся получать доступ к образованию в любое время и из любого места [4]. Это особенно полезно для тех, кто не имеет возможности посещать традиционные учебные заведения, такие как дистанционное обучение или обучение на дому. Во-вторых, мобильные приложения предлагают интерактивные возможности, которые делают обучение более интересным и захватывающим. Учащиеся могут выполнять задания, проходить тесты и получать мгновенную обратную связь, что способствует более эффективному усвоению материала. В-третьих, использование мобильных приложений повышает мотивацию учащихся к образованию. Многие приложения предлагают системы наград и достижений, которые стимулируют учащихся к достижению лучших результатов и преодолению трудностей.

Недостатки мобильных приложений. Однако использование мобильных приложений в образовательном процессе также имеет некоторые недостатки. Во-первых, не все учащиеся имеют доступ к мобильным устройствам и интернету. Это может создавать неравенство в доступе к образованию и ограничивать возможности использования мобильных приложений [5]. Во-вторых, некоторые учащиеся могут испытывать трудности с самоорганизацией и дисциплиной при использовании мобильных приложений. Они могут быть отвлечены от учебного процесса другими функциями мобильного устройства или не следовать заданным срокам и планам.

Несмотря на некоторые недостатки, существуют примеры успешного использования мобильных приложений в образовательном процессе. Одним из таких примеров является приложение Duolingo, которое помогает учащимся изучать иностранные языки. Приложение предлагает интерактивные упражнения, игры и тесты, что делает процесс изучения языка увлекательным и эффективным.

Еще одним примером успешного использования мобильных приложений является приложение Khan Academy. Это приложение предлагает образовательные видео, уроки и задания по различным предметам. Оно позволяет учащимся учиться в своем собственном темпе и получать индивидуальную поддержку и обратную связь.

Мобильные приложения играют важную роль в современном образовательном процессе. Они предлагают новые возможности для обучения и обмена знаниями, а также способствуют повышению мотивации и интереса учащихся к образованию. Однако необходимо учитывать некоторые недостатки, такие как доступность мобильных устройств и самоорганизация учащихся. В целом, использование мобильных приложений в образовательном процессе имеет большой потенциал для улучшения качества образования и развития учащихся.

## Источники

1. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Особенности создания мобильных приложений на языке Java // Эффективные системы менеджмента: стабильное качество в нестабильных условиях: матер. X юбил. Междунар. науч.-практ. форума. Казань, 2023. С. 165–167.

2. Емдиханов Р.А., Смирнов Ю.Н. Основные этапы и стратегии успешной цифровой трансформации // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: матер. Междунар. науч.-техн. конф. Казань, 2023. С. 216–218.

3. Алемасов Е.П., Зарипова Р.С. Мобильные приложения в образовательном процессе // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: матер. XX открытой Всерос. конф. М., 2022. С. 118–119.

4. Юртаев В.В., Николаева С.Г. Базы данных как уязвимость организации // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: матер. Междунар. науч.-техн. конф. Казань, 2023. С. 256–260.

5. Алемасов Е.П., Зарипова Р.С. Тенденции развития сферы мобильных приложений в современном обществе // Социальная онтология России: сб. науч. ст. по докл. XIV Всерос. Копыловских чтений. Новосибирск, 2020. С. 399–402.

УДК 378.2

# МОДЕЛЬ ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ СТУДЕНТОВ КАК ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Завада Галина Владимировна[1], Говорков Игорь Владимирович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[2]iv.govorkov@gmail.com

Модели психолого-педагогического сопровождения студентов, позволяют повысить эффективность процесса становления студента и оптимизировать стратегию достижения целей в период обучения с наименьшим стрессом для обучающегося.

**Ключевые слова:** модель, психолого-педагогическое сопровождение, исследование, студент.

# DESCRIPTION OF EXISTING MODELS OF PSYCHOLOGICAL AND PEDAGOGICAL SUPPORT FOR STUDENTS

Zavada Galina Vladimirovna[1], Govorkov Igor Vladimirovich[2]
[1,2]KState Power Engineering University, Kazan
[2]iv.govorkov@gmail.com

Models of psychological and pedagogical support for students make it possible to increase the efficiency of the student’s development process and optimize the strategy for achieving goals during the learning period with the least stress for the student.

**Keywords:** model, psychological and pedagogical support, research, student.

Современная образовательная среда предъявляет высокие требования к успешному развитию личности студента. В связи с этим, важное значение приобретает модель психолого-педагогического сопровождения, которая представляет собой систему мер и методов, направленных на поддержку обучающихся в их личностном, социальном и учебном развитии. В данной статье рассмотрим модель психолого-педагогического сопровождения как предмет исследования [1].

Модель психолого-педагогического сопровождения – это система взаимосвязанных компонентов, объединенных для обеспечения полноценного обучения и развития личности обучающегося [2]. Она включает в себя не только аспекты образовательного процесса, но и факторы психологической поддержки, создавая благоприятные условия для успешного становления личности.

Психолого-педагогическое сопровождение рассматривается как сложный феномен, требующий междисциплинарного подхода. Исследования в этой области охватывают психологические, педагогические, социологические и медицинские аспекты. Одной из центральных задач является выявление эффективных стратегий и методов сопровождения, способствующих успешному преодолению трудностей обучения и адаптации в образовательной среде [3].

Рассмотрим процессуальная модель психолого-педагогического сопровождения профессионального становления специалиста. В целях выявления ее свойств и отличительных качеств [4].

Основными структурными компонентами модели являются:

1. Целевой блок – выявление общих целей развития экспертов и целей социально-педагогической поддержки; теория и методология, содержащая методы и принципы, на которых базируются содержание и приемы психолого-педагогической поддержки.

2. Организационно-структурный блок, который включает в себя структурные подразделения, а также все виды функциональных и деловых контактов.

3. Блоки содержания – формируют реальные и специально разработанные учебные проблемы, задачи, ситуации, для решения которых субъекты систем психолого-педагогического обеспечения объединяются в совместную деятельность.

4. Программные блоки. Они включают в себя совокупность всех видов и форм этапов совместной деятельности, всех процессов обучения, функционально обеспечивающих достижение поставленных целей, условий и приемов, связанных с процессом развития профессиональных компетенций специалистов организации.

5. Блок оценки и контроля эффективного выполнения функций. Содержит нормативы и показатели эффективности психолого-педагогического сопровождения, формы, методы и приемы обучения, анализ оценки эффективности психолого-педагогического сопровождения, оценка сформированности важных профессиональных качеств, определяющие ценностную ориентацию и творческий потенциал будущих специалистов, удовлетворенность образованием [3].

В заключении можно сказать, что модель психолого-педагогического сопровождения представляет собой сложный и многогранный объект исследования, требующий внимания ученых из различных областей знаний. Ее понимание и оптимизация способствуют созданию условий для эффективного развития личности в образовательной среде, что является одним из приоритетных направлений современной педагогической науки.

## Источники

1. Морозова Л.Б., Кочнева Е.М. Психологическая безопасность современного учителя // Проблемы современного педагогического образования. Серия: Педагогика и психология. 2018. Вып. 61 (1). С. 364–368.

2. Климов Е.А. Психология профессионального самоопределения. М.: Academia, 2005. 304 с.

3. Зеер Э.Ф. Психология профессий: учебное пособие для студентов вузов. М.: Акад. проект; Екатеринбург: Деловая книга, 2021. 336 с.

4. Психолого-педагогическое взаимодействие участников образовательного процесса: учеб. для вузов: в 2 ч. / под ред. И. В. Дубровиной. 5-е изд., испр. и доп. М.: Изд-во Юрайт, 2023. Ч. 2. 280 с.

5. Кириллова В.Э. Актуализация научно-методического обеспечения воспитательной деятельности педагога-куратора в современном вузе // Актуальные психолого-педагогические проблемы в науке и практике: сб. науч. ст. V Междунар. науч.-практ. конф. Омск : ООО «Полиграфический центр КАН». 2014. С. 237–241.

УДК 378.14

# МАТЕМАТИКА В ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРОВ

Дорофеева Светлана Ивановна[1], Никифорова Светлана Витальевна[2]
[1,2]КНИТУ-КАИ, г. Казань
[1]drf-svetlana@yandex.ru, [2]svetlana1605@yandex.ru

Рассматриваются актуальные вопросы инженерно-технического образования, содер-жание и методы преподавания математики в технических университетах. Цель преподавателей математики – качественная физико-математическая подготовка инженерных кадров.

**Ключевые слова:** инженерно-техническое образование, физико-математическая подготовка, преподавание математики в технических университетах.

# MATHEMATICS IN ENGINEER TRAINING

Dorofeeva Svetlana Ivanovna[1], Nikiforova Svetlana Vital'evna[2]
[1,2]KNRTU-KAI, Kazan
[1]drf-svetlana@yandex.ru, [2]svetlana1605@yandex.ru

The topical issues of engineering and technical education, the content and methods of teaching mathematics at technical universities are considered. The goal of mathematics teachers is high-quality physico-mathematical training of engineering personnel.

**Keywords:** engineering and technical education, physical and mathematical training, teaching mathematics at technical universities.

В настоящее время в силу различных вызовов возникает необходимость импортозамещения продукции и комплектующих в таких областях, как приборостроение, авиа- и вертолётостроение, текстильное производство, фармацевтика, электронная и автомобильная промышленность, топливно-энергетическая сфера, жилищно-коммунальное хозяйство и многие другие. Поэтому востребованы специалисты, имеющие инженерно-техническое образование.

Перед российскими ВУЗами наиболее остро встаёт вопрос качественной и своевременной подготовки инженерных кадров, которые способны в кратчайшие сроки и на высоком уровне осваивать новейшие технологии, проводить их апробацию и внедрять в производственный процесс. При этом важное значение имеет соблюдение баланса между фундаментальными, профессиональными и гуманитарными дисциплинами, а также отражением современных достижений и методов в различных областях науки и практической деятельности.

Считаем, что в технических университетах учебный процесс должен обеспечивать: фундаментальную физико-математическую подготовку; овладение навыками и умениями, необходимыми при решении прикладных задач и проведения научных экспериментов; реализацию творческого потенциала обучающихся, в том числе в научно-исследовательской и опытно-конструкторской работе; навыки сбора научно-технической информации и анализа полученных результатов исследований; развитие коммуникабельных способностей, обеспечивающее общение в профессиональной среде; потребность к самосовершенствованию и самореализации [1].

Дистанционное обучение в настоящее время рассматривается как инновационная форма обучения. Её главной особенностью является возможность получения образовательных услуг без посещения учебного заведения, особенно в условиях нештатных ситуаций. Такой вид обучения базируется на использовании инфокоммуникационных технологий, которое обеспечивает быструю и гибкую адаптацию под потребности студента [2]. Основными задачами внедрения информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в образовательный процесс являются: повышение качества обучения; стимулирование творческой и интеллектуальной активности обучающихся; интеграция всевозможных видов учебной деятельности; разработка и внедрение актуальных средств и методов дистанционного обучения [3].

В Казанском национальном исследовательском техническом университете им. А.Н. Туполева-КАИ (КНИТУ-КАИ) успешно реализуется смешанная система обучения: аудиторные лекционные и практические занятия; дистанционная самостоятельная и индивидуальная работа на платформе BlackBoard Learn (www.bb.kai.ru). У каждого преподавателя КНИТУ-КАИ имеются разработанные в соответствии с рабочими программами дистанционные курсы по читаемым дисциплинам. Студенты, введя уникальный логин и пароль, получают доступ к этим учебным курсам в любое удобное им время.

Таким образом, система дистанционного обучения BlackBoard обеспечивает единую интерактивную среду для обучения, взаимодействия, осуществления контроля образовательного процесса, обмена информацией между студентами и преподавателями, является актуальной и востребованной для обеспечения непрерывной образовательной деятельности ВУЗа [4]. Тем не менее, дистанционный формат обучения не должен мажорировать, а применяться в качестве дополнительной формы обучения. Постоянная обратная связь с преподавателем должна осуществляться исключительно в очном формате.

Считаем, что актуальными вопросами современного инженерного образования являются:

– формирование образовательных программ высшего образования (ОП ВО), которые должны учитывать требования современного рынка труда и устанавливать профессиональные компетенции, предъявляемые к профессиональной деятельности выпускников;

– повышение уровня физико-математической подготовки и увеличение аудиторных часов на её проведение;

– применение на практических занятиях профессионально ориентированных задач в соответствии с направлением подготовки обучающихся;

– активное привлечение студентов к научно-исследовательской работе;

– оптимизация расписания занятий, учитывающее в распорядке дня как студента, так и преподавателя свободное время на развитие творческого потенциала, исследовательской работы, повышение культурного уровня.

## Источники

1. Математическая подготовка студентов инженерных специальностей / С.И. Дорофеева [и др.] // Педагогический журнал. 2023. Т. 13, № 5А. С. 528–536. DOI: 10.34670/AR.2023.90.39.056 (дата обращения: 20.10.2023).

2. Математическая культура и цифровизация в подготовке инженеров / С.И. Дорофеева [и др.] // Педагогический журнал. 2022. Т. 1, № 4-1. С. 784–791. DOI: 10.34670/AR.2022.22.41.095 (дата обращения: 20.10.2023).

3. Гараев Т.К., Утеев В.Д. Информационно-коммуникационные технологии в практике смешанного обучения // Лучшая студенческая статья 2020: сб. ст. II Междунар. науч.-исслед. конкурса: в 5 ч. Петрозаводск, 2020. Ч. 1. С. 66–71.

4. Гараев Т.К., Ильченко П.А. Система дистанционного обучения математике на базе платформы BlackBoard // Заметки ученого. 2021. № 3-1. С. 130–134.

УДК 004.94

# ЗНАЧЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ

Жексенбекова Анель Данияровна[1], Шарипов Ильнар Ильдарович[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]nno06196@gmail.com, [2]sharipov.ii@mail.ru

В данной работе рассматривается роль моделирования в технологическом процессе, описываются этапы создания математических моделей и компьютерное моделирование технологических процессов.

**Ключевые слова:** моделирование, модель, процесс, технологии, технологические процессы, объекты.

# THE IMPORTANCE OF MODELING IN SCIENCE AND TECHNOLOGY

Zhexenbekova Anel Daniyarovna[1], Sharipov Ilnar Ildarovich[2]
KSPEU, Kazan
[1]sevajt859@gmail.com, [2]sharipov.ii@mail.ru

This paper examines the role of modeling in the technological process, describes the stages of creating mathematical models and computer modeling of technological processes.

**Keywords:** modeling, model, process, technology, technological processes, objects.

Процессы моделирования – это представление химических, физических, биологических и других технических процессов, и операций агрегатов на основе модели в программном обеспечении. Основные предпосылки для создания модели включают химические и физические свойства чистых компонентов и смесей, реакции и математические модели, которые вместе позволяют вычислять свойства процесса с использованием программного обеспечения.

Модель – есть отражение существенных сторон модели. Технологическая система является моделируемым объектом. Специалист предметной области, в данном случае инженер-металлург, является субъектом моделирования и создает модель. Следовательно, каждая модель имеет субъективный фактор. Роль субъекта моделирования заключается в определении основных характеристик объекта, которые должны быть отражены в модели. Выбор существенных признаков объекта осуществляется на основе целей создания модели и особенностей моделируемого объекта.

Объект моделирования и модель не идентичны: модель обычно является упрощенной копией моделируемого объекта. В металлургии для объектов наиболее важны физико-химические процессы, лежащие в основе технологий. Так что модели металлургических процессов и объектов должны в первую очередь включать описания химических реакций, явления тепло и массопереноса, гидродинамику, процессы теплообмена и так далее. Выбор метода моделирования зависит от свойств объекта. Сложности обычно возникают при изменении внешних условий работы объекта. Это может быть изменение входных или выходных данных. Изменение условий требует соответствующих изменений в технологическом процессе. Возникает необходимость определить, какие изменения необходимы для достижения технологической цели при новых условиях.

Цели создания модели могут быть различными:

- уточнение закономерностей, управление процессом;
- модель создаётся, как способ для прогнозирования и анализа поведения объекта;
- для поиска оптимальных условий работы объектов;
- для прямого оптимального управления технологическим процессом [2].

Моделирование технологических процессов отличается от исследовательских моделей тем, что оно направлено на поиск количественных связей между параметрами процесса, входными условиями технологической системы и выходными показателями ее технического уровня. Создание технологических моделей всегда связано с оценкой качества и повышением эффективности работы системы. Обычно такие модели базируются на математических моделях отдельных процессов или на общей модели объекта. Однако в некоторых случаях полное аналитическое описание объекта невозможно, и в моделировании используются эмпирические зависимости. Технологические модели обычно создаются для изучения отдельных аспектов работы системы и имеют частный характер.

Таким образом, моделирование играет ключевую роль в технологическом процессе, позволяя улучшить эффективность, качество и безопасность производства. Оно является мощным инструментом для исследования и оптимизации технических систем, предсказания и анализа их поведения, а также для принятия обоснованных решений. Проведение моделирования позволяет экономить время и ресурсы, минимизируя ошибки и риски. Кроме того, моделирование способствует инновациям и развитию новых технологий, помогая предсказывать их возможные последствия и преимущества. В целом, использование моделирования

в технологическом процессе является неотъемлемой частью современной инженерной практики и способствует улучшению и оптимизации процессов в широком диапазоне отраслей промышленности.

## Источники


1. Классификация и способы построения моделей технологических процессов [Электронный ресурс]. URL: https://studfile.net/preview/3189060/page:3/ (дата обращения: 09.11.2023).
2. Моделирование технологических процессов: методы и опыт [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-tehnologicheskih-protsessov-metody-i-opyt?ysclid=loudjof14l900252439 (дата обращения: 09.11.2023).
3. Моделирование технологических процессов и объектов [Электронный ресурс]. URL: https://studizba.com/lectures/inzhenerija/modelirovanie-processov-i-obektov-v-metallurgii/37887-modelirovanie-tehnologicheskih-processov-i-obektov.html (дата обращения: 09.11.2023).
4. Штерензон В.А. Моделирование технологических процессов [Электронный ресурс]. URL: https://rsvpu.ru/filedirectory/3468/shterenzon.pdf?ysclid=loudn2r64x225970671 (дата обращения: 08.11.2023).
5. Моделирование технологических процессов [Электронный ресурс]. URL: https://ntik.ru/services/digital/solutions/modeling?ysclid=loudp7oeam988712159 (дата обращения: 9.11.2023).
6. Компьютерное моделирование технологических процессов [Электронный ресурс]. URL: http://tstu-isman.tstu.ru/pdf/lecture3.pdf (дата обращения: 09.11.2023).

УДК 621.852

# АКТУАЛЬНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЕМЕННЫХ ПЕРЕДАЧ

Заббаров Анир Наилевич[1], Камалов Илюс Фанисович[2],
Рукавишников Виктор Алексеевич[3]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]zabbaroffanir@yandex.ru, [2]kamalov.ilyus@bk.ru, [3]rukavishnikov_v@mail.ru

Ременные передачи позволяют эффективно и надежно передавать движение и усилие в различных технических системах. Они применяются во многих отраслях промышленности, где требуется передача движения с определенными скоростью и регулированием усилия. Благодаря простоте в обслуживании и низкой стоимости ременные передачи остаются популярным выбором во многих технических системах.

**Ключевые слова:** ременные передачи, коэффициент полезного действия, эффективность, виды, достоинства и недостатки ременных передач.

# RELEVANCE AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF BELT TRANSMISSIONS

Zabbarov Anir Nailevic[1], Kamalov Ilyus Fanisovich[2], Rukavicnicov Victor Alekceevic[3]
[1,2,3]KSPEU, Kazan
[1]zabbaroffanir@yandex.ru, [2]kamalov.ilyus@bk.ru, [3]rukavishnikov_v@mail.ru

Belt drives make it possible to efficiently and reliably transmit movement and force in various technical systems. They are used in many industries where motion transmission at a certain speed and force control is required. Due to their ease of maintenance and low cost, belt drives remain a popular choice in many technical applications.

**Keywords:** belt drives, efficiency, efficiency, types, advantages and disadvantages of belt drives.

Использование ременных передач берет свое начало с древних цивилизаций, в качестве привода мельниц и водяных насосов. В период промышленной революции ременные передачи получили широкое распространение в машиностроении, служили для передачи мощности паровых машин к различным механизмам. В начале XX века ременные передачи стали использовать в автомобильной промышленности, для привода генераторов, насосов охлаждающей жидкости, компрессоров и вентиляторов.

С развитием новых материалов и технологий, ременные передачи становятся более прочными, эффективными, надежными и легкими, что позволяют им оставаться важной частью многих технических систем и делает их более привлекательными для применения в таких областях, как промышленность, автомобилестроение и энергетика. Вместе с тем, ременные передачи постоянно совершенствуются и находят новые области применения [1].

Ременные передачи имеют некоторый ряд преимуществ:

1. Эффективность – по сравнению с другими видами передач, такими как цепи и зубчатые ремни, благодаря наименьшей потере энергии из-за трения.

2. Низкий уровень шума – работают плавно, что делает их привлекательными для применения в областях, где шум может быть проблемой.

3. Гибкость – легко настраиваемые и заменяемые без необходимости изменения конструкции механизма, что делает их удобными в использовании и обслуживании.

4. Меньший вес – являются приоритетными в использовании в автомобильной промышленности.

5. Экономичность – ремни стоят довольно дешево, и их замена не требует больших затрат, часто обновлять ремни и шкивы нет необходимости.

Существует несколько различных видов ременных передач, и каждый из них имеет свои преимущества и недостатки (см. таблицу) [1]. Выбор конкретного типа зависит от конкретных требований и условий применения.

Достоинства и недостатки ременных передач

| Достоинства | Недостатки (Особенности) |
|---|---|
| Плоскоременная (самый простой и распространенный тип привода с абсолютно плоской поверхностью) | |
| Простота конструкции.<br>Сравнительно тихая работа.<br>Работа при высоких скоростях | Может скользить при больших нагрузках.<br>Менее эффективный при больших нагрузках |
| Клиноременные (ремни трапециевидного сечения с боковыми рабочими сторонами) | |
| Хорошее сцепление и высокие показатели силы трения.<br>Не требуют большого, натяжения, снижается нагрузка на валы и опоры. Отсутствие сшивок.<br>Стабильная передача мощности.<br>Легкая регулировка | Высокая жесткость.<br>Небольшой срок службы.<br>Узкая сфера применения.<br>Особая механика установки ремня на шкивы |
| Поликлиновые (своеобразный гибрид зубчатого и плоского ремней. Лента ремня имеет несколько зубьев трапецеидального сечения, которые называются ручьями) | |
| Универсальность. Гибкость.<br>Большая поверхность контакта со шкивом. Высокий КПД.<br>Высокие показатели силы трения.<br>Возможность эксплуатации на валах небольшого диаметра. Один ремень передает импульс нескольким узлам.<br>Высокий эксплуатационный ресурс | Чувствительность к смещению шкивов и распараллеливанию ведомого и ведущего валов |

| Достоинства | Недостатки (Особенности) |
|---|---|
| Зубчатые ремни (передача вращения зубчатым ремнем происходит за счет силы трения и благодаря усилиям, образованным при сцеплении с элементами шкивного колеса) | |
| Высокий КПД. Работа при малых межосевых расстояниях. Снижение уровня шума. Снижение нагрузки на подпишниковые узлы | Сложная регулировка, высокая цена |

При выборе ременных передач для конкретной энергоустановки необходимо учитывать требования по передаче мощности, скорости, точности и другие технические характеристики, чтобы обеспечить оптимальную эффективность и долговечность работы системы.

Для повышения КПД используют более современные материалы и корд с высоким модулем упругости. Так же причиной падения КПД ременных передач, является некачественное обслуживание и регулировка «на глаз» – часто это составляет до 10 % потерь механической энергии, что, в свою очередь, ведет к потерям электроэнергии. Именно поэтому чаще всего применяется зубчато-ременная передача, дающая постоянный КПД более 98 %. Как следствие, при учете всех потерь и возможном их устранении, можно повысить КПД передачи и срок её службы [3].

## Источники

1. Преимущества ременного привода [Электронный ресурс]. URL: https://kramp.ru/catalog/section-4694-remennye-privody/ (дата обращения: 25.10.2023).

2. Ременная передача: принцип работы и применение [Электронный ресурс]. URL: https://alfacasting.ru/faq/remennaya-peredaca-princip-raboty-i-primenenie (дата обращения: 25.10.2023).

3. Куликов И.М., Синявский И.М. Повышение КПД ременных передач // Успехи современного естествознания. 2011. № 7. С. 138–138.

УДК 378

# ИНКЛЮЗИВНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ КАК ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА

Закиров Фанис Наильевич[1], Завада Галина Васильевна[2]
[1,2]ФГБОУ «КГЭУ», г. Казань
[1]fanis.zak.00@mail.ru, [2]g.zavada@mail.ru

В статье рассматриваются истоки проблемы инклюзивного образования, его основные принципы, а также основные проблемы и перспективы развития данного образования.

**Ключевые слова:** инклюзивное образование, образовательная среда, специализированная образовательная программа, ограниченные возможности здоровья.

# INCLUSIVE EDUCATION AS A PSYCHOLOGICAL AND PEDAGOGICAL PROBLEM

Zakirov Fanis Nailevich[1], Zavada Galina Vasilievna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]fanis.zak.00@mail.ru, [2]g.zavada@mail.ru

The article examines the origins of the problem of inclusive education, its basic principles, as well as the main problems and prospects for the development of this education.

**Keywords:** inclusive education, educational environment, specialized educational program, limited health opportunities.

Инклюзивное образование остается одной из важных психолого-педагогических проблем в современном образовании. Эта проблема касается создания равных возможностей для обучения и развития каждого ребенка, вне зависимости от его индивидуальных особенностей и способностей.

Инклюзивное образование призвано преодолеть традиционную практику исключения детей с особыми образовательными потребностями из общего образовательного процесса. Истоки этой проблемы связаны с недостаточной осведомленностью общества о потребностях таких детей, а также с отсутствием адаптированных педагогических подходов, способствующих полноценному участию каждого ребенка в учебном процессе [1].

Инклюзивное образование основано на следующих принципах:

1. Равные возможности для обучения. Каждому ребенку предоставляются равные возможности для получения качественного образования без каких-либо форм дискриминации.

2. Индивидуальный подход. Педагогический процесс ориентирован на индивидуальные потребности каждого ученика, учитывая его особенности и способности.

3. Сотрудничество всех стейкхолдеров. Успешное инклюзивное образование требует активного взаимодействия учителей, администрации, родителей и общества в целом.

4. Адаптированная среда обучения. Школьная среда должна быть адаптирована для учащихся с особыми образовательными потребностями, предоставляя необходимые ресурсы и условия для полноценного обучения и развития [2].

Одним из основных вызовов инклюзивного образования является необходимость подготовки квалифицированных педагогов, способных работать с детьми с различными потребностями. Кроме того, необходимо создание специализированных образовательных программ и методик, а также адаптация учебных планов и программ для удовлетворения потребностей всех учащихся [3].

Несмотря на вызовы, инклюзивное образование открывает перспективы для формирования толерантного и включающего общества, способного к принятию разнообразия и поддержке развития каждой личности. Кроме того, оно способствует социализации детей с особыми потребностями и формированию их полноценной жизненной позиции.

Все усилия в области инклюзивного образования должны быть направлены на создание образовательной среды, способствующей максимальному раскрытию потенциала каждого ребенка, независимо от его особенностей. Только таким образом можно обеспечить социальную справедливость и равные возможности для всех учащихся [4].

## Источники

1. Пономарева А.В. Организация доступности высшего профессионального образования для лиц с ограниченными возможностями здоровья // Информатика: проблемы, методология, технологии: матер. XV Междунар. конф. Воронеж, 2015. С. 355–359.

2. Мартынова Е.А. Принципы инклюзивного образования инвалидов и их обеспечение законодательством РФ для системы высшего профессионального образования // Достижения вузовской науки. 2013. № 4. С. 63–68.

3. Максимова Н.А. Формирование компетентности педагогов в процессе дополнительного профессионального образования для осуществления инклюзивного образования: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Кемерово, 2021. 24 с.

4. Савотина Н.А. Проблемы профессионального образования в контексте глобализационных процессов // Современные проблемы профессионального образования: тенденции и перспективы развития: сб. науч. ст. Всерос. науч.-практ. конф. Калуга, 2020. С. 45–69.

УДК 378.126

# ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ: НЕКОТОРЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ФОРМЫ

Иванов Данила Валерьевич[1], Завада Галина Владимировна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]ivanovdanila562@gmail.com

Актуальность проблемы профессионального развития преподавателей связана с постоянными изменениями в самой системе образования. В тезисе представлены основные направления и формы по поддержанию педагогической компетентности.

**Ключевые слова:** преподаватель вуза, повышение квалификации, профессиональное развитие преподавателя

# PROFESSIONAL DEVELOPMENT OF TEACHERS: SOME DIRECTIONS AND FORMS

Ivanov Danila Valerievich[1], Zavada Galina Vladimirovna[2]
KSPEU, Kazan
[1]ivanovdanila562@gmail.com

The relevance of the problem of teachers' professional development is connected with constant changes in the education system itself. The thesis presents the main directions and forms to maintain pedagogical competence.

**Keywords:** university teacher, professional development, professional development of the teacher.

Профессиональное развитие преподавателей является ключевым аспектом образовательной системы, поскольку оно напрямую влияет на качество преподавания и эффективность обучения студентов [1]. В свете постоянных изменений в требованиях к образованию и появлении новых методов и технологий, преподаватели должны постоянно совершенствовать свои навыки и знания, чтобы быть в курсе последних тенденций и достичь максимальной эффективности преподавания [2].

Одним из способов профессионального развития преподавателей является изучение методов и средств, разработанных специально для повышения их квалификации и эффективности преподавания [3].

Один из таких методов – это участие в профессиональных развивающих программах или тренингах, которые предлагают преподавателям возможность изучить новые подходы к обучению, развить навыки планирования и оценки учебного процесса, а также узнать о новейших технологиях и методах обучения [4]. Профессиональные развивающие

программы также предоставляют преподавателям возможность обмениваться опытом и лучшими практиками с коллегами из других образовательных учреждений [5].

Другим важным средством повышения квалификации преподавателей является участие в конференциях и семинарах, посвященных образованию. Они создают условия для знакомства с последними исследованиями и тенденциями в области образования, а также позволяют поделиться своим опытом и идеями с другими участниками. Кроме того, конференции и семинары могут быть полезными для установления контактов и сетевого взаимодействия с другими преподавателями и специалистами в образовательной сфере [6].

Есть и другие инструменты способствующие повышению квалификации и эффективности преподавательской деятельности. Например, онлайн-курсы и вебинары предоставляют преподавателям возможность изучать новые темы и развивать свои навыки, не выходя из дома или офиса. Электронные ресурсы, такие как электронные книги, журналы и базы данных, также могут быть полезными инструментами для изучения новых методов и подходов к преподаванию [7].

Профессиональное развалите преподователей является непрерывным процессом, требующим постоянного обновления и пополнения знаний и навыков. Поэтому преподаватели должны быть готовы вкладывать время и усилия в свое профессиональное развитие, чтобы быть на передовой в своей области и обеспечить максимальную эффективность преподавания [8].

Дополнительные формы профессионального развития преподавателей включают проведение исследований в области образования, участие в проектах совместного обучения с коллегами из других учебных заведений и участие в международные образовательные программы.

Изучение методов и средств, рассчитанных на повышение квалификации и эффективности преподавания, является важным шагом в этом процессе. Преподаватели должны стремиться к совершенствованию своих компетенций и обогащению знаний, чтобы обеспечить максимальную эффективность обучения и достичь высоких результатов в своей профессии.

## Источники

1. Романова Л.М., Фролов А.Г. Компоненты профессиональной деятельности преподавателя вуза на должностных уровнях ассистента и старшего преподавателя // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2009. № 1 (1). С. 136–142.

2. Бережнова Е.В., Магина А.И. Проблемное видение как элемент методологической культуры преподавателя-исследователя // Строительство: Наука и образование. 2020. № 3. С. 68–78.

3. Гарифуллина Р.Р. Проектирование и реализация индивидуальных образовательных маршрутов развития научно-методической компетентности преподавателя вуза в условиях образовательного кластера // Казанский педагогический журнал. 2016. № 4 (117). С. 66–71.

4. Александрова Н.А. Профориентационная деятельность федеральных органов власти: новые тренды и инструменты // Аграрный вестник. 2016. № 9. С. 89–96.

5. Никифорова Е.А. Управление профессиональной ориентацией личности на ранних этапах обучения и развития // Экономика. Бизнес. Банки. 2019. № 7. С. 104–117.

6. Бельницкая Е.А. Подготовка молодых ученых в системе «Школа – Вуз – Национальная академия наук Беларуси» на основе интеграции профориентации, образования и науки // Социальная работа и социальная педагогика в России в исследованиях молодых. 2018. № 1. С. 29–32.

7. Головко О.Н., Тян Н.Г. Развитие профессиональной компетентности будущих специалистов: опыт полиэтничной высшей школы Великобритании // Гуманитарно-педагогическое образование. 2017. № 2. С. 50–55.

8. Шматко А.Д., Ли Ч, Пэн Г., Ши Х., Вопросы управления образовательными организациями в изменяющихся экономических условиях разработка программ профориентации студентов // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 12-1. С. 159–164.

УДК 378:004

# МЕТОД SCRUM В ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ: ПЕРСПЕКТИВЫ И РИСКИ

Ильина Диана Ильсуровна[1], Зарипова Римма Солтановна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
ilinadiana99@gmail.com

В современном мире обучение является важной частью каждого человека. Оно позволяет обучающемуся узнать новую информацию, углубиться в темы, которые ему интересны. Главным проводником в этом процессе выступает университет. Давая множество знаний, он забывает о самом важном – командной работе. В данной статье показан метод scrum, который необходим студентам в изучении. Представлены перспективы развития данного метода и его риски.

**Ключевые слова**: обучение, метод scrum, команда, методология Agile, перспективы, высшее учебное заведение

# SCRUM METHOD IN TEACHING STUDENTS: PROSPECTS AND RISKS

Ilina Diana Ilsurovna, Zaripova Rimma Soltanovna
KSPEU, Kazan, Russia
ilinadiana99@gmail.com

In the modern world, learning is an important part of every person. It allows the student to learn new information, to delve into topics that are interesting to him. The main guide in this process is the university. Giving a lot of knowledge, he forgets about the most important thing – teamwork. This article shows the scrum method, which is necessary for students to study, presents development prospects and risks.

**Keywords:** training, scrum method, team, Agile methodology, prospects, higher education institution

В последнее время метод scrum стал обширно применяться в мире, в том числе в образовании [1, 2]. Scrum – это метод, который позволяет управлять проектами или задачи в небольших группах [3]. Обычно это до девяти человек. Он улучшает качество получения и усваивания знаний за счет того, что каждый участник команды вовлечен в процесс и имеет свою цель [4].

Данный метод имеет разделение ролей. Их выделяют шесть: владелец продукта, команда, scrum мастер, акционер, заказчик и потенциальный пользователь [5]. Каждый выполняет свои функции и несет за них ответственность. В команде разработки есть особенности, которых нет у других. Главной является то, что разработчик – это единственная

роль для членов группы разработки. Scrum не признает другие роли и даже не имеет исключений. Метод Scrum изначально разрабатывался для управления проектами в области разработки программного обеспечения в контексте образования [6]. Это предоставляет новые возможности для организации учебного процесса, стимулирует активное участие студентов в обучении и способствует более эффективному усвоению учебного материала [7].

Метод появился давно. В России обширно он начал использоваться совсем недавно [8]. Например, eduScram начал применяться только с 2018 г., когда Вилли Вейнандс приехал в страну с лекциями. Кстати, он придумал это учебное ответвление в голландской школе. Сейчас eduScram применяется повсеместно в России: Хабаровске, Москве, Иркутске, Томске, Воронеже и Краснодаре.

Найти статистику применения данного метода в российских университетах довольно тяжело, даже невозможно, поэтому был проведен собственный анализ. Был составлен опросник для преподавателей Казанского государственного энергетического университета. Он состоял из таких вопросов, как «Знаете ли Вы о методе Scrum?», «Используете ли Вы его в своем преподавании? Если нет, то планируете?», «Пользуетесь ли Вы сами этим методом?». В опроснике приняли участие 20 преподавателей. Результат можно представить в виде диаграммы (рис. 1).

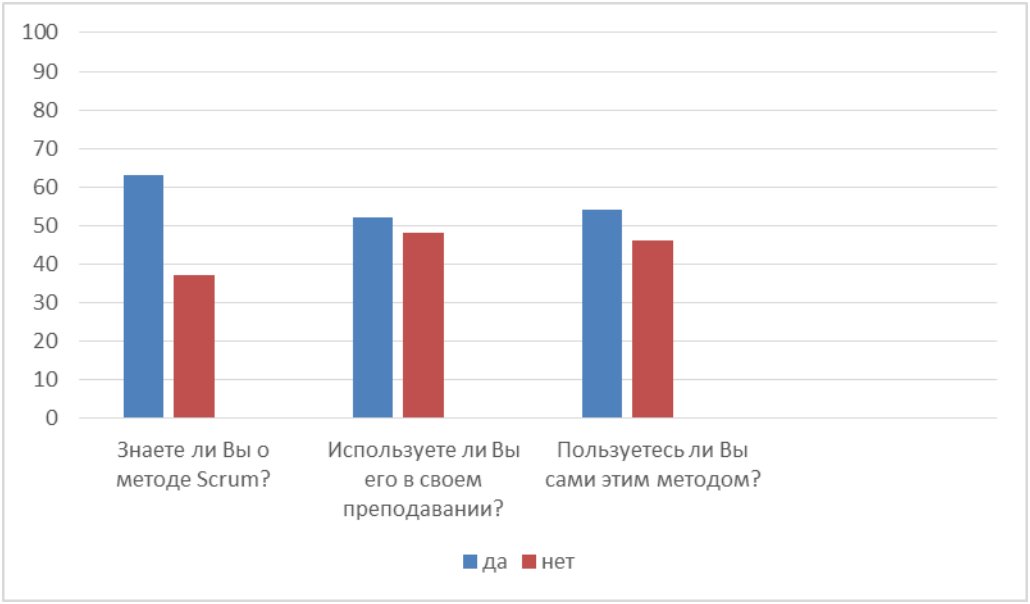



Рис. 1. Результат опроса (%)

Как видно из рис. 1, преподаватели используют данный метод, но не все. Динамика видна и это гарантирует развитие и распространение данного метода в образовании. Применение метода Scrum в образовательном

процессе может способствовать развитию у студентов навыков командной работы, планирования и управления проектами, а также повышению уровня ответственности за результаты своей деятельности. Этот метод также способствует развитию у студентов навыков адаптации к изменениям, что особенно важно в современном быстро меняющемся мире.

## Источники


1. Зарипова Р.С., Пырнова О.А. Особенности и тенденции развития современного инженерного образования // Современные исследования социальных проблем. 2018. Т. 9, № 8-2. С. 43–46.
2. Соломонова Л.П., Макарец А.Б. Scrum- методика ведения проекта. Ценности scrum // Математика и математическое моделирование: матер. XVII Всерос. молодежной науч.-инновац. школы. Саров, 2023. С. 268–270.
3. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Перспективы цифровой трансформации образования // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VI Нац. науч.-практ. конф. Казань, 2020. С. 147–149.
4. Салтанаева Е.А., Эшелиоглу Р.И., Бекетова С.И. Цифровые компетенции как обязательная компонента высшего образования // Russian Journal of Education and Psychology. 2023. Т. 14, № 2-2. С. 152–156.
5. Вилкова А.В., Шилякова Ю.И. Развитие личностного потенциала средствами scrum-технологии на уроках информатики // Траектории взаимодействия в развитии цифровых навыков: матер. Всерос. очной науч.-практ. конф. Ульяновск, 2023. С. 17–21.
6. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Внедрение инновационных технологий в учебный процесс // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VI Нац. науч.-практ. конф. Казань, 2020. С. 161–163.
7. Кудлацкая М.Ф. Agile и Scrum в образовании // Информационные технологии. Физика и математика: матер. 87-й науч.-техн. конф. проф.-препод. состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием). Минск, 2023. С. 151–156.
8. Мустахитдинова Ю.А., Зарипова Р.С. Особенности профильной подготовки IT-специалистов в России // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: матер. 19-й открытой Всерос. конф. Москва, 2021. С. 292–293.

УДК 378

# РОЛЬ УНИВЕРСИТЕТА В ПОДГОТОВКЕ КАДРОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Кадырмятов Юлиан Ряшитович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]yulian.02@bk.ru.

В данной статье предлагаются возможные варианты изменения учебного процесса с целью улучшения высшего образования в электротехнической отрасли.

**Ключевые слова:** университет, специалист, студент, образование.

# THE ROLE OF THE UNIVERSITY IN TRAINING PERSONNEL FOR THE ELECTRICAL INDUSTRY

Kadyrmyatov Yulian Ryashitovich
KSPEU, Kazan
yulian.02@bk.ru

This article suggests possible options for changing the educational process in order to improve higher education in the electrical industry.

**Keywords**: university, specialist, student, education.

Область электротехники постоянно развивается благодаря инновациям и развитию технологий. В связи с этим, высшее учебное заведение играют важную роль в подготовке специалистов, которые будут ключевым звеном в обеспечении дальнейшего роста и успеха отрасли. Именно в университете студенты должны получать необходимые знания и навыки, которые делают их компетентными и профессиональными специалистами в своей области [1]. Качество образования, получаемого студентами, является наиважнейшим фактором благополучного развития не только энергетики, но и всей промышленности страны. Специалист электротехнической отрасли, выходя из университета должен иметь представление о таких видах деятельности как:

1) организация работы на производстве, принятие управленческих решений;

2) проектирование приборов, машин, оборудования, схем и т. д.;

3) внедрение спроектированных решений в производственный процесс;

4) обеспечение функционирования производственных процессов (эксплуатация);

5) участие в научно-исследовательской работе.

Овладение перечисленными навыками делает будущего специалиста, нынешнего студента, более компетентным, а также востребованным на рынке труда. Чтобы студент в полной мере овладеть данными навыками, университет должен дать чёткое и ясное понятие о профессии, которой обучается студент и научить его добывать и проверять информацию [2].

Многие студенты выбирают ВУЗ и свою будущую профессию, не понимая, чем им предстоит заниматься в будущем. Из-за чего у них нет желания получать это образование. Знакомство студентов с их профессией на начальных курсах, путём экскурсий на производства или в компании, занимающиеся проектированием, организацией лекций, повествующих об производственных процессах, которые будут читать работники реальных производств, позволяет понять студентам, хотят ли они связывать свою жизнь с этой профессией или стоит выбрать другую специальность. Также интерес к учёбе просыпается, если в обучении достаточно много практических занятий, на которых студенты в живую могут ознакомиться и поработать с разного рода устройствами, машинами и аппаратами, которые будут применяться на их будущей работе. К тому же если на таких занятиях ставить перед студентами задачи, похожие на те, что реально ставятся на предприятиях, у них улучшится понимание своей будущей деятельности и будет проявлен больший интерес к изучению компетенций.

После того, как студент сознательно принял решение связать свою жизнь с выбранной профессией, университет должен вложить ему в голову знание и умение искать, проверять и анализировать информацию. В наше время в ВУЗах сокращают часы, выделяемые на лекции, практические и лабораторные занятия, в надежде на то, что студент самостоятельно будет проходить материал, который раньше читался в университете два-три семестра, а теперь его нужно пройти практически самостоятельно за один семестр. Было бы не так страшно, если бы эти предметы не были бы напрямую связанны с получаемой профессией. В таких условиях, когда студент выпускается из ВУЗа и не имеет необходимых для работы знаний и умений, крайне необходимо вложит в студента способность самостоятельно искать, проверять и анализировать информацию. Это умение позволяет человеку не отставать от развития отрасли, в которой он работает и оставаться высококвалифицированным специалистом на протяжении всей жизни [3].

Можно сделать вывод, что университет должен закладывать в студента основы знаний, связанных с его будущей профессией и научить в будущем развиваться в данной отрасли самостоятельно.

## Источники

1. Галлямов Р., Кузнецова Ю. Качество высшего образования в представлениях его акторов: эволюция ведущих трендов в российском регионе (теоретический анализ проблемы) // Экономика и управление: научно-практический журнал. 2017. № 3 (137). С. 51–56.

2. Хопбах А. Оценку качеству могут дать только профессионалы // Аккредитация в образовании. 2012. № 8 (60). С. 21.

3. Нагорнова А.Ю. Новые развивающие технологии педагогической практики: кол. моногр. / отв. ред. А.Ю. Нагорнова. Ульяновск: Зебра, 2016. 448 с.

УДК 378.124.2

# ПРОБЛЕМА ГЕНДЕРНОГО НЕРАВЕНСТВА В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ

Казбакова Илюза Раисовна[1], Завада Галина Владимировна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]iluza.ru@gmail.com, [2]g.zavada@mail.ru

Гендерное неравенство в высшем образовании является серьезной проблемой, которая существует уже давно. В некоторых случаях женщины получают меньше возможностей для образования и карьерного роста, чем мужчины. Одной из причин этого является стереотипное представление об особенностях будущей трудовой деятельности. Представлены результаты опросов студентов по проблеме гендерного равенства.

**Ключевые слова:** гендерное неравенство, образование, карьерный рост.

# THE PROBLEM OF GENDER INEQUALITY IN HIGHER EDUCATION

Kazbakova Ilyuza Raisovna[1], Zavada Galina Vladimirovana[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]iluza.ru@gmail.com, [2]g.zavada@mail.ru

Gender inequality in higher education is a serious problem that has existed for a long time. In some cases, women receive fewer opportunities for education and career growth than men. One of the reasons for this is the stereotypical idea of the features of future work. The results of student surveys on gender equality are presented.

**Keywords:** gender inequality, education, career growth.

Неравенство между мужчинами и женщинами, является по-прежнему актуальной проблемой развития общества. Подчеркнем, что гендерное неравенство рассматривается нами, в первую очередь, как неравномерность в возможностях, распределении социальных ролей и ресурсов. Наличие традиционных ценностей в обществе не должно быть препятствием к гендерному равенству и справедливости [1].

Существуют противоречивые оценки гендерного неравенства. Юношам неравенство может быть менее заметно, особенно в отношении уровня заработной платы и комфортности жизни, так как они не сталкиваются с прямой дискриминацией на внешнем рынке труда или в повседневной жизни. В отношении доступности образования, студенты могут воспринимать его проведение равноправно для обоих полов, но все же может существовать скрытая дискриминация или ограничения, которые могут влиять на процесс образования. Такие ограничения могут быть

связаны со стереотипными представлениями о характере будущей профессиональной деятельности, сложности и опасности трудовых функций и т. п.

Для определения причин гендерного неравенства исследователем Е.Б. Петрушихиной проводился опрос студентов, где аспектами гендерного неравенства выступили несколько показателей: карьерное продвижение, уровень зарплаты, доступность образования, качество здравоохранения, комфортность жизни, политическое участие [2]. С точки зрения студентов в процессе образования гендерное неравенство практически отсутствует, основной проблемой является дальнейшее трудоустройство по специальности. В исследовании И.Д. Горшковой и О.А. Мирясовой в отношении проблемы гендерного неравенства в трудовой сфере мнения респондентов разделились практически поровну: 49 % женщин и 45 % мужчин признают наличие проблемы. В то же время, всего около 10 % опрошенных согласны с утверждением, что идея равенства между мужчинами и женщинами не сочетается с ценностями российского общества, большинство опрошенных выразили поддержку идеи равенства. Несколько процентов опрошенных полностью отрицают проблему гендерного неравенства, в то время как 38 % ответили, что принципы гендерного равенства в целом соблюдаются. Таким образом, гендерное неравенство все еще существует как в определенная проблема как в обществе, так и в системе образования [3].

Хотя все большее количество женщин получает высшее образование в областях, связанных со здравоохранением, наукой и сельским хозяйством, и наблюдается даже гендерный дисбаланс в пользу женщин на уровне высшего образования в целом, снижение доли женщин среди ученых ниже уровня 30 %, наблюдающееся во всем мире, что указывает на значительные барьеры для полномасштабного вовлечения женщин в область науки и техники. При переходе от уровня магистра к уровню доктора философии и при продвижении дальше по ступенькам карьерной лестницы многие женщины «теряются» для науки [4].

Дискриминация по половому признаку существует не только в России, но и во многих других странах мира. Инженерное дело является одной из областей карьеры, где женщины «недопредставлены». В частности, в Корее правительство в последние десятилетия постоянно прилагало усилия, чтобы изменить ситуацию, однако доля женщин, выбирающих карьеру инженера, по-прежнему низка. Результаты независимого теста показали, что гендерные различия были обнаружены

не в какой-либо основной переменной, а в трех переменных, связанных с карьерой, что указывает на то, что студентки воспринимали свою будущую карьеру менее уверенно, чем студенты мужского пола [5].

Вопрос о гендерном неравенстве в сфере образования остро стоит в развивающих странах. Приводя примеры, можно упомянуть Нигерию, где целый ряд исследований показал, что под влиянием религии и традиций мужчины дискриминируют женщин, лишая их тем самым доступа к навыкам и образованию для осуществления социально полезной деятельности. Получение общего образования предопределяет длительный жизненный прогресс, благодаря которому человек, вне зависимости от его пола, мог бы быть полезным для своего общества и для самого себя [6].

Таким образом, для создания реального равенства в социальных институтах необходимо преобразовать структуру и культуру этих институтов и переосмыслить гендерные отношения и само собой разумеющиеся способы поведения и распределения задач, ролей и ресурсов.

## Источники


1. Гафиатуллина Л.Г., Белова Н.М., Агафонова Т.В. Некоторые аспекты брака, семьи и родительства в современной России (на примере Республики Татарстан) // Ученые записки Тамбовского отделения РоСМУ. 2015. № 3. С. 35–38.

2. Петрушихина Е.Б. Восприятие гендерного неравенства студентами российских вузов // Гендерные трансформации в ментальности и социализации учащейся молодежи. 2019. № 1. С. 104–108.

3. Горшкова И.Д., Мирясова О.А. Гендерное неравенство в современной российской высшей школе // Женщина в российском обществе. 2020. № 1. С. 29–44.

4. Хьюер С. Сокращается ли гендерное неравенство в области науки и техники? // UNESCO science report: towards 2030. 2015. С. 85–103.

5. Jung E., Kim J. Y.E. Women in Engineering: Almost No Gap at University but a Long Way to Go for Sustaining Careers // Sustainability. 2020. Vol. 12, Iss. 20. DOI: https://doi.org/10.3390/su12208299 (дата обращения: 20.10.2023).

6. Паламарчук С.Г. Гендерное неравенство в образовании в арабских странах // European science forum. 2020. № 3. С. 176–185.

УДК 378.147

# СПЕЦИФИКА ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ

Кариева Лиана Ильдаровна[1], Завада Галина Владимировна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]kariyevalii@gmail.com, [2]g.zavada@mail.ru

В статье дается интерпретация понятия мобильного обучения в вузе, а также рассматриваются некоторые положительные и отрицательные стороны мобильного электронного обучения в связи с цифровизацией в современном обществе.
**Ключевые слова:** онлайн-образование, мобильное обучение, онлайн-курсы.

# SPECIFICS OF APPLICATION OF MOBILE LEARNING IN HIGHER EDUCATION

[1]Karieva Liana Ildarovna, [2]Zavada Galina Vladimirovna
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]kariyevalii@gmail.com, [2]g.zavada@mail.ru

The article provides an interpretation of the concept of mobile learning at a university, and also discusses some of the positive and negative aspects of mobile e-learning in connection with digitalization in modern society.
**Keywords:** online education, online courses, modern teaching method.

Онлайн-обучение – это формат обучения, использование которого позволяет студентам получать высшее образование через интернет. Оно может представлять собой полноценные университетские программы, выдавать официальные академические степени. Также можно в него включать отдельные онлайн-курсы или мастер-классы, направленные на повышение профессиональных навыков или дополнительную подготовку студентов в определенной области знания [1].

Составной частью он-лайн образования является мобильное обучение, ключевым признаком которого является использование мобильных средств (планшетов, телефонов), обеспечивающих повсеместности и вневременности обучения. Мобильное обучение в сфере высшего образования проявило особую релевантность и актуальность в условиях пандемии COVID-19, когда присутствие студентов и преподавателей в аудитории было нецелесообразно из-за ряда ограничений и рисков для здоровья. Поэтому использование такого обучения стало более широко распространено, а спрос на такие программы значительно возрос [2].

При использовании мобильного обучения в высшем образовании используются различные онлайн-платформы, а также разнообразные форматы обучения, такие как вебинары, видеолекции, тесты и курсы с самостоятельной работой. Онлайн-обучение позволяет учиться удаленно, в любом удобном месте и в удобное время, сохраняя доступность образования для широкой аудитории. Возможность пересматривать лекции или задавать вопросы преподавателям через онлайн-платформы также помогает в лучшем усвоении материала [3].

Рассмотрим достоинства и недостатки онлайн-обучения в целом, и мобильного обучения, в частности, в сфере высшего образования.

Достоинства:

1. Гибкость и доступность: студенты могут получить высшее образование, выбирая удобное время и место для учебы. Образование доступно для всех, кто имеет личный мобильный телефон, планшет, доступ к интернету, и не требует присутствия в учебных заведениях.

2. Разнообразие курсов: онлайн-образование предлагает широкий выбор курсов и специализаций из разных университетов и платформ, что позволяет студентам выбрать программу, которая подходит их интересам и потребностям.

3. Экономическая эффективность: такое обучение может быть более дешевым, поскольку стоимость онлайн-курсов и программ обычно ниже, чем в традиционных учебных заведениях; применение личных средств связи не требует отдельных вложений учебных заведений в обеспечение процесса обучения.

4. Индивидуализация образования: в онлайн-обучении у студентов есть возможность учиться в своем собственном темпе и обращать больше времени на разбор сложных вопросов или глав, а также более быстро пройти те разделы, в которых они уже хорошо освоились.

Недостатки:

1. Отсутствие коммуникации: отсутствие погружения в жизнь академического сообщества университета не способствует полноценному развитию студента.

2. Проблемы с самомотивацией: в случае онлайн-курсов у некоторых студентов может быть проблема с самомотивацией на учебу, поскольку курсы онлайн не требуют строгого соблюдения времени и места занятий, как в традиционном обучении; необходим серьезный уровень самодисциплины и умений самоорганизации деятельности [4].

3. Ограничения в практическом опыте: многие направления подготовки (например, в медицине или инженерном деле) требуют большой практической подготовки, что имеющийся уровень образовательных дистанционных технологий пока не может обеспечить, а может быть и не сможет в дальнейшем

В целом, онлайн и мобильное обучение в сфере высшего образования является важной и перспективной формой образования. Оно может помочь студентам получить качественное образование, развивает навыки информационной грамотности и самоорганизации, а также позволяет повышать конкурентоспособность студента на рынке труда. Важно быть готовым адаптироваться и искать лучший способ использования этой новой эры обучения. Ведь, как говорится, знание – это сила, и онлайн и мобильное обучение делает эту силу доступной для каждого из нас.

## Источники


1. Сверлышков А. В. Мобильное обучение как новая технология в образовании // Лучшие практики общего и дополнительного образования по естественнонаучным и техническим дисциплинам: матер. III Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти академика РАН К.А. Валиева. Елабуга, 2023. С. 459–463.
2. Шепелев И.М. О некоторых аспектах мобильного обучения в высшей школе // Языковой дискурс в социальной практике: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. Тверь, 2023. С. 298–303.
3. Осиленкер Л. Дистанционное и традиционное образование: социально- экономическая эффективность [Электронный ресурс] // Высшее образование в России. 2006. № 7. С. 114–118.
4. Романова Л.М. Дидактические основы формирования способности самоорганизации у студентов вуза // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2018. № 4 (40). С. 113–123.

УДК: 94(4)

# ИЗУЧЕНИЕ ИСТОРИИ РОДНОГО КРАЯ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИНОСТРАНЦА

Каримов Ришат Фанилевич[1], Гибадуллина Резеда Наилевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]karimov2203@gmail.com

Данная научная статья посвящена изучению влияния иностранных исследователей на процесс изучения истории родного края. В работе рассмотрены факторы, привлекающие их внимание, и методы, применяемые для глубокого понимания культурного наследия. Проанализированы практические аспекты участия в археологических раскопках и музейных проектах. Выделена важность сохранения аутентичности в ходе совместных исследований. Подчеркнуто влияние полученных знаний на образовательные программы и культурные инициативы, способствующее формированию общего культурного облика в глобальном контексте.

**Ключевые слова:** история, родной край, иностранные исследователи, культурный обмен, глобализация, аутентичность, образование.

# STUDYING THE HISTORY OF A NATIVE REGION FROM A FOREIGNER'S PERSPECTIVE

Karimov Rishat Fanilevich[1], Gibadullina Rezeda Nailevna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]karimov2203@gmail.com

This scientific article is dedicated to exploring the impact of foreign researchers on the process of studying the history of a native region. The paper examines factors that attract their attention and methods applied for a profound understanding of cultural heritage. Practical aspects of participation in archaeological excavations and museum projects are analyzed. The significance of preserving authenticity in collaborative research is emphasized. The influence of acquired knowledge on educational programs and cultural initiatives is underscored, contributing to the formation of a shared cultural identity in a global context.

**Keywords:** history, native region, foreign researchers, cultural exchange, globalization, authenticity, education.

В современном мире, на фоне все более интегрированной глобальной общности, важность изучения истории своего родного края через призму восприятия иностранцев становится неотъемлемой частью культурного взаимодействия. Рассмотрение родной истории глазами иностранца не только позволяет обрести новые углы зрения на собственное наследие, но и создает возможность для глубокого понимания и взаимодействия между различными культурными сферами [1]. В данном контексте важно

рассмотреть, какие факторы могут привлечь внимание иностранных исследователей к истории нашего родного края и как это влияет на формирование общего культурного облика в мировом сообществе.

Следует отметить, что изучение истории родного края с точки зрения иностранца не только является актом культурного освоения, но и предоставляет уникальную возможность обогатить научные дискуссии и исследования. Иностранные исследователи, погружаясь в историю и культуру родного края, приносят с собой свежий взгляд, иногда даже неожиданный, что способствует открытию новых горизонтов в изучении прошлого.

Одним из ключевых аспектов, привлекающих внимание иностранных исследователей, является уникальность исторического опыта различных регионов [1, 2]. Многообразие культурных особенностей, традиций и событий становится объектом интереса, позволяя лучше понять многомерные аспекты истории. В этом контексте исследователи обращают внимание не только на ключевые события, но и на повседневные аспекты жизни, социокультурные трансформации, которые формируют уникальный характер каждого региона.

Кроме того, изучение истории родного края со стороны иностранца активно способствует диалогу между культурами. Этот диалог является важным инструментом развития культурного взаимопонимания и уважения [3]. Пересмотр исторических аспектов через призму другой культуры помогает преодолеть стереотипы и формирует осознание того, насколько взаимосвязаны и обогащают друг друга культурные традиции.

Глобальные коммуникационные технологии, такие как интернет и цифровые архивы, значительно улучшают доступ иностранных специалистов к историческим источникам, что способствует более глубокому исследованию и стимулирует интерес к местной истории.

Практическое участие иностранных исследователей в археологических раскопках, музейных проектах и обмене опытом с местными учеными демонстрирует эффективные пути сотрудничества и обмена знаний [4]. Важным становится вопрос о сохранении аутентичности и сохранении культурного наследия в контексте иностранных исследований, что требует внимательного рассмотрения методов и стратегий [5].

Также, в результате исследований становится очевидным, что влияние иностранных исследований на образовательные программы и культурные инициативы в родном крае имеет потенциал для практических выгод и культурных обогащений [6]. Внедрение полученных знаний в местные образовательные практики может существенно улучшить образовательные процессы и обогатить культурные программы.

В заключение, изучение истории родного края с участием иностранных исследователей представляет собой уникальный шанс для глубокого понимания и ценности культурного наследия. Этот процесс не только обогащает научный дискурс, но и способствует укреплению связей между народами, создавая основу для более тесного и взаимовыгодного культурного сотрудничества в мировом масштабе.

## Источники


1. Колпаков М.Ю., Михеев Д.В. Английские и французские источники XVI–XVII вв. о Псковской земле // Метаморфозы истории. 2019. № 13. С. 81–106.
2. Гусев В.А., Акимов А.А. Межкультурное взаимодействие в современном образовании // Международные образовательные исследования. 2019. Т. 15, № 2. С. 78–92.
3. Стрельцова Л.М., Воробьев В.В, Романова Е.П. Интернационализация образования как фактор формирования глобальной культуры // Мировая образовательная практика. 2017. № 5. С. 45–60.
4. Brown P.P. Practical Aspects of Foreign Researchers' Participation in Archaeological Excavations // Archaeological Research. 2019. Vol. 4. Pp. 75–89.
5. Taylor N.N. Preserving Authenticity in Collaborative Research of Foreign Scholars // Heritage and Contemporary Society. 2018. Vol. 8, Iss. 1. Pp. 20–35.
6. Johnson A.A. Methods for a Profound Understanding of Cultural Heritage in the Context of Foreign Research // International Journal of Cultural Studies. 2020. Vol. 12, Iss. 2. Pp. 112–128.

УДК 62

# МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ

[1]Кораблёв Илья Евгеньевич, Шарипов Ильнар Ильдарович
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]79393990142korablev08@gmail.com, [2]sharipov.ii@mail.ru

В данной статье рассматривается моделирование и имитационное моделирование, которые стали неотъемлемыми инструментами в промышленной электронике, позволяя инженерам и разработчикам создавать и анализировать сложные системы без необходимости физического производства прототипов. Таким образом, возможно оптимизировать процессы производства, улучшить качество продукции и ускорить время выхода на рынок новых электронных устройств.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, компьютерное моделирование, виртуальное моделирование, гибридное моделирование, модельный эксперимент, воспроизводимость модели, верификация моделей, симуляция систем, экспериментальное моделирование, статистический анализ.

# MODELING AND SIMULATION IN INDUSTRIAL ELECTRONICS

Korablev Ilya Evgenyevich[1], Sharipov Ilnar Ildarovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]79393990142korablev08@gmail.com, [2]sharipov.ii@mail.ru

This article examines modeling and simulation, which have become integral tools in industrial electronics, allowing engineers and designers to create and analyze complex systems without the need to physically produce prototypes. In this way, it is possible to optimize production processes, improve product quality and speed up time to market for new electronic devices.

**Keywords:** simulation modeling, computer modeling, virtual modeling, hybrid modeling, model experiment, model reproducibility, model verification, system simulation, experimental modeling, statistical analysis.

Одним из наиболее важных видов моделирования в промышленной электронике является электрическое моделирование. Это позволяет создавать электрические схемы и проводить анализ их работы. С помощью электрического моделирования можно оценить электрические параметры устройства, проследить взаимодействие компонентов и выявить возможные проблемы, такие как обрывы цепей, перегрузки, взаимное влияние элементов схемы и т. д. Кроме того, электрическое моделирование позволяет оптимизировать потребление энергии, проектировать эффективные системы питания и управления.

Важным аспектом моделирования в промышленной электронике является моделирование механических характеристик устройств и их корпусов. Механическое моделирование позволяет оценить прочность

и надежность устройств, провести анализ вибраций и прогнозировать поведение в условиях эксплуатации. Также моделирование помогает оптимизировать форму и геометрию устройств, что может привести к улучшению их работы и уменьшению затрат на производство.

Применение моделирования в промышленной электронике делится на несколько типов:

• Моделирование при проектировании электронных устройств:

Моделирование играет важную роль в процессе проектирования электронных устройств, позволяя инженерам оценить и предсказать поведение электронных компонентов и систем.

С помощью моделей можно провести виртуальные испытания, проверить работоспособность и эффективность различных конфигураций и решений.

• Моделирование в процессе оптимизации системы:

Оптимизация на основе моделирования позволяет найти оптимальные значения параметров, чтобы достичь заданных критериев производительности и эффективности.

Моделирование также позволяет провести анализ надежности системы, оценить ее работоспособность и предсказать возможные проблемы или ограничения.

• Использование моделей для обучения и обнаружения неисправностей:

Моделирование в промышленной электронике используется для обучения и обнаружения неисправностей в системах.

На основе обучающих данных модели могут предсказывать и предупреждать о возможных проблемах и своевременно принимать меры для предотвращения сбоев или повреждений.

Все эти аспекты моделирования в промышленной электронике помогают повысить эффективность, надежность и качество электронных систем, снизить затраты на тестирование и оптимизацию, а также сократить время разработки новых устройств.

## Источники

1. Вьюненко Л.Ф., Михайлов М.В., Первозванская Т.Н. Имитационное моделирование: учебник и практикум для вузов / Под ред. Л.Ф. Вьюненко. Москва: Изд-во Юрайт, 2023. 283 с.

2. Губарь Ю. Компьютерное имитационное моделирование. Статистическое имитационное моделирование [Электронный ресурс]. URL: https://intuit.ru/studies/courses/2260/156/lecture/27241?ysclid=lu88rphbm6222120869 (дата обращения: 11.10.2023).

3. Строгалев В.П., Толкачева И.О. Имитационное моделирование: учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. 295 с.

УДК 004.352.2

# СОВРЕМЕННЫЕ 3D-СКАНЕРЫ

Кузеев Дамир Радифович[1], Хамитова Динара Вилевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]kuzeev05@mail.ru, [2]orhidey-din@mail.ru

Современные 3D-сканеры имеют широкое применение в различных сферах деятельности, таких как инжиниринг, строительство, машиностроение, медицина и другие, а также являются незаменимым инструментом в различных отраслях, позволяя воссоздавать объекты с высокой точностью. В данной статье рассматриваются типы современных 3D-сканеров.

**Ключевые слова**: 3D-сканер, современные технологии, устройства, развитие, производство.

# MODERN 3D-SCANNERS

Kuzeev Damir Radifovich[1], Khamitova Dinara Vilevna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]kuzeev05@mail.ru, [2]orhidey-din@mail.ru

Modern 3D scanners are widely used in various fields of activity, such as engineering, construction, mechanical engineering, medicine and others, and are also an indispensable tool in various industries, allowing you to recreate objects with high accuracy. This article discusses the types of modern 3D scanners.

**Keywords:** 3D scanner, modern technologies, devices, development, production.

В настоящее время современные технологии сделали большой прорыв в области промышленности, именно поэтому на сегодняшний день 3D-сканеры пользуются большим спросом во многих сферах деятельности, таких как инжиниринг, строительство, архитектура, машиностроение, медицина, стоматология и других. Использование 3D-сканеров позволяет воссоздать любой объект с точностью до сотой миллиметра, вне зависимости от габаритов и визуальных особенностей. Одним из плюсов данных сканеров является возможность изменения объекта при сканировании. В этом случае в полученный с помощью сканирования модельный вариант можно внести некоторые изменения, тем самым улучшив его или полностью изменив, не изменяя проекции. Существуют разные категории современных 3D сканеров [1]. Мы рассматриваем следующие категории современных 3D сканеров: контактные, бесконтактные, триангуляционные, времяпролетные.

Первым рассмотрим контактные 3D-сканеры, которые исследуют объект напрямую, то есть через контактное взаимодействие. Контактные 3D-сканеры проводят замеры исследуемых параметров с помощью механического щупа, который оборудован специальными датчиками. Собранная информация дальше передаётся на устройство. При сканировании предмет помещают на специальную поверхность, где его плотно закрепляют. Тем самым создавая плотный физический контакт, который дает возможность максимально точно определить и построить 3D-картинку, правда, есть небольшой риск повреждения объекта. Данные устройства являются сверхточными и поэтому широко применяются на различных производствах. Одним из минусов 3D-сканера является то, что при исследовании объекта ему необходимо соприкоснуться с ним. Также есть большая вероятность повреждения предмета или его деформации. Существенным недостатком 3D-сканера является его медленная работа, то есть время, затрачиваемое на сканирование одного объекта очень большое [2].

Вторым пунктом рассмотрим бесконтактные 3D-сканеры. Бесконтактные 3D-сканеры - это устройства, которые выполняют сканирование объекта, не прикасаясь к нему, то есть на расстоянии. В малодоступных участках подобные сканеры имеют огромный спрос. Поток излучения обычно направляется на объект и отражаясь от него, распознается 3D сканером. У этих сканеров принцип функционирования похож на принцип функционирования обычной камеры. Существуют две разновидности данных устройств – пассивные и активные. Пассивные сканеры оснащены времяпролетным дальномером, который считает время и рассчитывает расстояние, за которое проходит лазерный луч до предмета и обратно. Данные сканеры позволяют более точно воссоздавать трёхмерные изображения объектов. Активные сканеры по своему функционированию схожи с пассивными. Они получают информацию о местонахождении предмета в координатах с помощью луча лазера, который направлен на сканируемый объект [3].

Далее рассмотрим триангуляционные 3D-сканеры, которые относятся к сканерам использующим луч лазера для сканирования объекта. Устройства, которые посылают на объект сканирования лазер называются триангуляционными. Место попадания лазера в виде точек фиксирует камера и эти точки попадают в поле зрения камеры в зависимости от скорости продвижения лазера по поверхности. Лазерная точка, камера и лазерный генератор образуют треугольник, поэтому данную технологию назвали триангуляцией. При известном расстоянии между камерой и лазерным излучателем, углом лазерного излучателя и углом камеры

можно полностью определить форму и размер треугольника. Для уменьшения затрат времени на получение данных, обычно ставят лазерную полоску вместо лазерной точки.

Четвёртым пунктом рассмотрим времяпролетные 3D-сканеры. Вид 3D-сканера, который при сканировании определённого предмета использует лазерный луч, называется времяпролетным. Данный вид сканера оснащён дальномером, который определяет расстояние до поверхности и считает время, пройденное лучом лазера до объекта и обратно. Если считать лазерный луч световым лучом, то можно время его отражения измерить с помощью специального детектора. Расстояние от 3D-сканера до сканируемого объекта можно вычислить, только если знать время, за которое лазерный луч пролетает до объекта и обратно.

Таким образом, современные 3D-сканеры являются незаменимым инструментом в различных сферах деятельности, позволяя воссоздавать объекты с высокой точностью и вносить изменения в готовые проекты. Можно сделать вывод о том, что каждая категория 3D-сканера имеет как плюсы, так и минусы. Важно учитывать, что контактные сканеры могут повредить объект, а бесконтактные требуют использования дополнительных устройств для лучшего освещения. Тем не менее, развитие технологий позволяет создавать все более точные и быстрые 3D-сканеры, что делает их еще более востребованными в будущем.

## Источники

1. Серебренникова Т.Н. 3D-сканирование // Концепции устойчивого развития науки в современных условиях: сб. ст. по итогам Междунар. науч.-практ. конф. Самара, 2018. Самара, 2018. С. 151–154.

2. Касимов Р.М., Тужилин С.П., Арумугам Г. Возможности применения 3D-сканеров в АПК // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2021. Т. 68, № 4 (45). С. 103–111.

3. Лаптев А.А., Родэ С.В. Сравнительный анализ бесконтактных 3D-сканеров // Дизайн и технологии. 2011. № 21 (63). С. 63–69.

УДК 378

# ОСОБЕННОСТИ КОММУНИКАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ И СТУДЕНТОВ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Кутилина Ксения Алексеевна[1], Завада Галина Васильевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]afdgjr5859@mail.ru, [2]g.zavada@mail.ru

В современном образовании коммуникация играет ключевую роль в процессе передачи знаний и формирования умений. Важность эффективной коммуникации между преподавателями и студентами нельзя недооценивать, поскольку она определяет ситуацию успеха в учебного процесса. Данная статья призвана исследовать особенности коммуникации, как преподавателей, так и студентов, выявить факторы, влияющие на ее эффективность, и предложить практические рекомендации для улучшения взаимодействия в учебной среде инженерных учебных заведениях и энергетических университетов в частности.

**Ключевые слова:** передача информации, обратная связь, эффективная коммуникация, модели, факторы и барьеры коммуникаций

## FEATURES OF COMMUNICATION OF TEACHERS AND STUDENTS AT ENERGY UNIVERSITY

Kutilina Ksenia Alekseevna[1], Zavada Galina Vasilievna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]afdgjr5859@mail.ru, [2]g.zavada@mail.ru

In modern education, communication plays a key role in the process of transferring knowledge and developing skills. The importance of effective communication between teachers and students cannot be underestimated as it determines success in the educational process. The purpose of this article is to examine the characteristics of communication, such as teachers as well as students, factors influencing its effectiveness, and offer practical recommendations for improving communication in learning environments, engineering research institutions and university management in particular.

**Keywords:** information transfer, feedback, effective communication, models, factors and barriers to communication.

Образование играет важную роль в формировании будущего каждой страны и общества в целом. Однако ключевым элементом успешного образования является эффективная коммуникация между преподавателями и студентами. Коммуникация в образовательной среде – это связанная совокупность способов передачи знаний и опыта от преподавателей к студентам. Она не ограничивается только устным общением в аудитории, но включает в себя: письменное взаимодействие, обратную связь, невербальные сигналы [1].

Цель данной статьи – проанализировать особенности коммуникации между преподавателями и студентами в образовательном процессе, понять, какие факторы влияют на ее эффективность. Актуальность данной темы обусловлена несколькими факторами, в частности тем, что современные требования к образованию все более акцентируют внимание на развитии навыков коммуникации, адаптации к разнообразным обучающимся и применении новых технологий в образовательном процессе.

Существует несколько стратегий профессиональной коммуникации, на основе которых можем выделить ряд моделей, которые применяются в учебной среде [2]. Одной из наиболее распространенных является модель «передачи информации», где преподаватель выступает в роли источника знаний, а студенты – получателями. Однако различные факторы могут оказать влияние на эффективность коммуникации в учебной среде: культурные различия, языковые барьеры, уровень мотивации студентов, технологическую инфраструктуру и многое другое.

Преподаватель играет ключевую роль в коммуникации в учебной среде. Его роль включает в себя лекции, семинары, обсуждения, консультации. Каждый из этих видов коммуникации имеет свои особенности и цели. Например, лекции могут служить для передачи основных концепций, в то время как семинары способствуют более глубокому обсуждению материала и развитию аналитических навыков студентов.

Студенты, в свою очередь, также должны быть активными участниками учебного процесса, проявлять интерес к изучаемому материалу и участвовать в диалоге с преподавателем. Это требование к применению в учебном процессе интерактивной модели коммуникации, основанной на полноценной вовлеченности студентов в сам процесс взаимодействия [3]. Коммуникация среди студентов может происходить как в рамках академической среды, так и вне ее.

В коммуникации между преподавателями и студентами могут возникать различные барьеры. Например, языковые барьеры, для преодоления этих и других барьеров преподаватели могут: стремиться к ясному и понятному выражению мыслей, избегая сложных терминов, если это возможно, активно включать студентов в обсуждения и задавать вопросы, чтобы стимулировать их участие, предоставлять регулярную обратную связь и консультации для поддержки студентов [4].

Существует множество успешных практик коммуникации в образовании. Например, использование интерактивных методов обучения: Преподаватели могут внедрять методики, такие как обсуждения и групповые проекты, чтобы стимулировать активное участие студентов.

В данной статье проведен обзор основных аспектов и особенностей коммуникации между преподавателями и студентами в образовательной среде. Рассмотрены роли и обязанности преподавателей и студентов, виды коммуникации, а также факторы, влияющие на эффективность этой коммуникации [5].

## Источники


1. Примчук Н.В. Образовательная коммуникация как ресурс профессионального становления будущих учителей // Человек и образование. 2016. № 3 (48). С. 121–126.
2. Эффективная коммуникации на рабочем месте [Электронный ресурс]. URL: https://experience.dropbox.com/ru-ru/resources/workplace-communication (дата обращения: 09.10.2023).
3. Долженков В.Н. Характерные черты и особенности интерактивной модели коммуникации // Филологические науки. Вопросы теории и практики. 2018. № 3 (81). Ч. 2. С. 307–309.
4. Преодоление барьеров в педагогическом взаимодействии: эффективные стратегии и методы [Электронный ресурс]. URL: https://nauchniestati.ru/spravka/barery-v-pedagogicheskom-vzaimodejstvii/ (дата обращения: 09.10.2023).
5. Гарифуллина Р.Р. Готовность преподавателей вуза к применению цифровых технологий в научно-методической деятельности // Современные цифровые технологии: проблемы, решения, перспективы: матер. Нац. (с междунар. уч.) науч.-практ. конф. Казань, 2022. С. 282–285.

УДК 378

# ПРОБЛЕМА ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ 3D ИНДУСТРИАЛЬНОЙ РЕВОЛЮЦИИ

Маннапов Айдар Алмазович[1], Рукавишников Виктор Алексеевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]aidar10.12.2003@mail.ru, [2]rukavishnikov_v@mail.ru

В статье рассматривают проблемы инженерного высшего образования в России в условиях индустриальной революции 4.0, перехода на отечественные программные продукты, остра потребность современной промышленности в специалистах нового 3D цифрового поколения, способных быстро адаптироваться к новым вызовам цифровой экономики. Одной из важнейших компонент, обеспечивающих адаптивность высшего образования, является конкурентоспособность используемого отечественного программного обеспечения. Проводится анализ современного состояния отечественного программного обеспечения в области проектирования, рассматриваются проблемы импортозамещения и пути их решения.

**Ключевые слова:** инженерное образование, индустриальная революция, импортозамещение, цифровые двойники, адаптивность образования.

# THE PROBLEM OF ENGINEERING EDUCATION IN THE CONTEXT OF THE 3D INDUSTRIAL REVOLUTION

Mannapov Aidar Almazovich[1], Rukavishnikov Victor Alexeyevich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]aidar10.12.2003@mail.ru, [2]rukavishnikov_v@mail.ru

The article examines the problems of engineering higher education in Russia in the context of the industrial revolution 4.0, the transition to domestic software products, the urgent need of modern industry for specialists of the new 3D digital generation, able to quickly adapt to the new challenges of the digital economy. One of the most important components ensuring the adaptability of higher education is the competitiveness of the domestic software used. The analysis of the current state of domestic software in the field of design is carried out, the problems of import substitution and ways to solve them are considered.

**Keywords:** engineering education, industrial revolution, import substitution, digital twins, adaptability of education.

Современная техническая революция 4.0 идет полным ходом, ставя перед профессиональным образованием качественно новые быстро меняющиеся цели. В этих условиях современное инженерное образование должно быть гибкой и быстро перестраиваться под изменяющиеся требования 3D цифровой индустрии.

Новый формат конструкторской документации привел фактически к смене идеологии (системе взглядов и идей) и принципиально новой цифровой технологии проектирования на основе программных продуктов нового поколения. По качеству и удобству на первой позиции стояли выходить зарубежные продукты, такие как SolidEdge, Inventor, NX и др. Их активно использовали ВУЗы в учебном процессе, в российских и международных олимпиадах, в соревнованиях WorldSkills [1–4].

Наиболее интересным отечественным программным продуктом в области проектирования является КОМПАС-3D, основным назначением которого является разработка конструкции изделия, в том числе решение задачи компоновки конструктивных элементов. Создание 3D-модели позволяет значительно сократить сроки проектирования и исключить большинство ошибок.

Современные объекты проектирования носят сложный системный характер, поэтому необходимо фокусироваться на том, как проектировать, интегрировать и управлять сложными системами на протяжении жизненного цикла изделия. Однако данный продукт пока не охватывает ряд модулей жизненного цикла изделия, что не позволяет полностью реализовать все этапы ЖЦИ. Необходимость обращаться к программным продуктам других компаний сильно снижает эффективность системы КОМПАС-3D.

Еще одним недостатком КОМПАС-3D является низкое качество визуализации моделей. Можно перечислять другие относительно мелкие недостатки системы. Все это в условиях 3D индустриальной революции и системной инженерии снижает конкурентоспособность программного продукта по отношению к зарубежным аналогам.

Необходимость перехода на отечественные программные продукты стала неотвратимой реальностью. Правительство России постановило перевести все стратегические области промышленности на отечественные программные продукты до 2025 года. А это напрямую касается и сферы образования, которая в свою очередь должна обеспечить подготовку высококвалифицированных конкурентоспособных кадров, способных на высоком уровне осуществлять профессиональную деятельность, используя отечественные программные продукты.

Для обеспечения решения поставленной задачи был создан консорциум «Развитие» независимых ИТ-компаний: АСКОН, НТЦ «АПМ», АВУМ, ТЕСИС, ЭРМЕКС И IOSO. Каждая из компаний является отечественным лидером в отдельных направлениях проектирования. Интеграция компаний должна обеспечить выход отечественного программного обеспечения на качественно новый конкурентоспособный уровень на мировом рынке труда.

Новые отечественные программные продукты должны будут обеспечить программно-цифровой суверенитет страны в условиях санкций недружественных стран.

Одновременно ВУЗы страны должны принимать активное участие в работе таких объединений и внедрять программные продукты в учебный процесс, обеспечивая учебно-программный суверенитет в области образования.

На кафедре инженерной графики КГЭУ учебный процесс полностью и в кратчайший срок переведен на отечественный продукт КОМПАС-3D, активно ведется сотрудничество с компанией АСКОН.

## Источники


1. Хамитова Д.В., Филимонов С.С. Широкий спектр возможностей программы КОМПАС-3D // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VIII Нац. науч.-практ. конф. / редкол.: Э.Ю. Абдуллазянов (гл. ред.) [и др.]. Казань, 2023. С. 593–595.

2. Хамитова Д.В., Филимонов С.С., Николаев К.В. Использование трехмерного моделирования в электронных и дистанционных образовательных технологиях // Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. / отв. ред. К.А. Вольхин. Новосибирск, 2021. С. 251–256.

3.Рукавишников В.А., Прец М.А. Информационные технологии в цифровой трансформации // КОГРАФ – 2021: матер. 31-й Всерос. науч.-практ. конф. по графическим информационным технологиям и системам. Н. Новгород, 2021. С. 82–85.

4. Рукавишников В.А., Прец М.А. Образование и 3D цифровая индустриальная революция // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VIII Нац. науч.-практ. конф. / редкол.: Э. Ю. Абдуллазянов (гл. ред.) [и др.]. Казань, 2023. С. 557–559.

УДК 681.5

# РАЗРАБОТКА ТРЕНАЖЁРА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ОСНОВАМ АВТОМАТИЗАЦИИ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЙ БАЗЕ

Миранов Салих Ришадович[1], Николаев Кирилл Валерьевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]salihmiranov@gmail.com, [2]nikolaev.kv@eltecheva.ru

Для автоматизации многих промышленных и бытовых процессов используют микроконтроллерную базу. Наладка таких систем требует глубоких специальных знаний, которые получить из технической литературы не просто, тогда в обучении используются тренажёры. В рамках работы рассматривается начальная стадия разработки такого тренажёра, применение которого повысит скорость и качество подготовки специалистов автоматизации.

**Ключевые слова:** автоматизация, обучение, программируемые контроллеры, печатная плата, тренажер, программирование.

# DEVELOPMENT OF A SIMULATOR FOR TEACHING THE BASICS OF AUTOMATION ON A MICROCONTROLLER BASE

Miranov Salikh Rishadovich, Nikolaev Kirill Valerievich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
salihmiranov@gmail.com, nikolaev.kv@eltecheva.ru

Microcontroller base is used for automation of many industrial and household processes. Setting up such systems requires deep special knowledge, which is not easy to get from the technical literature, then simulators are used in training. As part of the work, the initial stage of the development of such a simulator is considered, the use of which will increase the speed and quality of training automation specialists.

**Keywords:** automation, programmable controllers, training, printed circuit board, simulator, programming.

В современное время автоматизация затрагивает все больше процессов, как в промышленной сфере, так и в быту. Для автоматизации сложных процессов зачастую используются большие вычислительные мощности, которыми обладают программируемые контроллеры (далее – ПК) [1].

Программируемые контроллеры являются основой системы управления, для выполнения таких функций, как логические, упорядочения, отсчета времени, математические действия, управления через цифровые или аналоговые входы и выходы различными типами механизмов или процессов.

Для наладки систем автоматизации, построенной на микроконтроллерной базе необходимы, высококвалифицированные специалисты. Их подготовка зачастую проводится в формате классного обучения, которая включает только изучение литературы и медиа материалов по специальности. Для формирования качественных базовых знаний этого формата обучения недостаточно, необходимо внедрение специализированных тренажеров, которые помогут сформировать понимание работы системы и принципы взаимодействия её элементов. К тренажёрам прилагаются методические указания с учебными заданиями [2].

Таким тренажером является разрабатываемая учебная печатная плата, которая состоит из различных элементов, среди которых располагаются закреплены датчики и исполнительные устройства различных типов и связующим элементом этих устройств является микроконтроллер. Функциональная схема разрабатываемой учебной печатной платы – тренажёра изображена на рис. 1.

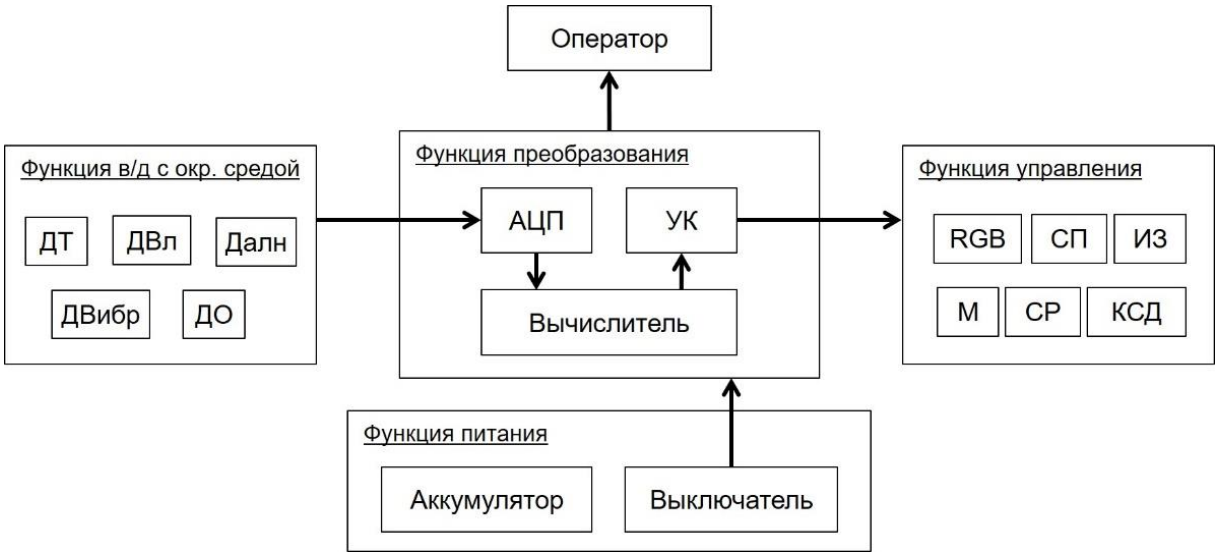



Рис. 1. Функциональная схема тренажёра

Предварительно состав платы будет следующим: ДТ – датчик температуры, ДВл – датчик влажности воздуха, Далн – дальномер, ДВибр – датчик вибрации, ДО – датчик освещённости, RGB – трёхцветный светодиод, СП – сервопривод, ИЗ – извещатель звуковой, М – мотор, СР – сдвиговый регистр, КСД – каскад белых светодиодов.

Тренажёр позволит реализовывать большой спектр учебных заданий, например, одним из них может быть разработка программы парковочной сигнализации (парктроника), когда приближение препятствия к дальномеру сопровождается звуковой и световой сигнализацией.

Результатом предстоящей работы будет изготовление 10 тренажёров для формирования базовых навыков специалиста автоматизации, работа содержит следующие этапы:

1. Создание структурной схемы тренажёра и формирование требований к компонентам.
2. Компоновка элементов тренажёра и трассировка платы с применением специального программного обеспечения.
3. Производиться выбор компонентов по установленным критериям, оставляется смета закупок, осуществляется закупка.
4. Сборка прототипа на макетной плате и тестирование работы тренажёра.
5. Изготовление 10 тренажёров на базе платы заводского производства.

## Источники

1. ГОСТ Р 51840-2001. Программируемые контроллеры. Общие положения и функциональные характеристики. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. 12 с.
2. Юсупов А.Х. Интерактивные тренажеры и их роль в учебном процессе // Инновационная наука. 2019. № 1. С. 60–61.

УДК 621.316

# ПРОВЕДЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА В ЦИКЛЕ ДИСЦИПЛИН

Миронова Елена Анатольевна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
mironova.energo@yandex.ru

Выполнение лабораторных работ по различным дисциплинам может осуществляться с использованием одного комплекта оборудования с заданным алгоритмом. Это связано с отсутствием широкого спектра лабораторного оборудования для моделирования профессиональной деятельности. Реализация этой задачи возможна при разработке алгоритма лабораторных работ и конкретных дидактических целей для каждой дисциплины и формы обучения.

**Ключевые слова:** учебные дисциплины, лабораторные работы, преемственность, дидактические цели, профессиональная подготовка.

# CONDUCTING A LABORATORY WORKSHOP IN A CYCLE OF DISCIPLINES

Mironova Elena Anatolyevna
KSPEU, Kazan,
mironova.energo@yandex.ru

Laboratory work in various disciplines can be carried out within one set of equipment with a given algorithm. This is due to the lack of a wide range of laboratory equipment for modeling professional activities. The realization of this task is possible when developing an algorithm for laboratory work and specific didactic goals for each discipline and form of training.

**Keywords:** academic disciplines, laboratory work, continuity, didactic goals, professional training.

Профессиональная подготовка в высшей школе должна не только соответствовать компетенциям, с необходимостью реализации которых специалист столкнется на производстве, но и обеспечивать готовность специалиста к изменению вида и характера профессиональной деятельности. Подготовка к профессиональной деятельности во многом осуществляется во время лабораторных практикумов, предшествующих первому производственному опыту и являющихся связующим звеном на переходе от теоретических знаний к умениям, которые могут быть востребованы на конкретном производстве. Эта важная компонента в контексте содержания профессиональной подготовки не может в полной мере представлять всю будущую профессиональную деятельность,

но отдельные ее фрагменты могут быть смоделированы в лабораторных практикумах. Особенно это важно для дисциплин профессионального цикла, изучающих сложные технологические процессы [1].

Иногда в лабораториях оборудование используется лишь как наглядное пособие, позволяющее преподавателям описать технологический процесс, но не продемонстрировать. К таким экспонатам, иногда хочется повесить запрещающий плакат «Стой! Напряжение!», в смысле «Руками не трогать». Решение задачи реального отображения профессиональной деятельности сегодня осуществляется путем моделирования и имитации технологического процесса.

Так на кафедре «Электрические станции» КГЭУ проводятся базовые эксперименты, выполняемые с помощью комплекта учебного лабораторного оборудования «Оперативные переключения в распределительных устройствах электрических станций и подстанций». Комплект предназначен для выполнения лабораторных работ студентами по дисциплинам, в рамках специализированного модуля «Электрические станции и подстанции». Комплект может быть использован на семинарах и курсах повышения квалификации электротехнического персонала предприятий и организаций.

Поскольку основная проблема, как правило, заключается в немногочисленности подобных лабораторных моделей и фрагментарном отображении технологического процесса, необходимо выявить возможности лабораторной модели, помимо заданных, для использования в нескольких дисциплинах.

Целью учебных занятий на базе лабораторного комплекта является ознакомление студентов с оперативными переключениями в распределительных устройствах электростанций и подстанций, с практической стороной деятельности диспетчерского персонала и приобретения общих навыков решения задач при осуществлении оперативного управления [3].

Аппаратная часть комплекта содержит спроектированную с учебными целями модель распределительного устройства, выполненную с возможностью включения/отключения выключателей, разъединителей, заземляющих ножей, а также сигнализации их положения.

Но такой аппаратный комплект позволяет на соответствующем уровне интерпретации реализовывать дидактические задачи разных дисциплин при единой модели аппаратной части и заложенных в нее возможностей. Как минимум три дисциплины в программе подготовки

бакалавров и одна дисциплина в магистерской программе могут на основе этого лабораторного комплекта наглядно иллюстрировать полученные знания и формировать умения, востребованные в контексте дисциплин. Начиная от изучения схем распределительных устройств и основных коммутационных аппаратов, далее идти в следующих дисциплинах к организации эксплуатации, порядку оперативных переключений и ликвидации аварий в электроустановках. И все это, помимо составления технической и оперативной документации энергопредприятий, можно осуществлять в рамках одной модели аппаратного комплекса. Кроме этого, модель может быть интерпретирована в содержании дисциплин на курсах переподготовки и повышения квалификации. Например, при подготовке оперативного персонала методы моделирования являются весьма эффективными, поскольку в условиях реального производства аналогичными приемами осуществляется подготовка персонала, занимающегося оперативными переключениями. А на уровне профессиональной ориентации школьников, эту же модель можно использовать как квест, классический эскейп, со звуковой и световой сигнализацией.

Учебный тренажер является удачным объектом для сочетания учебной и производственной деятельности, поскольку не только имитирует деятельность персонала, но и позволяет усилить мотивацию обучения и формировать умения принимать оптимальные решения в сложных ситуациях. Кроме того, эффективным является работа на тренажере в мини-группе, формирующая умение работать в команде.

Преемственность в организации и проведении лабораторных работ нескольких дисциплин в рамках одного лабораторного комплекта позволяет упростить организацию учебных занятий и повысить эффективность учебной деятельности. Реализация преемственности лабораторного практикума в рамках цикла нескольких дисциплин должна осуществляться непрерывно и комплексно с четкой постановкой учебных целей и задач [4].

## Источники

1. Гребенщикова М.М., Миронов М.М., Миронова Е.А. Профессиональная ориентация и формирование значимых компетенций в условиях интеграции образовательного учреждения и производства // Проблемы образования. Кадры решают все: сб. матер. V Междунар. науч.-практ. конф. / Под ред. Г.В. Кривцовой. 2019. С. 27–31.

2. Матушанский Г.У., Фролов А.Г., Завада Г.В. Определение профессиональных и базовых компетенций преподавателя высшей школы // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2006. № 9-10. С. 70–77.

3. Гребенщикова М.М., Миронова Е.А. Этапы внедрения цифровых технологий в контент профессионального образования // Современные цифровые технологии: проблемы, решения, перспективы: Нац. (с междунар. участием) науч.-практ. конф. Казань, 2022. С. 326–329.

4. Гребенщикова М.М., Миронова Е.А. Технология опережающей подготовки в высшей профессиональной школе // Научный альманах. 2015 № 11-2 (13). С. 121–124.

УДК 621.316

# ПРЕЕМСТВЕННОСТЬ НАУЧНОЙ И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

Миронова Елена Анатольевна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань,
mironova.energo@yandex.ru

Приобщение к научно-исследовательской деятельности позволяет студентам подготовиться к осознанному выбору темы выпускной квалификационной работы, которая может быть рассмотрена при дальнейшем обучении и более четко ориентироваться в будущей профессиональной деятельности. Для реализации этой задачи необходимо создание единой системы непрерывной научной подготовки с разработкой конкретных мероприятий на всех курсах обучения.

**Ключевые слова:** научно-исследовательская деятельность, преемственность и непрерывность, образовательная программа высшей школы, профессиональная подготовка, компетенции.

# CONTINUITY OF SCIENTIFIC AND RESEARCH ACTIVITIES OF STUDENTS IN HIGHER EDUCATION

Mironova Elena Anatolyevna
KSPEU, Kazan,
mironova.energo@yandex.ru

Introduction to research activities allows students to prepare for a conscious choice of the topic of the final qualifying work, which can be considered during further training and more clearly orient themselves in future professional activities. To implement this task, it is necessary to create a unified system of continuous scientific training with the development of specific activities in all training courses.

**Keywords:** research activity, continuity and continuity, higher school educational program, professional training, competencies.

Особую значимость в любом контенте научно-педагогической деятельности в высшей школе имеет научно-исследовательская деятельность студентов, при условии ее непрерывности и системности.

Научно-исследовательская деятельность студентов позволяет ставить и решать задачи расширенного и углубленного изучения учебного контента, реализации личностных и творческих способностей, развития коммуникабельности, коллаборационизма и умения работать в научных

и творческих группах, становления навыков самостоятельной научной деятельности. При этом происходит формирование интеллектуальных и исследовательских компетенций, уровень развития которых позволяет выявить молодежь, готовую для дальнейшего обучения в магистратуре и аспирантуре, для работы на кафедрах и научно-исследовательских отделах.

Данный процесс можно систематизировать и по временным параметрам от первого курса до окончания учебы и по содержательным параметрам – различным формам деятельности: от кружковой работы на первом курсе до выполнения выпускной квалификационной работы.

Во многом научно-исследовательская деятельность студентов, дополняет учебный процесс, поскольку позволяет выйти за рамки учебных программ и планов; индивидуализировать процесс обучения; обеспечить участие в научно-практических мероприятиях, конкурсах, олимпиадах, научных конференциях; осуществить поиск наиболее компетентных в профессиональной среде и целеустремленных выпускников высшей школы. Привлечение студентов к научному творчеству можно условно подразделять на научно-исследовательскую деятельность, осуществляемую в учебном процессе и занятия студентов научной работой во внеучебное время. Основной задачей научной работы во внеучебное время является обучение студентов навыкам самостоятельной теоретической и экспериментальной работы и участие студентов в научных исследованиях, проводимых преподавателями кафедр и сотрудниками научных учреждений. На первом этапе основная форма это учебно-исследовательская работа в рамках программного материала учебных дисциплин.

На следующем этапе при изучении специальных дисциплин студенты знакомятся с научными направлениями деятельности выпускающей кафедры и включаются непосредственно в научно-исследовательскую работу, проводимую преподавателями на кафедре и в дальнейшем работу по тематикам бюджетных, хоздоговорных исследований и по проектам грантов.

В области электроэнергетики это могут быть темы:

– работа по улучшению эксплуатационных свойств электрооборудования электрических станций и подстанций;

– мероприятия по обеспечению качества тепловой и электрической энергии;

– работа по снижению влияния электромагнитных полей промышленной частоты на биологические объекты;

– новые цифровые технологии: виртуальная реальность и дополненная реальность;

– особенности работы интеллектуальной энергетической системы;

– режимы работы энергетической системы, организация оперативно-диспетчерского управления энергосистемой;

– проведение обследования состояния изоляционных конструкций высоковольтного оборудования под напряжением.

В результате такой деятельности, студенты могут публиковать свои результаты в виде научных статей, тезисов в различных журналах и сборниках, а также оформлять заявки для участия в конкурсах и грантах, при этом студенты приобретают опыт публичных выступлений. Так на первой конференции в учебном году в университете выделяется отдельная секция «Молодежь в энергетике».

Интегрирование в образовательном процессе учебной и научно-исследовательской деятельности позволяет формировать профессионально важные компетенции. При этом особое значение приобретают компетенции, имеющие прикладной характер и выраженную инновационную (научно-исследовательскую) составляющую, что особенно востребовано современным промышленным производством [1, 2]. Все они включены в учебные программы разных дисциплин, но в разной степени интерпретации.

Следовательно, в инженерном образовании могут быть устранены основные проблемы обучения, которые отмечают в энергетических компаниях и которые позволят уменьшить дефицит специалистов:

– низкий уровень знаний достижений науки и техники в энергетической отрасли;

– отсутствие навыков научно-исследовательской работы;

– внутренние барьеры и боязнь нововведений;

– отсутствие культуры горизонтального взаимодействия и работы в проектных командах [3, 4].

## Источники

1. Матушанский Г.У., Фролов А.Г., Завада Г.В. Определение профессиональных и базовых компетенций преподавателя высшей школы // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2006. № 9-10. С. 70–77.

2. Гребенщикова М.М., Миронов М.М., Миронова Е.А. Профессиональная ориентация и формирование значимых компетенций в условиях интеграции образовательного учреждения и производства // Проблемы образования. Кадры решают все: сб. матер. V Междунар. науч.-практ. конф. / Под ред. Г.В. Кривцовой. 2019. С. 27–31.

3. Гребенщикова М.М., Миронова Е.А. Технология опережающей подготовки в высшей профессиональной школе // Научный альманах. 2015. № 11-2 (13). С. 121–124.

4. Уровни сформированности инженерного мышления / Е.А. Дума [и др.] // Успехи современного естествознания. 2013. № 10. С. 143–144.

УДК 681.5.017

# ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Мишин Никита Алексеевич[1], Ильнар Ильдарович Шарипов[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]nikita_mishin_05@mail.ru, [2]sharipov.ii@mail.ru

В статье рассматриваются плюсы и минусы применения аддитивных технологий в машиностроении. А также для чего в целом нужны аддитивные технологии.

**Ключевые слова:** аддитивные технологии, 3D-печать, принтинг, машиностроение, инновации, сложные детали, прототипирование, экономическая эффективность.

# PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN MECHANICAL ENGINEERING

Mishin Nikita Alekseevich[1], Sharipov Ilnar Ildarovich [2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]nikita_mishin_05@mail.ru, [2]sharipov.ii@mail.ru

The article discusses the pros and cons of using additive technologies in mechanical engineering. And also what additive technologies are generally needed for.

**Keywords:** additive technologies, 3D printing, printing, mechanical engineering, innovations, complex parts, prototyping, economic efficiency.

Аддитивные технологии, также известные как 3D-печать или принтинг, являются инновационным подходом в производстве, позволяющим создавать сложные детали и объекты путем последовательного наращивания материала по слоям. Они отличаются от традиционных методов обработки материалов и имеют значительный потенциал для применения в машиностроении. В данной статье рассмотрим перспективы применения аддитивных технологий в машиностроении.

МКЭ основан на дискретизации непрерывного объекта в множество конечных элементов, что позволяет перейти от решения дифференциальных уравнений к решению системы алгебраических уравнений. Общая идея заключается в разбиении исходной области на конечное число подобластей, называемых конечными элементами. Эти элементы имеют простую геометрию и свойства, и они объединяются для представления всей системы.

Перспективы аддитивных технологий в машиностроении:

1. Ускорение процесса разработки и производства. Аддитивные технологии позволяют сократить время, затрачиваемое на проектирование, прототипирование и производство деталей. Они позволяют быстро создавать прототипы и функциональные детали, что ведет к более эффективному процессу разработки новых изделий.

2. Индивидуализация и оптимизация продукции. Аддитивные технологии предоставляют возможность создания индивидуальных и оптимизированных по параметрам деталей. Это может включать изменение формы, геометрии, легкости, прочности и других физических характеристик. Такой подход позволяет создавать более функциональные и производительные изделия.

3. Снижение производственных затрат. Аддитивные технологии могут снизить затраты на производство путем минимизации отходов материалов и упрощения сложных производственных процессов. Кроме того, одно оборудование может заменять несколько традиционных машин, что снижает издержки на оборудование и эксплуатацию.

Применение аддитивных технологий в машиностроении:

1. Производство прототипов и функциональных деталей. Аддитивные технологии идеально подходят для создания быстрых прототипов и тестирования новых конструкций и дизайнов. Они позволяют быстро получить реалистичные модели для дальнейшей проверки и улучшения.

2. Серийное и массовое производство. С развитием аддитивных технологий возможно переходить от одиночного производства к серийному или даже массовому производству деталей. Это особенно полезно для создания небольших партий деталей с уникальными характеристиками или для изготовления запасных частей по мере необходимости.

3. Топологическая оптимизация и облегчение деталей. Аддитивные технологии сочетаются с методами топологической оптимизации, что позволяет создавать более легкие и прочные детали. Минимизация использования материалов и снижение массы деталей способствует экономической эффективности и энергосбережению.

Таким образом, применение аддитивных технологий в машиностроении предоставляет перспективы для улучшения процессов разработки и производства, индивидуализации и оптимизации продукции, а также снижения затрат. Они имеют потенциал для изменения традиционных методов производства и создания более эффективных и инновационных изделий.

## Источники

1. Gibson I., Rosen D., Stucker B. Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing. Springer New York, NY, 2010. 459 p.

2. Wong K.V., Hernandez, A. A Review of Additive Manufacturing // International Scholarly Research Notices. 2012. Vol. 2012. 11 p. DOI: https://doi.org/10.5402/2012/208760 (дата обращения: 23.10.2023).

3. Kruth J.P., Leu M.C., Nakagawa T. Progress in Additive Manufacturing and Rapid Prototyping // CIRP Annals. 1998. Vol. 47, Iss. 2. Pp. 525–540.

4. Wohlers T., Caffrey T. Wohlers Report 2020: 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry. Wohlers Associates, Inc., 2020. 383 p.

УДК 678.5

# ИЗДЕЛИЯ ИЗ ПЛАСТМАССЫ

Мусин Айназ Ильшатович[1], Зинов Никита Александрович[2],
Рукавишников Виктор Алексеевич[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]musinainaz2004@gmail.com, [2]zinovnikita555@gmail.com

В статье «Изделия из пластмассы» автор рассказывает о природе и сущности пластмассы, способах ее применения и роли в повседневной жизни.

**Ключевые слова:** пластмасса, материалы, искусственные материалы, полимеры, машиностроение, автоматизация.

# PLASTIC PRODUCTS

Musin Ainaz Ilshatovich[1], Zinov Nikita Alexandrovich[2],
Viktor Alekseevich Rukavishnikov[3]
[12]KSPEU, Kazan
[1]musinainaz2004@gmail.com, [2]zinovnikita555@gmail.com

In the article “Plastic products”, the author talks about the nature and essence of plastic, ways of its application and role in everyday life.

**Keywords:** plastics, materials, artificial materials, polymers, mechanical engineering, automation.

Одним из наиболее распространенных искусственных материалов, которые не встречаются в природе и получаются путем химической обработки, являются полимеры и пластмассы. Их появление связано с 20 веком, веком интенсивного развития новых технологий. Использование полимеров и пластмасс обусловлено их специфическими свойствами, такими как малый вес и достаточная прочность для технологических нужд, высокая химическая стойкость к коррозии, хорошие электроизоляционные свойства и другие.

Широкое применение полимеров и пластмасс в машиностроении и промышленности позволяет сэкономить на использовании дорогих цветных металлов, снизить массу изделий, увеличить их долговечность и упростить производственные процессы. Еще одним преимуществом является возможность совмещения процессов формования заготовок и получения готовых деталей, что облегчает автоматизацию и снижает необходимость в механической обработке.

Эти материалы являются частью группы органических материалов, основу которых составляют синтетические или природные смолы в виде полимеров. Под воздействием тепла и давления они могут легко принимать форму, сохраняя ее после охлаждения.

Некоторые виды пластмасс прозрачны, обладают хорошей клеящей способностью и могут использоваться для защитных покрытий. Пластмассы играют важную роль в строительной отрасли, часто применяются совместно с связующими веществами, металлами и каменными материалами.

В зависимости от реакции на тепло, эти материалы могут быть классифицированы как термопласты – полиэтилен, капрон, полистирол, фторопласты – и реактопласты – текстолиты, пресс-материалы, стеклопластики. При нагревании исходные компоненты становятся вязкими и текучими, однако после завершения химической реакции они становятся твердыми и не могут изменить свою форму (в отличие от термопластов).

Пластмассы, такие как полиэтилен, поливинилхлорид и полистирол, являются основными массовыми продуктами в мировом производстве. Их широкое применение в строительстве, упаковке, машиностроении, электротехнике и транспорте обусловлено их доступной ценой и легкостью переработки. Кроме того, около 2 % всего производства составляют специальные пластмассы, такие как полиформальдегид, поликарбонаты, фторполимеры, силиконы, полиамиды и эпоксидные смолы. С правильным использованием пластмасс, они могут принести огромную пользу в строительстве.

Примером такого использования являются прозрачные цветные стекла из ударопрочного поливинилхлорида или бесшовно облицованные деревянные профили, не требующие особого ухода и обладающие устойчивостью к агрессивной промышленной атмосфере. В некоторых странах изготавливают доски из вспененного сополимерацетата, которые можно применять как в интерьерах, так и для наружных строительных деталей. Акриловое стекло также нашло применение в виде световых панелей и куполов, особенно там, где требуется высокая погодоустойчивость.

Пластмассы становятся все более востребованными в строительстве трубопроводов, поскольку их использование исключает проблему коррозии. Такие трубопроводы из стекловолокна и других пластиков применимы для доставки газов и химических веществ под давлением. В качестве уплотнителей швов между бетонными деталями используются полиуретаны, силиконы, акрилаты, эпоксидные смолы и термопласты. Эти материалы идеально подходят для уплотнения швов на фасадах зданий и сооружений, в том числе под водой.

Итак, использование пластмасс в строительстве открывает большие возможности и обеспечивает прочность, долговечность и устойчивость конструкций.

Одной из главных особенностей данных соединений является наличие эпоксигрупп и гидроксильных групп. Присутствие данных групп конферирует эпоксидным соединениям важные свойства, пригодные для применения в строительстве. Эпоксидные смолы обладают прочной адгезией к бетонной поверхности и стойкостью к атмосферным воздействиям. Их можно наносить даже на влажные поверхности бетона, поскольку эпоксидные соединения, благодаря наличию гидроксильных групп, обладают меньшей гидрофобностью по сравнению с другими полимерными материалами. На сегодняшний день пластмассы являются одними из самых распространенных материалов. Это связано с их низкой стоимостью, легкостью переработки и уникальными свойствами в некоторых случаях. Единственной областью, где пока ограничено использование пластмасс, является высокотемпературная техника, однако уже сделаны шаги в направлении создания пластмасс, выдерживающих высокие температуры. Развитие химических технологий, позволяющих создавать вещества с заданными свойствами, говорит о том, что пластмассы станут одним из главных материалов в будущем.

## Источники

1. Технология полимерных материалов: учеб. пособие / А.Ф. Николаев [и др.]; под общ. ред. В.К. Крыжановского. СПб.: ЦОП Профессия, 2021. 534 с.

2. Зелке С., Кутлер Д., Хернандес Р. Пластиковая упаковка / Пер. с англ.; под ред. А.Л. Загорского, П.А. Дмитрикова. 2-е изд. СПб.: ЦОП Профессия, 2021. 560 с.

3. Брукс Д., Джайлз Дж. А. Производство упаковки из ПЭТ / Пер. с англ.; под ред. О. Ю. Сабсая. СПб.: ЦОП Профессия, 2019. 368 с.

4. Потишко А.В., Крушевская Д.П. Справочник по инженерной графике. Киев: Будивельник, 2020. 256 с.

5. Ростовцев Н.Н., Соловьев С.А. Техническое рисование. М.: Просвещение, 2020. 157 с.

УДК 378:004

# РАЗРАБОТКА ТЕЛЕГРАМ-БОТА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Мустахитдинова Юлия Айдаровна[1], Зарипова Римма Солтановна[2]
[1,2]КГЭУ, г. Казань
[2]zarim@rambler.ru

В данной статье рассматриваются ключевые особенности разработки телеграм-ботов с целью выполнения внутренних процессов организации для информационной системы автоматизации деятельности модерирующего органа образовательных учреждений.

**Ключевые слова:** бот, телеграм, пользовательский интерфейс, информационная система, телеграм-бот, приложение.

# DEVELOPMENT OF TELEGRAM BOTS FOR USE IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS

Mustakhitdinova Yulia Aidarovna[1], Zaripova Rimma Soltanovna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan, Russia
[2]zarim@rambler.ru

This article discusses the key features of developing telegram bots in order to perform internal processes of the organization for the information system of automation of the moderating body activity of educational institutions.

**Keywords:** bot, telegram, user interface, information system, telegram bot, application.

На данный момент телеграм-боты широко используются в различных целях: продвижение бизнеса, дополнительные функции для каналов/групп, проведение операций с криптовалютой и прочее. В общем, телеграм-боты – это очень актуальная разработка, которая позволяет добавить множество полезных функций [1].

Внедрение телеграм-бота позволит более эффективно модерировать проекты и контент, выкладываемые пользователями в приложении, продуктивнее использовать временные и трудовые ресурсы, уменьшить допущение ошибок, связанных с человеческим фактором, а также дать возможность работать с телефона в любое время в любом месте [2].

Телеграм-мессенджер, созданный в 2013 г. Павлом Дуровым, получил большую популярность за счет высокой степени анонимности. Современные компании видят стремительное развитие телеграм-ботов и в связи с этим готовы сделать выбор в их пользу вследствие того, что они

обладают доступностью с любого устройства из любой точки мира без установки, а также они обладают простотой, универсальностью и практичностью [3]. Поэтому было принято решение реализовать информационную систему в виде телеграм-бота. Для сотрудников организации телеграм-бот станет успешным поддержанием их работы.

Одним из главных преимуществ телеграм-бота являются:

– безопасность и надёжность;

– быстродействие и функциональность;

– простота в использовании и дешевизна;

– мобильность и легкость обновления; масштабируемость и кросс-платформенность.

Разработка телеграм-бота состоит из следующих основных этапов:

1. Разработка технического задания.
2. Создание дизайна и навигации.
3. Вёрстка.
4. Программирование.
5. Размещение.
6. Тестирование и отладка.

Ролью разрабатываемого телеграм-бота является получение конкурентного преимущества, автоматизация одного из важнейших бизнес-процессов организации, ускорение работы сотрудников. Поэтому при разработке телеграм-бота важно учитывать компоненты, способствующие удобству использования программного продукта:

– обучаемость (легкость выполнения задач новыми пользователями);

– эффективность (возможность пользователям быстро выполнять свои задачи);

– запоминаемость (легкость восстановления навыков работы с интерфейсом вернувшимся пользователям);

– ошибки (легкость исправления ошибок, допущенных пользователями при взаимодействии с интерфейсом);

– удовлетворенность (приятно ли работать в телеграм-боте).

Дизайн телеграм-бота не отличается от дизайна других приложений [4]. Он обладает множеством общих элементов, например, командами для взаимодействия и кнопками для интеракции с ботом.

В дизайне телеграм-бота особенно важно иметь возможность общаться с ботом при помощи чата, а сам бот должен обеспечивать мгновенную связь с клиентами [5]. Но у чата есть обратная сторона, имеющая такой недостаток, как неработоспособность во время обновлений. Бот будет доступен в часы, только когда включен и не происходит никаких обновлений на сервере.

В зависимости от проекта можно выделить несколько рекомендаций для создания дизайна телеграм-бота:

1) простота. В сфере телеграм-ботов все должно быть достаточно просто. Модные идеи делают производительность намного ниже;

2) устранение проблем совместимости. Интерфейс должен выглядеть и работать одинаково на всех устройствах, независимо от размера экрана, модели смартфона и т. д.;

3) высокая производительность. Телеграм-бот не должен заставлять пользователей ждать. Главная цель – отвечать пользователям моментально, чтобы процесс их проверок происходил как можно быстрее.

Таким образом, разработанный телеграм-бот станет успешным поддержанием работы для сотрудников организации.

## Источники


1. Дронина А.А., Зарипова Р.С. Разработка и использование телеграм-ботов для выполнения внутренних процессов организации // Наука и творчество: вклад молодежи: сб. матер. Всерос. молод. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Махачкала, 2022. С. 27–30.

2. Алемасов Е.П., Зарипова Р.С. Модернизация образования посредством интеграции информационных технологий в процесс обучения // Приоритетные направления развития спорта, туризма, образования и науки: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Н. Новгород, 2021. С. 603–605.

3. Кривоногова А.Е., Зарипова Р.С. Современные информационные технологии и их применение в сфере образования // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: матер. 17-й открытой Всерос. конф. Новосибирск, 2019. С. 399–401.

4. Ишмуратов Р.А., Зарипова Р.С. Роль и место программных приложений в образовательном процессе // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: матер. 17-й открытой Всерос. конф. Новосибирск, 2019. С. 156–158.

5. Ромашкин В.А., Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Информационные технологии и их внедрение в процесс обучения // Цифровая культура открытых городов: сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2018. С. 440–443.

УДК 004.8

# ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Мухаметзянов Ильназ Искандэрович[1], Зарипова Римма Солтановна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]ilnazmmm.@mail.ru

Данная статья анализирует влияние нейронных сетей на современное образование. В статье подчеркивается потенциал этих технологий для создания гибких и адаптивных образовательных процессов, а также выделяются ключевые вызовы, связанные с успешной интеграцией нейронных сетей в образование.

**Ключевые слова**: нейронные сети, образование, прогнозирование успеваемости, технологии обучения, адаптивные образовательные платформы.

# APPLICATION OF NEURAL NETWORKS IN EDUCATION

Mukhametzyanov Ilnar Iskanderovich[1], Zaripova Rimma Soltanovna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]ilnazmmm.@mail.ru

This article analyses the influence of neural networks on modern education. The article emphasises the potential of these technologies to create flexible and adaptive educational processes, and highlights the key challenges to successfully integrating neural networks into education.

**Keywords:** neural networks, education, achievement prediction, learning technologies, adaptive educational platforms.

Современное образование и технологии становятся все более неотделимыми. Нейронные сети, являющиеся основой искусственного интеллекта, открывают новые возможности для образования. Объединение этих двух сфер приводит к появлению инноваций и улучшению эффективности образовательных процессов [1].

Одним из главных преимуществ использования нейронных сетей является возможность создания индивидуальных образовательных программ для каждого ученика. Адаптивные образовательные платформы на основе нейронных сетей могут анализировать данные обучения и предоставлять персонализированные материалы, задания и методы обучения, учитывая потребности каждого ученика.

Прогнозирование успеха с помощью нейронных сетей можно предсказывать успех учащихся на основе их предыдущих достижений и поведенческих паттернов. Это помогает преподавателям и администраторам школ или университетов оперативно выявлять проблемные места учеников и предпринимать соответствующие меры для улучшения образовательного процесса [2].

Системы оценки, использующие нейронные сети, способны более точно и объективно оценивать знания учащихся. Автоматизация процесса проверки заданий, распознавание текстовых ответов и оценка творческих работ с использованием нейронных сетей позволяют сэкономить время преподавателей и обеспечивают более справедливую оценку знаний.

Использование нейронных сетей в образовании способствует разработке новых инновационных образовательных продуктов, таких как интерактивные образовательные приложения, онлайн-курсы с адаптивной системой обучения, виртуальные лаборатории и тренажеры для развития профессиональных навыков [3]. Эти продукты обогащают образовательный опыт студентов и повышают их мотивацию к обучению.

Использование нейронных сетей в управлении образовательными учреждениями может оптимизировать процессы планирования бюджета, ресурсов и кадровой политики, что в итоге приведет к повышению качества образования [4]. Несмотря на вызовы, связанные с необходимостью использования высокотехнологичного оборудования и обученного персонала, применение нейронных сетей имеет большой потенциал для трансформации образовательных процессов и создания более эффективной и доступной системы образования для всех.

Однако есть и обратная сторона искусственного интеллекта в образовании. Система образования пытается бороться со списыванием результатов, генерируемых нейросетями. Первое и самое очевидное, что пришло на ум многим учителям, вернуть практику устных экзаменов. Это могло бы сработать, но одно дело – проверить стопку контрольных, другое – вызвать каждого ученика к доске: времени урока на это точно не хватит. В нескольких странах уже начали разработку программ, способных подобно «Антиплагиату» распознавать текст, созданный искусственным интеллектом. Разумеется, они используют те же принципы, что и нейросети, – самосовершенствующиеся алгоритмы определения. Так называемые контент-детекторы представили уже несколько компаний. Правда, все они в разной степени несовершенны.

В России АНО «Национальная технологическая инициатива» создаёт нейросеть для проверки школьных сочинений: она будет выявлять грамматические, пунктуационные и смысловые ошибки, что, по словам разработчиков, позволит учителям экономить до 20 % времени.

Существует вероятность, что нейросеть и вовсе заменит педагогов [5]. По данным исследования учёных в ближайшее время ИИ сможет заменить представителей 20 профессий, в том числе преподавателей. В некоторых онлайн-школах это уже происходит. Например, боты общаются со студентами в качестве носителей иностранных языков, прогнозируют успехи школьников на ЕГЭ, дают советы по улучшению результатов и генерируют задачи на закрепление материала.

Интеграция нейронных сетей в сферу образования является важным шагом в создании эффективных и доступных образовательных систем. Эти технологии могут персонализировать образование, прогнозировать успеваемость учащихся, улучшать оценочные процессы, создавать новые образовательные продукты и оптимизировать управленческие процессы. Однако для успешной интеграции необходимо учесть сложности, такие как обеспечение высокотехнологичного оборудования, подготовка персонала, защита данных и списывания учащихся. Реализация эффективной стратегии интеграции нейронных сетей в образование позволит сделать образовательный процесс более гибким, адаптивным и дифференцированным, что создаст качественную образовательную среду для будущих поколений.

## Источники

1. Чубаров Н.А., Зарипова Р.С. Основные тенденции применения нейронных сетей в образовательных целях // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: матер. Междунар. науч.-техн. конф. Казань, 2023. С. 245–248.

2. Косулин В.В. Электронные образовательные ресурсы в обучении студентов инженерным дисциплинам // Уральский научный вестник. 2018. Т. 11, № 2. С. 37–42.

3. Силкина О.Ю., Зарипова Р.С. Использование искусственного интеллекта в области онлайн-перевода // Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование: матер. Междунар. науч.-техн. конф.: в 3 т. Казань, 2023. Т. 2. С. 536–540.

4. Овсеенко Г.А., Удовенко О.Б., Латфуллина Д.Р. Разработка курса в информационно-образовательной среде университета // Russian Journal of Education and Psychology. 2023. Т. 14, № 1-3. С. 41–45.

5. Алемасов Е.П., Зарипова Р.С. Перспективы применения технологий машинного обучения // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2020. № 2 (20). С. 32–34.

УДК 004

# УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ИНЖЕНЕРНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

Мухутдинов Камиль Раисович[1], Шарипов Ильнар Ильдарович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]79872359491mk@gmail.com

В статье рассматривается применение универсальных программных систем, основанных на методе конечных элементов (МКЭ), в инженерном моделировании; затронуты вопросы, связанные с созданием, симулированием и анализом сложных систем с помощью универсальных программных комплексов на основе МКЭ.

**Ключевые слова:** метод конечных элементов, уравнения, вычислительные операции, универсальные программный средства на основе МКЭ.

# UNIVERSAL SOFTWARE SYSTEMS FOR FINITE ELEMENT ANALYSIS IN ENGINEERING MODELING

Mukhutdinov Kamil Raisovich[1], Sharipov Ilnar Ildarovich[2]
KSPEU, Kazan
[1]79872359491mk@gmail.com

The article discusses the use of universal software systems based on the finite element method (FEM) in engineering modeling; issues related to the creation, simulation and analysis of complex systems using universal software systems based on FEM are raised.

**Keywords:** finite element method, equations, computational operations, universal software based on FEM.

Метод конечных элементов (МКЭ) – это численный метод, использование которого позволяет решать различные задачи в области инженерного анализа. Он применяется как для прочностных расчётов, так и в других областях, таких как гидродинамика, электромагнетизм, теплопроводность и другие.

МКЭ основан на дискретизации непрерывного объекта в множество конечных элементов, что позволяет перейти от решения дифференциальных уравнений к решению системы алгебраических уравнений. Общая идея заключается в разбиении исходной области на конечное число подобластей, называемых конечными элементами. Эти элементы имеют простую геометрию и свойства, и они объединяются для представления всей системы.

Процесс расчёта с использованием МКЭ включает несколько этапов. Сначала определяется геометрия и свойства материала системы. Затем область разбивается на конечные элементы, и для каждого элемента определяются уравнения, описывающие его поведение. Уравнения для всех элементов объединяются в единую систему уравнений, которая затем решается для получения результатов.

Одним из преимуществ МКЭ является его способность к практически полной автоматизации расчётов механических систем, хотя, как правило, для достижения точных результатов, обычно требуется большое количество вычислительных операций по сравнению с классическими методами механики деформируемого твёрдого тела [1].

С развитием современной вычислительной техники, МКЭ стал широко применяться в инженерной практике. Существует множество универсальных программных средств для решения задач на основе метода конечных элементов (МКЭ). Выделим популярные из них:

– ANSYS: ANSYS является одним из ведущих программных пакетов для численного моделирования и анализа различных инженерных задач на основе МКЭ. Он обладает широким набором функций для моделирования и анализа структурных, тепловых, электромагнитных, жидкостных и других задач.

– Abaqus: Это программный пакет, разработанный компанией Dassault Systèmes, который предоставляет мощные возможности для моделирования и анализа механических, тепловых, электромагнитных и многих других задач на основе МКЭ. Он широко используется в инженерном и научном сообществах.

– COMSOL Multiphysics: COMSOL Multiphysics предоставляет возможность моделирования и анализа сложных многополевых задач, включая механические, тепловые, электромагнитные, жидкостные и химические взаимодействия. Он имеет гибкий интерфейс и широкий спектр модулей для решения разных задач.

– MSC Nastran: MSC Nastran является основным программным пакетом для анализа конечными элементами в авиационной и автомобильной промышленности. Он предоставляет возможности для моделирования и анализа структурных, тепловых, сопротивления материалов и других задач.

– OpenFOAM: OpenFOAM (Open Field Operation and Manipulation) – это свободно распространяемый программный инструмент для моделирования механики жидкостей и газов с использованием метода конечных объемов (Finite Volume Method). Он предоставляет возможности для моделирования разнообразных задач, таких как потоки жидкостей, теплоперенос, сжатие газов и другие.

Знание основ метода конечных элементов и умение работать с такими программами становится неотъемлемым навыком для инженера в наше время.

## Источники

1. Шимановский А.О., Путято А.В. Применение метода конечных элементов в решении задач прик-ладной механики: учеб.-метод. пособие для студентов технических специальностей. Гомель: БелГУТ, 2008. 61 с.

2. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы. М.: Мир,1984. 428 с.

3. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. 541 с.

4. Мансурова А.Р. Применение программного комплекса ANSYS в компьютерном моделировании // Молодой ученый. 2018. № 39 (225). С. 31–33.

УДК 004.94

# РОЛЬ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ

Насибуллин Айнур Илгамович[1], Шарипов Ильнар Ильдарович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО “КГЭУ”, г. Казань
[1]nasibullin0418@mail.ru, [2]sharipov.ii@mail.ru

Раскрытие роли моделирования в современном технологическом процессе. Информация о видах моделирования.

**Ключевые слова:** моделирование, технологический процесс, модель, создание.

# THE ROLE OF MODELING IN THE TECHNOLOGICAL PROCESS

Nasibullin Ainur Ilgamovich[1], Sharipov Ilnar Ildarovich[2]
KSPEU, Kazan
[1]nasibullin0418@mail.ru, [2]sharipov.ii@mail.ru

Disclosure of the role of modeling in the modern technological process. Information about the types of modeling.

**Keywords:** modeling, technological process, model, creation.

Прежде чем начать основную тему, нужно расставить основные термины, такие как: моделирование, технологический процесс.

Моделирование – создание модели как представление какого-либо объекта. Обычно модель связана с реальным образцом только несколькими свойствами и характеристиками, и две модели могут очень сильно отличаться, то есть различия между ними могут быть не только в одной характеристике.

Также можно привести немного другое понятие: визуализация – это любой способ создания изображений, графиков или анимаций для какого-либо сообщения. Визуализация с помощью картинок был хорошим способом коммуникационного обмена. Примером являются египетские иероглифы, пещерные картины, греческая геометрия и методы перевода Леонардо да Винчи для научных и инженерных задач.

Моделирование делится на несколько типов:Симуляция – процесс представления поведения какого-либо объекта в рамках какого-либо условия заданным человеком.Система – набор, связанных между собой объектов по каким-либо признакам, свойствам или функциям. Вместе они правильно функционируют и приводят к нужному человеку результату. Структура – это теоретический фундамент, является результатом открытия, наблюдения и исследования.

Технологический процесс – это совокупность или система технологических действий или операций, которые выполняются в строгом порядке, начиная с получения какого-либо требования или цели, заканчивая удовлетворяющим результатом. Легче, когда операции выполняются параллельно несколькими объектами например: роботами или манипуляторами. Но можно предоставить работу людям, так как человек может действовать не только по инструкции или по программе, но и может найти выход из нестандартной ситуации.

Технологические процессы делятся на некоторые виды: единичный, групповой, типовой.

Единичный – технологический процесс создания объекта одного вида, признака, свойства и функции независимо от производства.

Типовой – технологический процесс изготовления нескольких объектов, которые имеют общие свойства и характеристики.

Групповой – технологический процесс изготовления объектов разного конструктивного характера, но с общими свойствами.

Опишем поэтапно, как происходит моделирование.

Первым этапом является техническое задание. Техническое задание – это объект связи между заказчиком и исполнителем, который выстраивает общее представление создаваемого объекта, который удовлетворяет технические требования по свойствам и характеристикам. С помощью него быстрее осуществляется взаимосвязь между заказчиком и исполнителем.

Второй этап – техническая гипотеза. Техническая гипотеза – Допуск понимания технических явлений и законов. Техническая гипотеза нуждается в репрезентантах.

Третий этап – Построение модели. Существует два вида подхода к построению модели: формальный и неформальный. Неформальный подход основан на оценивании экспертов, получении их мнений. Для этого можно устраивать опросы. Формальные подходы в свою очередь также делятся на два типа. Первый тип основан на научных знаниях, в научных богатствах человечества, в таких науках как физика, химия и другие науки. При это они имеют разную эффективность применения. Второй подход – идентификационный. Это такой подход, который основан на получении данных с помощью разных экспериментов. С помощью такого подхода можно получить функциональную модель.

Четвёртый этап – испытание модели. С помощью испытаний можно выявить разные характеристики, свойства, минусы, плюсы, слабые места и преимущества (над другим объектом) объекта. Также можно испытывать копии объекта для сравнения с оригиналом.

Если же результат моделирования не удовлетворяет требования, то всегда можно вернуться к первому этапу и начать всё заново до тех пор, пока результат не будет отличным от предыдущих попыток.

Для чего же нужно моделирование? Какую роль играет моделирование в техническом процессе? Моделирование прежде всего нужно для осознания объекта, представления его. Оно выполняет аналитическую роль – для представления человеческому глазу если его нельзя создать сейчас.Также моделирование выполняет роль безопасности, например: модель какого-либо опасного объекта, который находится в условиях опасных для человека. Илиобъект, который представляет опасность иным способом для человека.Также моделирование помогает людям создать модель объекта, который находится далеко, либо человек не может его создать по каким-либо причинам. Для примера можно привести разные планеты, на которых человек ещё не был, так как технический прогресс ещё не позволяет построить ракеты чтобы преодолевать такие большие расстояния.

Таким образом, можно сказать, что нельзя представить современный мир без моделирования в техническом процессе, так как современные люди не могут жить без результата технического прогресса. Моделирование в техническом прогрессе уже заняло важнейшее место в техническом процессе в целом. Без моделирования нельзя представить современный мир, многие технические профессии нуждаются в нём, так как часто нельзя взаимодействовать вначале с самим объектом. Моделирование помогает нам – современному человеку создавать, увеличивать, укреплять теорию об окружающем нас мире.

## Источники

1. Кувшинов Н.С. nanoCAD Механика. Инженерная 2D и 3D компьютерная графика. М.: ДМК-Пресс, 2020. 530 с.

2. Компьютерное моделирование: учеб. / В.М. Градов [и др.]. М.: КУРС: ИНФРА-М, 2023. 264 с.

3. Филимонов С.С., Хамитова Д.В. Перспективы использования систем автоматизированного проектирования в образовательной среде // Тенденции развития науки образования. 2022. № 84. С. 112–114.

4. Рукавишников А.А., Прец М.А. Компьютерная графика как технология современного проектирования и дизайна // Современные цифровые технологии: проблемы, решения, перспективы: матер. Нац. (с междунар. уч.) науч.-практ. конф. / под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. Казань, 2022. С. 223–226.

УДК 372.893:004

# ЦИФРОВИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ: ТРАДИЦИИ И НОВАЦИИ В ПРЕПОДАВАНИИ ИСТОРИИ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Нуриахметова Флюра Мубаракзяновна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
nuriahmetova.fm@kgeu.ru

В статье рассматриваются методы преподавания истории в техническом вузе в условиях цифровой трансформации образования. Отмечается необходимость логического сочетания как традиционных, так и инновационных методов с учетом новой концепции преподавании истории для студентов технических направлений подготовки.

**Ключевые слова**: цифровая трансформация образования, преподавание истории, традиции и инновации в обучении, подготовка специалистов.

# DIGITALIZATION OF EDUCATION: TRADITIONS AND INNOVATIONS IN TEACHING HISTORY AT TECHNICAL UNIVERSITY

Nuriakhmetova Flyura Mubarakzyanovna
KSPEU, Kazan
nuriahmetova.fm@kgeu.ru

The article discusses methods of teaching history at a technical university in the context of the digital transformation of education. The need for a logical combination of both traditional and innovative methods, taking into account the new concept of teaching history for students of technical areas of training.

**Keywords:** digital transformation of education, teaching history, traditions and innovations in teaching, training of specialists.

В современной России идет процесс цифровизации всех сфер деятельности общества, в том числе и системы образования, связанный с подготовкой специалистов нового поколения, которым предстоит реализовать свои профессиональные знания и умения в совершенно новых условиях. Педагогические коллективы вузов совершенствуют методологические подходы и практики преподавания истории, предполагающих переход к современным цифровым технологиям обучения, при которых содержание программы по истории как учебной дисциплины соответствует

логике исторической науки и развитию научных знаний в целом. Это в полной мере соответствует цели высшего образования – компетентностному подходу в обучении, направленному на овладение студентом разносторонними знаниями и способностью свободно ориентироваться в информационном пространстве.

Федеральные образовательные стандарты и новая концепция преподавания истории для неисторических (технических) направлений связана с увеличением аудиторных часов во всех вузах начиная с 2023–2024 учебного года, что позволило расширить содержание и тематику дисциплины, актуализировать приоритет общечеловеческих духовных ценностей, созданных за тысячелетия мировой истории органически сочетая их с национальными ценностями и традициями, развивать толерантность и взаимопонимание [1]. Одной из главных задач, стоящих перед техническими вузами, состоит в актуализации системности образования, предполагающей использование наряду с традиционными методами преподавания истории совершенствование и внедрение новых практик и технологий обучения студентов технических направлений и профилей подготовки, способствующих формированию как личности будущего специалиста, так и профессионала, способного выдержать конкуренцию на современном рынке труда.

На протяжении уже ряда лет в Казанском государственном энергетическом университете (КГЭУ) традиционные методы преподавания истории используются наряду с инновационными – интерактивной моделью обучения и широким использованием информационных компьютерных технологий (ИКТ) с учетом технических возможностей кафедр и университета в целом. В учебном процессе практикуется проведение проблемных лекций, лекций-презентаций, олимпиады, конкурсы творческих работ с их последующим обсуждением, метод инсценирования ключевых событий из истории России, семинары-экскурсии в виде презентации или видеоролика о самых ярких архитектурных памятниках или исторических событиях, on-line обучение и другие интерактивные формы [2].

Современная ситуация требует внести коррективы в понимание исторического процесса, тем самым актуализирует необходимость изучения национальной истории (истории родного края, города, села), повседневной истории (условий жизни, труда и быта обычных людей), что важно для воспитания патриотизма и гордости за свое прошлое, настоящее и будущее, исходя из новых задач, стоящих сегодня перед обществом. Современная педагогика высшей школы постоянно совершенствует достижения в области разработки и применения инновационных методов

и практик в образовательном процессе. Традиционные лекции и семинары проводятся с помощью мультимедийных технологий, что позволяет превратить презентацию из вспомогательной в самодостаточную форму. Продуманное использование информационных ресурсов позволяет сделать лекции-презентации еще вчерашним школьникам (история читается на первом курсе) интересными, а соединение слова и образа облегчает процесс восприятия материала студентами. Это способствует расширению исторического пространства, позволяет виртуально погружаться в события и явления прошлого, способствует эмоциональному и интеллектуальному восприятию материала, развитию самостоятельного, креативного мышления студентов [3].

Необходимо отметить, что цифровизация образовательного процесса требует дополнительных затрат с целью обновления информационных технологий и практик. На семинарских занятиях по истории остро ощущается нехватка интернета для работы с образовательными Web-сайтами; мультимедийной, отвечающей сегодняшнему времени, аппаратуры в учебных кабинетах; наглядного иллюстративного материала. Особенно это важно при подготовке студентами эссе, докладов и рефератов, презентаций и других форм самостоятельной работы [4]. Безусловно, это позволило бы комплексно оценить знания обучающихся, умение анализировать и творчески мыслить, аргументировать свои суждения и делать выводы, демонстрировать навыки работы с современными техническими средствами (компьютером, планшетом, электронной книгой) и информационными ресурсами [5]. Кроме того, цифровизация образования требует совершенствования работы информационных служб университета, а также обучение педагогического состава современным ИТ-технологиям.

Активное внедрение в учебный процесс инновационных подходов стимулирует студентов к пополнению ранее полученных знаний обращением к инновационным методам изучения, позволяющим обновить и обогатить традиционное изложение российской и всеобщей истории. Историческое образование, как составная часть гуманитарного цикла подготовки, несет в себе огромный потенциал в формировании личности, в сохранении и передаче социального и духовного опыта предшествующих поколений. Понимание этой исторической ретроспективы, основанное на собственном практическом опыте, обеспечит ориентацию молодого специалиста в современном мире, поможет определить стандарты нормативно-правового поведения в информационном пространстве, ответственность и творческое отношение к своей профессиональной деятельности. Таким образом, синергия традиционных и инновационных

методов и практик преподавания истории в вузе позволит не только интересно и увлекательно организовать обучение и самостоятельную работу студента, но и раздвинуть рамки исторического познания, развить его коммуникативные навыки, умение работать с интернет-ресурсами и базами данных. Такой подход позволит сформировать у молодежи правильное понимание современного исторического дискурса, роли субъектов исторического процесса и социально-политической ситуации в стране и мире.

## Источники


1. Концепция преподавания истории России для неисторических специальностей и направлений подготовки, реализуемых в образовательных организациях высшего образования [Электронный ресурс]: утв. протоколом Экспертного совета по развитию исторического образования от 15 февраля 2023 г. № ВФ/15-пр. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 23.10.2023).
2. Нуриахметова Ф.М., Холоднов В.Г. Новые методы в преподавании истории в техническом вузе // Казанский педагогический журнал. 2014. № 2. С. 67–73.
3. Табейкина Е.К. Применение эмоциональных и интеллектуальных средств для развития познавательной деятельности студентов при изучении истории // Внедрение научных исследований в образовательный процесс вуза: матер. II Междунар. Круглого стола, посвящ. Дню преподавателя высшей школы. Казань, 2023. С. 259–262.
4. Хуторова Л.М. Формирование духовно-культурных ценностей у студентов технического вуза средствами рабочей программы дисциплины «История» // Современные проблемы профессионального образования: тенденции и перспективы развития: сб. науч. ст. III Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию известного российского ученого, академика РАО Георгия Николаевича Филонова. Калуга, 2022. С. 95–100.
5. Гибадуллина Р.Н. Персонализированное обучение в вузе // Современные цифровые технологии: проблемы, решения, перспективы: матер. Нац. (с междунар. уч.) науч.-практ. конф. Казань, 2022. С. 285–290.

УДК 336.13

# КАТЕГОРИИ СОВРЕМЕННЫХ 3-D СКАНЕРОВ

Панаев Михаил Владимирович[1], Шарипов Ильнар Ильдарович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]panaev_2009@mail.ru, [2]sharipov.ii@kgeu.ru

В данной статье рассматриваются основные категории современных 3-D сканеров, используемых в различных областях промышленности, медицины и дизайна. Авторы проводят обзор основных типов сканеров, их преимуществ и недостатков, а также области применения. Статья предоставляет читателям полное представление о современных технологиях 3-D сканирования и помогает определиться с выбором подходящего сканера для конкретных задач.

**Ключевые слова:** Сканеры, преимущества, недостатки, технологии, задачи, типы.

# CATEGORIES OF MODERN 3-D SCANNERS

Panaev Mikhail Vladimirovich[1], Sharipov Ilnar Ildarovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]panaev_2009@mail.ru, [2]sharipov.ii@kgeu.ru

This article discusses the main categories of modern 3-D scanners used in various fields of industry, medicine and design. The authors review the main types of scanners, their advantages and disadvantages, as well as the scope of application. The article provides readers with a complete understanding of modern 3-D scanning technologies and helps determine the choice of a suitable scanner for specific tasks.

**Keywords:** Scanners, advantages, disadvantages, technologies, tasks, types.

3-D сканеры являются важным инструментом в различных областях промышленности, медицины и дизайна. Они позволяют создавать точные 3-D модели объектов, что делает их незаменимыми в процессе проектирования, изготовления и диагностики.

В данной статье мы рассмотрим основные категории современных 3-D сканеров, их преимущества и недостатки, а также области применения.

Существует несколько основных типов 3-D сканеров: лазерные, структурированные светом, фотограмметрические и мед. Каждый из них имеет свои особенности и применяется в определенных областях. Например, лазерные 3-D сканеры используют лазерный луч для измерения расстояния до объекта и создания точной 3-D модели. Они обеспечивают высокую точность сканирования и могут работать с различными материалами, включая металлы, пластик и стекло. Лазерные сканеры часто применяются в промышленности для контроля качества продукции, реверсивной инженерии и создания прототипов.

Структурированные светом 3-D сканеры используют проекцию структурированного света на объект и измерение искажений этой проекции для создания 3-D модели. Они обладают высокой скоростью сканирования и могут использоваться для сканирования больших объектов, таких как здания или машины. Эти сканеры также находят применение в промышленности для контроля качества и реверсивной инженерии.

Фотограмметрические 3-D сканеры используют несколько камер для измерения объекта из разных точек зрения и создания точной 3-D модели. Они могут быть использованы для сканирования объектов различных размеров и форм, но требуют хорошего освещения и угла обзора. Фотограмметрические сканеры часто используются в архитектуре, геодезии и археологии.

Медицинские 3-D сканеры специально разработаны для создания 3-D моделей органов и тканей человека. Они могут быть использованы для планирования операций, изготовления индивидуальных медицинских устройств и обучения медицинскому персоналу. Медицинские 3-D сканеры играют важную роль в современной медицине, позволяя врачам более точно диагностировать и лечить различные заболевания.

Преимущества 3-D сканеров включают точность измерений, возможность создания точных 3-D моделей, скорость работы и простоту использования. Однако у них также есть недостатки, такие как высокая стоимость и сложность обработки данных.

В промышленности 3-D сканеры используются для контроля качества продукции, реверсивной инженерии, создания прототипов и многих других целей. В медицине они применяются для создания моделей органов и тканей, планирования операций и изготовления индивидуальных медицинских устройств. В дизайне 3-D сканеры используются для создания цифровых копий объектов, моделирования и создания виртуальных примерок.

Таким образом, это означает, что современные 3D сканеры имеют большой потенциал для создания точных 3D моделей объектов в различных областях. Понимание различных типов сканеров, их преимуществ и ограничений поможет выбрать подходящий сканер для конкретных задач. Например, лазерное сканирование может быть более подходящим для определенных приложений, чем структурированное световое сканирование или фотограмметрическое сканирование. Таким образом, эти обзоры предоставляют читателям информацию, необходимую для принятия информированных решений при выборе 3D сканера для конкретных задач и областей применения.

## Источники

1. Достижения в области 3D лазерного сканирования и его применения // Журнал прикладной геодезии. 2019.

2. Структурированное световое 3D-сканирование: обзор // Международный журнал компьютерного зрения. 2018.

3. Фотограмметрическое 3D-сканирование для документации по культурному наследию // Журнал культурного наследия. 2020.

4. Медицинское 3D-сканирование: современные тенденции и будущие приложения // Журнал медицинской визуализации и медицинской информатики. 2021.

5. Вестник КГЭУ [Электронный ресурс]: офиц. сайт. URL: https://vkgeu.ru (дата обращения: 08.11.2023).

УДК 621.937.004.942

# ПРИМЕНЕНИЕ САПР-МУЛЬТИФИЗИКС В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ВУЗА

Пономарёв Кирилл Игоревич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
workpnmrvk@mail.ru

В данной статье проанализировано применение современных технологий в области инженерии и науки и представлено формирование заданных инженерных компетенций при использовании системы автоматизированного проектирования Multiphysics в ходе процесса подготовки специалистов ВУЗа.

**Ключевые слова:** современные технологии, инженерное образование, программное обеспечение, модель, бакалавриат, инженерия.

# APPLICATION OF CAD-MULTIPHYSICS IN THE PROCESS OF TRAINING UNIVERSITY SPECIALISTS

Ponomarev Kirill Igorevich
KSPEU, Kazan
workpnmrvk@mail.ru

This article analyzes the use of modern technologies in the field of engineering and science and presents the formation of specified engineering competencies using the Multiphysics computer-aided design system during the process of training university specialists.

**Keywords:** modern technologies, engineering education, software, model, bachelor's degree, engineering.

Современные технологии играют все более важную роль в образовании, особенно в области инженерии и науки. В наши дни наблюдается быстрое развитие систем автоматизированного проектирования (САПР) в таких отраслях, как авиастроение, автомобилестроение, тяжелое машиностроение, архитектура, строительство и в др. [1]. Во всем мире происходит резкий рост компьютеризации на производстве и в быту.

Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (ФГОС ВО) третьего поколения основной акцент делают на том, что выпускник бакалавриата в соответствии с целями основной образовательной программы и задачами профессиональной деятельности должен обладать общекультурными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями, обеспечивающими его конкурентоспособность на рынке труда [2].

Современные технологические инновации играют важную роль в процессе обучения студентов вузов, особенно в области инженерии и науки [2]. На настоящем этапе образовательный процесс уже невозможно представить без использования информационных технологий, все шире используется представление информации в виде графических зависимостей как наиболее наглядная и экономически эффективная модель.

Сегодня компьютерная автоматизация – это залог производства сложной техники, требующей высокой точности. Внедрение компьютерных и телекоммуникационных технологий повышает эффективность и производительность труда [1].

САПР-мультифизикс, или программное обеспечение для мультифизического моделирования, представляет собой мощный инструмент, который может быть эффективно использован в учебных целях для подготовки специалистов в области инженерии и науки.

Данная система автоматизированного проектирования может быть применена в процессе подготовки специалистов ВУЗа в качестве инструмента для обучения студентов различным аспектам моделирования. Студенты могут изучать принципы работы программного обеспечения, осваивать методы построения и анализа мультифизических моделей, а также проводить различные вычислительные эксперименты.

С использованием САПР-мультифизикс студенты могут изучать взаимодействие различных физических процессов в системах, проводить исследования в области механики, теплопередачи, гидродинамики, электродинамики и других областей. Это позволит им лучше понять принципы работы сложных технических систем и разрабатывать более эффективные решения в своей будущей профессиональной деятельности. Кроме того, применение в учебном процессе системы автоматизированного проектирования Multiphysics способствует приобретению практических навыков работы с современными инженерными инструментами у студентов, что повысит их конкурентоспособность на рынке труда.

Применение системы автоматизированного проектирования Multiphysics в образовательном процессе основано и апробировано на реальном преподавании технических дисциплин, которые формируют инженерно-графические компетенции у студентов. Применение представленного методического обеспечения позволяет повысить мотивацию к обучению и приобретению умений и навыков в овладении современными средствами автоматизированного проектирования с использованием средств современных компьютерных технологий, обеспечивающих эффективность профессиональной деятельности в условиях конкурентной среды [3].

## Источники

1. Берлинер Э. Актуальность применения САПР в машиностроении [Электронный ресурс]. URL: https://sapr.ru/article/7837 (дата обращения: 07.11.2023).

2. Овтов В.А. Использование САПР как инструмента при формировании инженерно-графических компетенций студентов технических специальностей // Мир науки, культуры, образования. 2019. № 5 (78). С. 30–32.

3. Инновационные технологии обучения иностранному языку в вузе и школе: реализация современных ФГОС: сб. науч. тр. по матер. 4-й Междунар. науч.-практ. конф.: в 2 ч. / отв. ред. М.В. Щербакова; Воронежский государственный университет. Воронеж, 2019. 2 ч.

УДК 744

# ТЕХНОЛОГИЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Прец Мария Арнольдовна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
precmari@gmail.com

В статье рассматриваются методы изучения технологий аддитивного производства при подготовке специалистов первого уровня проектно-конструкторской компетенции, а также способы стимулирования научно-исследовательской деятельности студентов по данному направлению.

**Ключевые слова:** цифровая трансформация, цифровые компетенции, цифровые технологии обучения, аддитивное производство, 3D печать.

# ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGY IN ENGINEERING EDUCATION

Prets Mariya Arnoldovna
KSPEU, Kazan
precmari@gmail.com

The article considers methods of studying additive manufacturing technologies in the training of specialists of the first level of design and engineering competence, as well as ways to stimulate students' research activities in this area.

**Keywords:** digital transformation, digital competencies, digital learning technologies, additive manufacturing, 3D printing.

В настоящее время цифровая трансформация захватывает все сферы жизни человека, не исключая и производственные процессы. Цифровой двойник более не является технологией будущего, в современном мире он становится цифровым ядром всего производственного процесса. Технология цифрового двойника применяется на всех этапах жизненного цикла изделия, но наибольшую практическую пользу она приносит на этапе проектирования нового продукта [1]. Цифровой двойник – это не просто 3D модель изделия, это виртуальная копия, обладающая всеми физическими характеристиками реального объекта.

Ядром и самой важной составляющей цифрового двойника является 3D модель. От её точности зависит корректность производимых в дальнейшем вычислений, чем правильнее и качественнее сделана электронная модель, тем более приближенным будет цифровой двойник к оригинальному физическому объекту.

Также немаловажным является точность изготовления физического прототипа будущего изделия. На данном этапе целесообразным является применение аддитивных технологий. Данная технология позволяет создавать физический объект на основе цифровой модели изделия путём послойного наращивания материала, в отличие от субтрактивной технологии, при которой лишний материал удаляется. Процесс создания детали с использованием 3D принтеров является быстрым и экономичным с точки зрения расхода материалов. Внедрение в производственный процесс аддитивных технологий позволит существенно упростить создание физического прототипа изделия и сократить время на испытания и подбор оптимальных характеристик будущего объекта производства.

Все вышеперечисленное необходимо учитывать при подготовке студентов в ВУЗах. Современные цифровые производства нуждаются в специалистах, имеющих навыки работы с новейшими технологиями, поэтому имеется необходимость внедрения данных технологий в учебный процесс как можно раньше, уже при формировании базового уровня проектно-конструкторской компетенции [2].

На кафедре ИГ активно развивается данное направление. Помимо формирования умений и навыков создания 2D конструкторской документации большое внимание уделяется изучению построения точной и качественной электронной геометрической модели, которая впоследствии станет основой цифрового двойника изделия. Также в лаборатории кафедры установлены 3D принтеры, позволяющие познакомить студентов с аддитивными технологиями, и 3D сканеры для знакомства с технологией обратного проектирования [3]. В обязательном порядке все обучающие изучают с технику безопасности при работе с оборудованием в лаборатории.

Для формирования интереса студентов к новым технологиям и стимулирования их научной деятельности на кафедре организовано олимпиадное движение. В 2022 г. впервые в Татарстане на базе кафедры инженерной графики были проведены региональные олимпиады по аддитивному производству и реверсивному инжинирингу. В рамках олимпиады по аддитивным технологиям студенты попадают в симуляцию процесса проектирования прототипа нового изделия. Им необходимо создать электронную геометрическую модель изделия в ПО Компас 3D и полный комплект конструкторской документации к нему. Затем производится подготовка трёхмерной модели к аддитивному производству в специальном редакторе UltiMaker Cura, где модель нарезается на слои, выбирается необходимое внутреннее заполнение и строятся поддержки для нависающих элементов. После чего необходимо создать физический прототип

изделия аддитивным методом с использованием 3D принтера Creality3D Ender. По окончании 3D печати при необходимости производится обработка готового физического прототипа изделия [4]. В заданиях олимпиады проверяется знания обучающихся основных этапов технологии аддитивного производства, умение создавать трехмерные цифровые геометрические модели изделий, а также навыки работы с оборудованием.

Проведение олимпиады способствует привлечению одаренных студентов к научной деятельности, стимулирует интерес к изучению новых цифровых технологий. Участники олимпиады демонстрируют свои профессиональные знания и умения в области 3D моделирования и технологий аддитивного производства.

## Источники

1. Анисимов, В.А., Шарипов И.И. 3D моделирование в промышленном производстве // Современные цифровые технологии: проблемы, решения, перспективы: матер. Нац. (с междунар. уч.) науч.-практ. конф. Казань, 2022. С. 191–194.

2. Уткин М.О., Рукавишников В.А. Первый этап формирования проектно-конструкторской компетенции // КОГРАФ-2019: сб. матер. 29-й Всерос. науч.-практ. конф. по графическим информационным технологиям и системам. Н. Новгород, 2019. С. 66–69.

3. Филимонов, С.С., Хамитова Д.В. Использование 3D-печати в образовательной деятельности с целью улучшения восприятия учебного материала // КОГРАФ-2021: сб. матер. 31-й Всерос. науч.-практ. конф. по графическим информационным технологиям и системам. Н. Новгород, 2021. С. 108–111.

4. Зиангиров А.Ф., Мугинов А.М., Хамитова Д.В. 3D печать цифровой модели // Тинчуринские чтения – 2022 «Энергетика и цифровая трансформация»: сб. ст. по матер. Междунар. молод. науч. конф.: в 3 т. / Под общ. ред. Э.Ю. Абдуллазянова. Казань, 2022. Т. 3. С. 51–53.

УДК 378

# ПОДГОТОВКА ИНЖЕНЕРОВ-ЭНЕРГЕТИКОВ В УЗБЕКИСТАНЕ

Романова Людмила Михайловна[1], Жуманазаров Миржалол Анварович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]L.romanova76@mail.ru, Jumanazarovmirjalol56@gmail.com

В статье показана непрерывная подготовка инженеров энергетического направления подготовки, включающая основное общее, среднее профессиональное и высшее образование в Узбекистане. Описана краткая история развития системы образования в стране.

**Ключевые слова:** образование, инженер-энергетик, Узбекистан,

# TRAINING OF POWER ENGINEERS IN UZBEKISTAN

Romanova Lyudmila Mikhailovna[1], Jumanazarov Mirjalol Anvarovich[2]
[1,2]KSEU, Kazan
[1]L.romanova76@mail.ru, [2]Jumanazarovmirjalol56@gmail.com

The article describes the continuous training of engineers in the energy field of training, including basic general, secondary vocational and higher education in Uzbekistan. A brief history of the development of the education system in the country is described.

**Keywords**: education, power engineer, Uzbekistan,

В настоящее время Узбекистан активно развивает свою систему образования. В 2018 г. был принят Закон «Об образовании», который направлен на совершенствование образовательной системы в стране. Этот закон предусматривает развитие инновационных методов обучения, улучшение качества образования и повышение доступности образовательных услуг для всех граждан [1].

История первых школ в Узбекистане богата и разнообразна. Одним из первых учебных заведений была медресе Мир Араб, основанная в IX в. в городе Бухаре. Она являлась одним из крупнейших центров исламского образования в Средней Азии. В XVI веке была основана первая медресе в Ташкенте – Юсуфия. Здесь преподавались различные предметы: математика, астрономия, философия и литература. Кроме того, здесь изучали ислам, Коран и хадисы. В 1870 г. была открыта первая русская школа в Ташкенте. В 1918 г. был основан Ташкентский государственный университет, который стал первым университетом в Центральной Азии [2].

В настоящее время в Узбекистане функционирует большое количество учебных заведений. По данным на 2020 г., в стране есть около 10 тысяч общеобразовательных школ, включая лицеи. Кроме того, в Узбекистане есть около 400 профессионально-технических колледжей, где обучается более 600 тысяч студентов. Эти колледжи предлагают образование в различных областях, таких как строительство, транспорт, медицина, информационные технологии и энергетика. В стране есть более 60 университетов и институтов высшего образования. В этих учебных заведениях обучается около 500 тысяч студентов [3].

Учащиеся среднего общего основного образования проходят обязательные экзамены по результатам каждого учебного года. В Узбекистане существует несколько лицеев с инженерными классами, которые предлагают специализированное образование в области инженерии и техники. Эти лицеи предоставляют учащимся возможность получить глубокие знания в области математики, информатики и техники, а также практические навыки в решении инженерных задач. Обучение в лицеях с инженерными классами обычно начинается с 10-го класса. Например, Академический лицей компьютерных технологий при Ташкентском государственном техническом университете был основан в 2004 г. [4].

Университеты и институты предлагают высшее образование в различных областях, включая экономику, энергетику, инженерные науки, медицину. Программы обучения в учебных заведениях Узбекистана определяются государственными стандартами образования бакалавриата и магистратуры в различных областях знаний. Условия поступления в вузы Узбекистана включают сдачу централизованного вступительного экзамена (DTM) или использование результатов международных экзаменов, таких как SAT или ACT. Кроме того, абитуриенты должны предоставить документы, подтверждающие их образование и успеваемость. После окончания учебы студенты имеют возможность трудоустройства. Вузы организуют ярмарки вакансий и предоставляют поддержку студентам в поиске работы. Кроме того, некоторые вузы имеют партнерские отношения с компаниями и предоставляют студентам возможность проходить стажировку или получать практический опыт [5] .

Узбекские вузы также активно развивают международное сотрудничество и заключают контракты с зарубежными университетами. Это позволяет студентам получать двойные дипломы или участвовать в программе обмена студентами. Ташкентский государственный технический университет (ТГТУ) имеет факультет энергетики и электротехники активно развивает сотрудничество с зарубежными университетами в области энергетики.

ТГТУ имеет партнерские отношения с такими университетами, как Технический университет города Дармштадт (Германия), Лундский университет (Швеция). Еще один вуз, предлагающий образование в области энергетики – Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта (ТИИЖТ). Студенты могут выбирать между специальностями «Электрические системы и сети железных дорог» и «Энергоэффективность и энергосбережение в железнодорожном транспорте». Кроме того, в Узбекистане существует Национальный университет Узбекистана (НУУ), который имеет факультет энергетики и механики. Студенты могут получить такие специальности, как «Энергетические системы и сети», «Электроэнергетика и электротехника» и «Механическая инженерия» [6].

В последние годы в Узбекистане также активно развивается сфера возобновляемой энергетики. В связи с этим, вузы начали предлагать специальности, связанные с этой областью. ТИИЖТ открыл специальность «Возобновляемая энергетика и энергосбережение», а Национальный университет Узбекистана – «Энергетические системы и технологии возобновляемой энергии». Вузы стремятся предложить студентам современные программы, которые соответствуют требованиям рынка труда и позволяют получить качественное образование в области энергетики.

Таким образом, Узбекистан имеет систему непрерывного энергетического образования, которая включает в себя школы, лицеи и вузы. Эти учебные заведения играют важную роль в подготовке квалифицированных специалистов и развитии научно-исследовательской деятельности в энергетике страны. Научная деятельность также является важной частью обучения в узбекских вузах. Студенты имеют возможность участвовать в научных проектах, публиковать свои исследования и принимать участие в научных конференциях и семинарах. Это способствует развитию научной энергетики в стране и обеспечивает студентам возможность применять свои знания на практике.

## Источники

1. Сагдуллаев А.С., Иофе В.Г. История Узбекистана: учеб. Ташкент, 2011. 370 с.

2. Азиз Валижон Шахзода Шодиёр қизи. Традиционная система образования в Туркестане в середине XIX века // Oriental Renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. 2022. Vol. 22, Iss. 4/2. Pp. 1172–1179.

3. Муминов А.Г. Реформы в образовании Узбекистана: состояние и перспективы // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5, № 8. С. 202–208.

4. Давлатов С.С. Рейтинг вузов как один из способов формирования имиджа вузов Узбекистана // Новый университет. 2012. № 4 (14). С. 24–27.

5. Исроилов М.Я. Образование и его развитие в Узбекистане [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/obrazovanie-i-ego-razvitie-v-uzbekistane/viewer (дата обращения: 21.10.2023).

6. Хакимов Н.Х., Амридинова Д.Т. Наука и высшее образование в Узбекистане в условиях нового этапа развития // International Scientific and Practical Conference. 2023. Vol. 4. Pp. 805–810.

УДК 378

# СИСТЕМНЫЙ ИНЖИНИРИНГ КАК МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Рукавишников Виктор Алексеевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
rukavishnikov_v@mail.ru

В статье рассматривают проблемы реформирования инженерного высшего образования в России в условиях индустриальной революции 4.0, несоответствие существующей совокупностной модели подготовки инженеров революционным вызовам цифровой экономики. Предлагается в качестве методологической основы высшего инженерного образования использовать системную модель цифровой экономики реализуемой в рамках Системной инженерии.

**Ключевые слова:** инженерное образование, индустриальная революция 4.0, образование 4.0, системный инжиниринг, цифровые двойники.

# SYSTEM ENGINEERING AS A METHODOLOGICAL BASIS OF ENGINEERING EDUCATION

Rukavishnikov Viktor Alekseevich
KSPEU, Kazan
rukavishnikov_v@mail.ru

The article examines the problems of reforming engineering higher education in Russia in the context of the industrial revolution 4.0, the inconsistency of the existing aggregate model of training engineers to the revolutionary challenges of the digital economy. It is proposed to use the system model of the digital economy implemented within the framework of System engineering as a methodological basis for higher engineering education.

**Keywords:** engineering education, industrial revolution 4.0, education 4.0, system engineering, digital twins.

Индустриальная революция 4.0, начавшаяся в начале века, в основе которой лежит переход от 2D моделей (чертежей на бумажном носителе) к 3D электронным цифровым моделям, продолжает динамично развивается. Произошла смена промышленного базиса. Экономику накрывают одна за другой волны индустриальной революции 4.0. Появляются качественно новые технологии, в основе которых лежат цифровые двойники: аддитивные технологии, BIM-технологии, ИКТ, безлюдные производства, виртуальная и дополненная реальность. Сейчас на первые позиции выходит создание систем искусственного интеллекта, которые способны будут управлять цифровыми предприятиями на высоком интеллектуальном уровне.

Перед высшей школой остро стоит вопрос подготовки специалистов нового поколения, способных быстро адаптироваться под постоянно усложняющиеся требования стремительно развивающейся цифровой экономики [1].

Методологической основой проектирования подготовки специалистов является профессиональная деятельность современной цифровой индустрии, представляющая собой сложную многоуровневую систему. Происходит интеграция отдельных этапов жизненного цикла изделия в единую систему: проектирование, инженерные расчеты, технологическая подготовка производства, управление изготовлением на станках с ЧПУ, с помощью аддитивных технологий или иных 3D цифровых технологий. Интеграционно-информационным ядром жизненного цикла изделия от идеи до утилизации в современном производстве являются цифровые двойники.

Начавшаяся реформа высшего российского образования на начальном этапе осуществила отмену болонской системы структурирования модели обучения специалистов в вузе: отказ от бакалавриата и магистратуры. Но пока эти изменения совершенно не касаются формирования адаптивной системной модели подготовки инженера нового цифрового поколения. Существующая совокупностная (наборная) модель в условиях индустриальной революция является изначально тупиковой, поскольку не имеет цели (системной модели специалиста) и не обладает свойством адаптивности.

В настоящее время можно выделить несколько наиболее интересных активно развивающихся научно-образовательных направлений, ориентированных на реформу высшего образования в России: Образование 4.0 и Системны инжиниринг.

Образование 4.0 – это концептуально новый подход к обучению, направленный на преобразование высшего образования с опорой на самые продвинутые цифровых образовательные технологии обучения, соответствующие современным и перспективным вызовам промышленной революции 4.0. В традиционном образовательном процессе предлагается применять различные виды дистанционного обучения, в результате смешения с уже существующими видами образования формируется комбинированное обучение, обеспечивающее гибкость образовательного процесса. Доступность дистанционных технологий позволила значительно расширить возможности студентов для самообразования, активного участия их в сетевых программах и применения в существующем учебном процессе информального формата обучения [2, 3].

Реализация подхода Образование 4.0, на мой взгляд, имеет серьёзный недостаток – ориентацию на «традиционную совокупностную» модель подготовки специалистов, то есть модель, использующуюся

в дореволюционный, стабильный период развития индустрии. Совокупностная модель подготовки не может быть успешно реализована в условиях революционных преобразований промышленности.

Второе направление – системный инжиниринг, является особой областью инженерной деятельности, направленной на создание междисциплинарных проектов. Концептуально системный инжиниринг можно представить как проект (объекта) в виде целостной системы, которая включает в себя взаимосвязанные друг с другом компоненты и взаимодействует с внешней средой. Таким образом, системный инжиниринг рассматривает инженерную профессиональную деятельность как сложный системный объект.

Проведенное исследование показывает, что в начавшейся реформе высшего образования не рассматривается его базисная составляющая – сама модель подготовки инженеров и её соответствие требованиям цифровой экономике в условиях индустриальной революции 4.0. Существующая же совокупностная модель подготовки показала свою несостоятельность, а её косметическое изменение в процессе перехода от одного к другому ФГОС показало её бесперспективность, поскольку профессиональная деятельность является системным объектом, а не совокупностным.

## Источники

1. Хамитова Д.В., Филимонов С.С. Широкий спектр возможностей программы КОМПАС-3D // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VIII Нац. науч.-практ. конф. / редкол.: Э.Ю. Абдуллазянов (гл. ред.) [и др.]. Казань, 2023. С. 593–595.

2. Образование 4.0: Новые компетенции для цифровой экономики / И.П. Иванченко [др.] // Вестник Забайкальского государственного университета, 2021. Т. 27, № 7. С. 103–111.

3. Голицына И.Н. Образование 4.0 в подготовке современных специалистов // Образовательные технологии и общество. 2020. Т. 23, Вып. 1. С. 12–19.

УДК 37.018.4

# БУДУЩЕЕ ОБРАЗОВАНИЯ: ОНЛАЙН-КУРСЫ, ИХ ПРЕИМУЩЕСТВА И ВЫЗОВЫ В ЦИФРОВОЙ ЭПОХЕ

Садриев Реназ Ренатович[1], Кушакова Анастасия Игоревна[2]
[1,2]Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), г. Санкт-Петербург
[1]renaz.sadriev@bk.ru, [2]anastasia.kushakova@mail.ru

В статье рассматривается роль онлайн-курсов в образовании, особенно подчеркивается их гибкость и доступность. Обсуждаются преимущества и вызовы, связанные с этим форматом обучения, включая вопросы качества и технические трудности.

**Ключевые слова:** онлайн-курсы, образование, цифровые технологии, технологическая инфраструктура, обучение, гибкость, доступность.

# THE FUTURE OF EDUCATION: ONLINE COURSES, THEIR ADVANTAGES AND CHALLENGES IN THE DIGITAL ERA

Sadriev Renaz Renatovich[1], Kushakova Anastasiia,Igorevna[2]
[1,2]Saint Petersburg State Institute of Technology, St. Petersburg
[1]renaz.sadriev@bk.ru, [2]anastasia.kushakova@mail.ru

The article explores the role of online courses in education, highlighting their flexibility and accessibility. It discusses the advantages and challenges associated with this learning format, including issues related to quality and technical difficulties.

**Keywords:** online courses, education, digital technologies, technological infrastructure, learning, flexibility, accessibility.

В современном информационном обществе онлайн-курсы становятся всё более значимым компонентом в системе образования [1–3]. Они предоставляют уникальные возможности для обучения, и их влияние постепенно усиливается.

Среди многочисленных преимуществ, которые онлайн-курсы предоставляют, особо выделяется доступность [4]. Этот формат образования ломает географические барьеры, предоставляя обучение всем желающим, независимо от их местоположения. Это особенно важно для тех, кто проживает в отдаленных районах, где традиционные методы обучения ограничены [5].

Обстоятельства, такие как занятость или другие обязанности, не становятся преградой благодаря гибкости онлайн-курсов. Студенты могут свободно изучать материал в удобное для них время, что делает этот формат наилучшим выбором для занятых людей. Индивидуализация обучения в онлайн-формате позволяет точно соответствовать потребностям и интересам студентов, способствуя их мотивации и активному участию в учебном процессе [6].

Кроме того, онлайн-формат поддерживает концепцию непрерывного обучения, обеспечивая возможность постоянного обновления знаний и навыков в соответствии с динамикой требований современного рынка труда [7]. Эта способность к непрерывному обучению становится важным фактором для поддержания конкурентоспособности в быстро меняющемся мире.

Однако вместе с растущей популярностью онлайн-образования возникают технические и организационные вызовы, требующие серьезного внимания и инноваций для обеспечения высокого уровня образовательного опыта.

Вопросы качества образования становятся особенно острыми, поскольку онлайн-формат предполагает дистанционное обучение [8]. Гарантировать активное вовлечение студентов, обеспечивать эффективные методы оценки и обратной связи, а также поддерживать высокие стандарты содержания – это задачи, которые требуют системного подхода и тщательного мониторинга [9].

Технологическая инфраструктура также сталкивается с рядом сложностей. Разработка и поддержка систем управления обучением (LMS), обеспечение надежности сетей для потокового воспроизведения видеоконтента, а также управление большим объемом данных – все эти аспекты требуют постоянного совершенствования и внедрения передовых технологий.

В заключение следует отметить, что онлайн-курсы с их уникальными возможностями и гибкостью будут занимать всё более значимое положение в сфере образования. В условиях быстро меняющегося мира, где цифровые технологии становятся неотъемлемой частью нашей повседневной жизни, использование онлайн-формата для обучения будет продолжать расширяться. Это не только отвечает современным требованиям, но и предоставляет уникальные возможности для обучения, подготовки и развития личных и профессиональных навыков в долгосрочной перспективе.

## Источники

1. Кривоногова А.Е., Зарипова Р.С. Современные информационные технологии и их применение в сфере образования // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: матер. 17-й открытой Всерос. конф. Новосибирск, 2019. С. 399–401.

2. Овсеенко Г.А., Удовенко О.Б., Латфуллина Д.Р. Разработка курса в информационно-образовательной среде университета // Russian Journal of Education and Psychology. 2023. Т. 14, № 1-3. С. 41–45.

3. Ширмамедова З.Н., Зарипова Р.С. Роль открытых электронных образовательных ресурсов в современном информационно-образовательном пространстве // Учёные записки ИСГЗ. 2019. Т. 17, № 1. С. 536–539.

4. Косулин В.В. Электронные образовательные ресурсы в обучении инженерным специальностям // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: сб. науч. тр. 19-й открытой Всерос. конф. Москва, 2021. С. 183–185.

5. Ромашкин В.А., Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Информационные технологии и их внедрение в процесс обучения // Цифровая культура открытых городов: сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2018. С. 440–443.

6. Косулин В.В. Электронные образовательные ресурсы в обучении студентов инженерным дисциплинам // Уральский научный вестник. 2018. Т. 11, № 2. С. 37–42.

7. Сафина К.И., Зарипова Р.С. Онлайн-курсы как инновационная форма непрерывного образования // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: матер. 19-й открытой Всерос. конф. М., 2021. С. 344–346.

8. Филимонова Т.К., Федосеева Е.В. Применении технологий гемификации на практических занятиях в техническом вузе // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2022. № 3 (29). С. 102–104.

9. Ильина Д.И., Зарипова Р.С Применение информационных технологий в обучении как средство повышения качества образования // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: матер. 19-й открытой Всерос. конф. М., 2021. С. 491–492.

УДК 337.5.02:37.016

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ

Сафина Карина Ильдаровна[1], Зарипова Римма Солтановна[2]
[1,2]КГЭУ, г. Казань
[1]safina.karina02@icloud.com

Мобильные приложения позволяют просматривать необходимую информацию с помощью удобного интерфейса. Они предоставляют пользователям возможность их использования без сети Интернет. С развитием технологий мобильных устройств происходит революция в различных сферах нашей жизни, и образование не стало исключением. Мобильные приложения в образовании играют важную роль, предоставляя учащимся и преподавателям новые инструменты и возможности для эффективного обучения и обмена знаниями. В этой статье рассматриваются ключевые аспекты влияния мобильных приложений на образовательный процесс.

**Ключевые слова:** образование, мобильные приложения, обучающиеся, преподаватели, учебный процесс.

# THE ROLE OF MOBILE APPS IN EDUCATION

Safina Karina Ildarovna[1], Zaripova Rimma Soltanovna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]safina.karina02@icloud.com

The mobile application allows you to view the necessary information using a user-friendly interface. It provides users with the ability to use it without the Internet. With the development of mobile device technologies, a revolution is taking place in various spheres of our life, and education is no exception. Mobile applications play an important role in education, providing students and teachers with new tools and opportunities for effective learning and knowledge sharing. In this article, we will look at the key aspects of the impact of mobile applications on the educational process.

**Keywords:** education, mobile applications, students, teachers, educational process.

В настоящее время для скачивания доступны миллионы мобильных приложений для различных целей и с разной тематикой. Несколько тысяч приложений доступны для скачивания на мобильных устройствах именно для образовательной сферы [1]. Они охватывают широкий спектр предметов и навыков, начиная от школьных предметов, заканчивая профессиональными дисциплинами, начиная от языков и математики, заканчивая искусством и программированием. Это предоставляет учащимся возможность выбирать приложения, соответствующие их интересам и уровню знаний [2].

Одной из главных преимуществ мобильных приложений в образовании является то, что на замену обычным семинарам, где преподаватель ведет лекцию, а студенты, не отвлекаясь, слушают, появляется возможность создания интерактивных уроков [3]. Студенты могут остановиться на моменте, где им не совсем понятен материал, еще раз ознакомиться с материалом, могут взаимодействовать с контентом, использовать элементы геймификации для улучшения мотивации и эффективности обучения [4]. Такие приложения превращают учебный процесс в увлекательное приключение, стимулируя любознательность и активное участие.

Мобильные приложения делают образование более доступным и гибким. Учащиеся могут изучать материал, просматривать лекции, проходить тесты и выполнять задания в любом месте и в любое время, обеспечивая индивидуальный темп обучения [5]. Это особенно важно для тех, кто сочетает обучение с работой или другими обязанностями. Мобильные приложения также поддерживают концепцию обратной связи, позволяя студентам общаться с преподавателями и другими учащимися. Это расширяет границы традиционного образования, позволяя людям из различных регионов и социальных слоев получать качественное образование.

Мобильные приложения также становятся мощным инструментом для преподавателей. Они могут создавать персонализированные курсы, следить за успехами студентов, обеспечивать обратную связь и организовывать виртуальные классы. Это облегчает процессы преподавания и создает новые возможности для взаимодействия с учениками.

Особенно важным стало влияние мобильных приложений в условиях дистанционного обучения. Пандемия COVID-19 вынудила образовательные учреждения и студентов переосмыслить традиционные методы обучения. Мобильные приложения стали ключевым инструментом для поддержания образовательных процессов в условиях удаленности.

В заключение хотелось бы сказать, что мобильные приложения трансформируют образование, делая его более гибким, доступным и эффективным. Их влияние простирается от уровня начального образования до высшего и взрослого.

## Источники

1. Алемасов Е.П., Зарипова Р.С. Мобильные приложения в образовательном процессе // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: матер. 20-й открытой Всерос. конф. М., 2022. С. 118–119.

2. Салтанаева Е.А., Эшелиоглу Р.И., Бекетова С.И. Цифровые компетенции как обязательная компонента высшего образования // Russian Journal of Education and Psychology. 2023. Т. 14, № 2-2. С. 152–156.

3. Кривоногова А.Е., Зарипова Р.С. Современные информационные технологии и их применение в сфере образования // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: матер. 17-й открытой Всерос. конф. Новосибирск, 2019. С. 399–401.

4. Филимонова Т.К., Федосеева Е.В. Применении технологий гемификации на практических занятиях в техническом вузе // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2022. № 3 (29). С. 102–104.

5. Никитина У.О., Зарипова Р.С. Мобильное обучение как новая технология в образовании // Возможности и угрозы цифрового общества: матер. конф. Всерос. науч.-практ. конф. 2020. С. 179–182.

УДК 378.046.4

# ОСОБЕННОСТИ И УСЛОВИЯ КОРПОРАТИВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СОТРУДНИКОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Себегатов Камиль Зуфарович[1], Завада Галина Владимировна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
Kamil384@mail.ru

С учетом быстрого развития технологий и изменения требований к энергетической отрасли, корпоративное образование становится ключевым инструментом для поддержания конкурентоспособности компаний и обеспечения их устойчивого развития. В данной статье рассмотрены основные особенности и условия корпоративного образования сотрудников, осуществляющих деятельность в отрасли энергетики.

**Ключевые слова**: корпоративное образование, энергетическая отрасль, особенности образования, квалифицированные специалисты.

# PROMISING DIRECTIONS AND PEDAGOGICAL CONDITIONS FOR PROFESSIONAL GROWTH OF ENERGY INDUSTRY EMPLOYEES

Sebegatov Kamil Zufarovich[1], Zavada Galina Vladimirovna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
Kamil384@mail.ru

Given the rapid development of technology and changing requirements for the energy industry, corporate education is becoming a key tool for maintaining the competitiveness of companies and ensuring their sustainable development. This article discusses the main features and conditions of corporate education for employees operating in the energy industry.

**Keywords**: corporate education, energy industry, educational features, qualified specialists.

Актуальность исследования заключается в том, что корпоративное образование в энергетической отрасти обуславливает необходимость в подготовке квалифицированных кадров, достойных специалистов, которые способны взаимодействовать с новыми инновационными технологиями, а также сложным оборудованием. В их обязанности входит обеспечение безопасности производственных процессов и соблюдение экологических стандартов [1].

В отрасли энергетики данный процесс имеет свои особенности и условия, так как она является высокотехнологичной и требует специальных знаний и навыков. К особенностям можно отнести следующее:

– наличие специализированных, соответствующих отрасли, курсов и тренингов, направленных на приобретение новых знаний;

– обязательное включение аспекта обучения безопасности и соблюдения экологических стандартов, а также мероприятиям по предупреждению аварийных ситуаций;

– рассмотрение возобновляемых источников энергии даст неоспоримые преимущества сотрудникам;

– упор на развитие технических навыков, которые необходимы для взаимодействия со сложным оборудованием;

– включение в образовательный процесс изучения новых технологий и инноваций в энергетической отрасли [2].

Говоря об условиях корпоративного образования сотрудников энергетической отрасли, необходимо отметить, что обязательным аспектом является ранжирование обучающихся в зависимости от их категории. Административный (управленческий), технический и вспомогательный персонал не могут обучаться по одной программе.

Следующее условие включает в себя проведение специализированных тренингов и семинаров. Сотрудники при этом должны иметь доступ к онлайн-курсам и обучающим материалам.

Весь процесс должен сопровождаться руководством опытных специалистов, вне зависимости от формы обучения. Это поможет сотрудникам преодолеть возникающие трудности, а также повысит мотивацию к прохождению программы несмотря на занятость [3].

Стоит заметить, что развитие персонала в компаниях энергетической сферы, в отличие от многих других сфер, регламентировано на государственном уровне. Существуют Федеральный закон № 35-ФЗ от 26 марта 2003 г. «Об электроэнергетике» [4] и Федеральный закон № 116-ФЗ от 21 июля 1997 г. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [5], которые закрепляют обязанность предприятий проводить обучение сотрудников в области промышленной безопасности. Формы подготовки определяет сама организация, но уровень квалификации работников должен соответствовать требованиям законодательства, иначе они не будут допущены к работе.

Постоянное обучение и развитие персонала является ключевым элементом успешной деятельности любой организации, особенно в такой технически сложной отрасли, как энергетика. Поэтому инвестирование в образование сотрудников является важным стратегическим шагом для предприятий, которые стремятся к устойчивому развитию и достижению высоких результатов.

## Источники

1. Силкина Н.В., Кашник О.И., Силкин Р.С. Корпоративное обучение как условие профессионального развития персонала: анализ практического опыта // Системное обеспечение условий достойного труда. 2020. С. 177–185.

2. Гаспарович Е.О. Управление обучением персонала на предприятии: моногр. / Науч. ред. О.В. Охотников. LAP Lambert Academic Publishing, Deutschland, 2020. 105 с.

3. Пустовалова Е.Э., Таганова Е.Н. Развитие персонала на предприятиях энергетики на примере ПАО «МОСЭНЕРГО» // Юность науки: сб. студенческих науч. ст. / Под ред. Н.И. Архиповой; редколл.: Е.В. Зенкина [и др.]. М., 2021. С. 58–63.

4. Об электроэнергетике [Электронный ресурс]: федер. закон Рос. Федерации от 26 марта 2003 г. №35-ФЗ (последняя редакция). URL: https://docs.cntd.ru/document/901856089 (дата обращения: 02.11.2023).

5. О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс]: федер. закон Рос. Федерации от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ (последняя редакция). URL: https://docs.cntd.ru/document/9046058 (дата обращения: 10.11.2023).

УДК. 378.046.4

# ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СФЕРЫ

Себегатов Камиль Зуфарович[1], Замалетдинова Лилия Равилевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]Kamil384@mail.ru

На сегодняшний день в области энергетики особо остро стоит вопрос повышения квалификации специалистов и переподготовки кадров. В данной статье приводятся основные причины, обуславливающие необходимость дополнительного обучения сотрудников энергетической сферы, и рассматриваются наиболее эффективные методы повышения квалификации работников, их достоинства и недостатки.

**Ключевые слова:** энергетика, методы, повышение квалификации, дистанционное обучение, очное обучение.

# EFFECTIVE METHODS OF PROFESSIONAL DEVELOPMENT OF ENERGY SPECIALISTS

Sebegatov Kamil Zufarovich[1], Zamaletdinova Lilia Ravilevna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
Kamil384@mail.ru

Today, in the energy field, the issue of professional development of specialists and retraining of personnel is particularly acute.In this article the main reasons for the necessity for additional training for employees in the energy sector are provided and the most effective methods of improving the skills of employees, advantages and disadvantages of these methods are reviewed.

**Keywords:** energy field, methods, professional development, e-learning, face-to-face training.

Энергетическая сфера – одна из ключевых отраслей промышленности, играющих важную роль в экономике и обеспечении энергетической безопасности общества. Повышение квалификации сотрудников в этой области является критической необходимостью по ряду факторов. К основным причинам относятся технологические инновации, так как быстрый прогресс в области энергетики требует от сотрудников постоянного обновления знаний и навыков для успешного внедрения новых технологий, и обеспечение энергетической безопасности. Специалисты в энерге-

тике занимают главную роль в обеспечении надежности энергосистемы и предотвращении сбоев, что важно для экономической стабильности страны и безопасности населения [1]. Важным аспектом является поддержание конкурентной способности предприятий, как на внутреннем, так и на мировом рынке. Свои коррективы в рабочую деятельность вносят изменяющиеся законы, нормативы и стандарты в области энергетики, которые подчеркивают необходимость постоянного обучения сотрудников для соблюдения регуляций. Следует также помнить, что специалисты энергетической области должны быть готовы к решению глобальных проблем, таких как изменение климата, и содействовать переходу к устойчивым источникам энергии. Для снижения воздействия на окружающую среду работники энергетической области должны освоить новые методы повышения энергоэффективности и внедрения устойчивых источников энергии [2].

Приведенные выше причины подчеркивают важность регулярного обновления знаний и навыков сотрудников энергетической области, требования внутри которой постоянно меняются. К наиболее эффективным методам повышения квалификации специалистов относятся:

1. Участие в профессиональных семинарах и конференциях. Посещение мероприятий, посвященных актуальным темам в энергетической сфере, позволяет узнать о последних технологиях и инновациях в области [1]. Наличие опытного преподавателя предполагает получение незамедлительной обратной связи и обмен практическими знаниями, однако, при выборе данного метода необходимо организовать сбор персонала компании в одном месте и выделить сотрудникам время на обучение [3].

2. Дистанционные вебинары и онлайн-курсы получили широкое распространение в период пандемии Covid-19, которая внесла существенные коррективы в учебный процесс по всему миру [4]. Платформы, предоставляющие онлайн-курсы, позволяют специалистам изучать новые технологии и методы в удобном формате, а также экономить время сотрудников и средства работодателя. Стоит учитывать, что не все навыки специалист может отработать дистанционно, следовательно, данный метод повышения квалификации лучше комбинировать с другими вариантами [3].

3. Сертификационные программы. Прохождение сертификационных программ подтверждает уровень знаний и повышает доверие со стороны работодателей [3].

4. Чтение специализированной литературы, например, книг, журналов, статей, помогает быть в курсе последних тенденций и научных исследований.

5. Практические тренинги и мастер-классы. Одной из форм подготовки и переподготовки специалистов считается имитация наиболее часто встречающихся аварийных ситуаций, которые могут произойти в реальной жизни, и анализ действий персонала в таких условиях. Вариантом такого тренировочного подхода могут стать и соревнования на тренажерах, имитирующих реальные ситуации на станциях и в энергосистемах. Участие в практических тренингах помогает закрепить теоретические знания на практике и предоставляет возможность ознакомиться с передовым опытом ведущих отечественных и зарубежных экспертов в области энергетики [5].

6. Обучение управленческим навыкам. Помимо технических знаний, специалисты энергетической сферы должны развивать управленческие навыки для эффективного управления проектами и командами. От работника требуется владеть методологией принятия решений, умением моделировать и прогнозировать процессы [6].

Выбор оптимальных методов повышения квалификации зависит от конкретных потребностей специалиста и особенностей отрасли. Важно поддерживать баланс между обучением новым технологиям и развитием широкого спектра профессиональных навыков. Повышение квалификации специалистов энергетической области способствует устойчивому энергетическому развитию.

## Источники

1. Лепеш Г.В. Подготовка специалистов в области энергоэффективности как приоритетная задача образования // Технико-технологические проблемы сервиса. 2014. № 2 (28). С. 3–5.

2. Носов С.О., Петрушин Д.Е. Подготовка квалифицированных кадров в региональных образовательных организациях // Электроэнергетика глазами молодежи: матер. XII Междунар. науч.-техн. конф.: в 2 т. Н. Новгород, 2022. Т. 2. С. 187–190.

3. Стебеняева Т.В., Юрятина Н.Н. Современные методы повышения квалификации персонала как составная часть системы поддержания конкурентоспособности продукции компании. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-metody-povysheniya-kvalifikatsii-personala-kak-sostavnaya-chast-sistemy-podderzhaniya-konkurentosposobnosti-produktsii (дата обращения: 11.11.2023).

4. Голоев Д.Т., Силаев В.И., Клюев Р.В. Разработка современных методик повышения квалификации в энергетике // Электроэнергетика глазами молодежи: матер. XII Междунар. науч.-техн. конф.: в 2 т. Н. Новгород, 2022. Т. 2. С. 191–194.

5. Попов А.Н., Апарин Д.С., Серяков В.А. К вопросу о подготовке инженерно-технических кадров в электроэнергетике // Ползуновский вестник. 2009. № 4. С. 86–91.

6. Селезнев Ю.Н. Моделирование профессиональных компетенций работников атомной промышленности // Прикладная информатика. 2008. № 3 (15). С. 133–139.

УДК 338.2

# ВЛИЯНИЕ АКТИВНОСТИ РЕЗИДЕНТОВ ТЕРРИТОРИЙ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО РАЗВИТИЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН НА ПОКАЗАТЕЛИ РЫНКА ТРУДА МОНОГОРОДОВ

Селезнев Даниил Кириллович[1], Пелевин Олег Владимирович[2],
Юсупова Ирина Валерьевна[3]
[1]ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань
[2,3]Министерство экономики Республики Татарстан, г. Казань
[3]КНИТУ-КАИ, г. Казань
[1]selez2009.li@yandex.ru, [2]Oleg.Pelevin@tatar.ru, [3]bigbossutrinos229@gmail.com

В целях обеспечения стабильной ситуации и недопущения напряженности на рынке труда монопрофильных населенных пунктов в Республике Татарстан с 2014 г. реализуются мероприятия государственной программы «Содействие занятости населения Республики Татарстан на 2014–2025 годы» [1], утвержденной постановлением Кабинета Министров Республики Татарстан от 9 августа 2013 г. № 553, которые, как и растущий производственный потенциал новой, диверсифицированной экономики, где занятость формируют резиденты территорий опережающего развития, открывающие одно производство за другим, влияют на снижение показателей безработицы и напряженности на рынке труда.

**Ключевые слова.** Рынок труда, занятость, безработица, напряженность на рынке труда.

# THE INFLUENCE OF THE ACTIVITY OF RESIDENTS OF THE TERRITORIES OF ADVANCED DEVELOPMENT OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN ON THE LABOR MARKET INDICATORS OF SINGLE-INDUSTRY TOWNS

Seleznev Daniil Kirillovich[1], Pelevin Oleg Vladimirovich[2],
Yusupova Irina Valerievna[3]
[1]KNRTU, Kazan
[2,3]Ministry of Economy of the Republic of Tatarstan, Kazan
[3]KNRTU-KAI, Kazan
[1]selez2009.li@yandex.ru, [2]Oleg.Pelevin@tatar.ru, [3]bigbossutrinos229@gmail.com

In order to ensure a stable situation and prevent tension in the labor market of single-industry settlements in the Republic of Tatarstan, since 2014, the activities of the state program “Promoting employment of the Population of the Republic of Tatarstan for 2014–2025”, approved by Resolution №. 553 of the Cabinet of Ministers of the Republic of Tatarstan dated 09.08.2013, which, like the growing production potential of a new, diversified economy, where employment residents of the territories of advanced development form, opening one production after another, affect the reduction of unemployment and tension in the labor market.

**Keywords:** Labor market, employment, unemployment, tension in the labor market.

В соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 июля 2014 г. № 1398-р на территории Российской Федерации утверждены монопрофильные муниципальные образования – моногорода. В перечень моногородов Республики Татарстан входят: Зеленодольск, Набережные Челны, Камские Поляны, Менделеевск, Елабуга, Чистополь, Нижнекамск. Четверть населения Республики Татарстан проживает в моногородах, в том числе, в г. Набережные Челны – 13,3 %, в г. Нижнекамск – 6 %; в г. Зеленодольск – 2,5 %, в г. Елабуга – 1,8 %; в г. Чистополь – 1,5 %, г. Менделеевск – 0,5 %, пгт. Камские Поляны – 0,4 % от общего количества населения республики. Согласно данным Министерства труда, занятости и социальной защиты Республики Татарстан доля экономически активного населения в общей численности населения моногородов – 50 % [2].

Динамика на рынке труда моногородов Республики Татарстан за 2019–2022 гг.

| № п/п | Наименование моногорода | Численность безработных граждан, состоящих на регистрационном учете в органах службы занятости города,человек | | | | Уровень регистрируемой безработицы в городе, % | | | | Коэффициент напряженности на рынке труда города, чел./вак. | | | | Отклонение по численности безработных граждан, состоящих на регистрационном учете в органах службы занятости города,человек | Отклонение уровня регистрируемой безработицы в городе, % | Отклонение коэффициента напряженности на рынке труда города, чел./вак. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2022-2019 | 2022-2019 | 2022-2019 |
| 1 | г. Набережные Челны | 1276 | 4517 | 1182 | 848 | 0,45 | 1,60 | 0,42 | 0,30 | 0,34 | 0,71 | 0,16 | 0,16 | -428 | -0,15 | -0,18 |
| 2 | г. Нижнекамск | 901 | 2868 | 767 | 780 | 0,60 | 1,91 | 0,51 | 0,52 | 0,16 | 0,38 | 0,09 | 0,33 | -121 | -0,08 | 0,17 |
| 3 | пгт. Камские Поляны | 211 | 216 | 146 | 117 | 2,70 | 2,79 | 1,88 | 1,54 | 1,97 | 4,00 | 1,39 | 1,38 | -94 | -1,16 | -0,59 |
| 4 | г. Менделеевск | 53 | 113 | 25 | 24 | 0,47 | 0,96 | 0,22 | 0,21 | 0,06 | 0,13 | 0,03 | 0,03 | -29 | -0,26 | -0,03 |
| 5 | г.Елабуга | 391 | 1056 | 269 | 179 | 1,05 | 2,84 | 0,72 | 0,48 | 0,48 | 0,70 | 0,20 | 0,09 | -212 | -0,57 | -0,39 |
| 6 | г. Зеленодольск | 567 | 896 | 308 | 115 | 2,08 | 3,15 | 1,10 | 0,37 | 0,72 | 0,71 | 0,17 | 0,06 | -452 | -1,71 | -0,66 |
| 7 | г. Чистополь | 140 | 326 | 106 | 63 | 0,50 | 1,16 | 0,38 | 0,23 | 0,65 | 1,44 | 0,32 | 0,20 | -77 | -0,27 | -0,45 |
| **Итого:** | | **3539** | **9992** | **2803** | **2126** | **1,12** | **2,06** | **0,75** | **0,52** | **0,63** | **1,15** | **0,34** | **0,32** | **-1413** | **-0,60** | **-0,31** |

Согласно данным таблицы, численность граждан – жителей монопрофильных городов, признанных в установленном порядке безработными, в отчетном периоде сократилась с 2126 человек (на 1 января 2023 г.) до 1745 человек (на 1 сентября 2023 г.), или на 18 %. Наиболее высокий уровень зарегистрированной безработицы сложился в монопрофильном населенном пункте пгт. Камские Поляны (1,68 %), самый низкий – в моногороде Набережные Челны (0,22 %).

Численность безработных граждан, состоящих на регистрационном учете в органах службы занятости моногородов по итогам 2022 года составила 2126 человек, и снизилась на 1413 человек, или на 60 % по сравнению с уровнем 2019 г.

Уровень регистрируемой безработицы в городе по итогам 2022 г. в среднем составил 0,52 % и снизился на 0,6 % по сравнению с уровнем 2019 г.

Уровень коэффициента напряженности на рынке труда, состоящих на регистрационном учете в органах службы занятости моногородов по итогам 2022 г. в среднем составил 0,32 чел./вак. и снизился в 3 раза сравнению с уровнем 2019 г.

Динамика резидентов, зарегистрированных на территориях опережающего развития (ТОР) в РТ

| № п/п | Наименование моногорода | Наименование ТОР/ дата создания ТОР | Количество резидентов (ед.), в том числе: | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Всего, на 01.09. 2023 (нарастающим итогом) | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| 1 | г. Набережные Челны | г. Набережные Челны/ 28.01.2016 | 43 | 13 | 0 | 1 | 6 | 1 |
| 2 | г. Нижнекамск | г. Нижнекамск/22.12.2017 | 20 | 5 | 10 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | г. Менделеевск | г. Менделеевск/12.02.2019 | 17 | 3 | 2 | 4 | 8 | 0 |
| 4 | г. Чистополь | г. Чистополь/22.12.2017 | 25 | 7 | 12 | 0 | 2 | 0 |
| 5 | г. Зеленодольск | г. Зеленодольск/22.12.2017 | 25 | 10 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | г. Елабуга | | – | – | – | – | – | – |
| 7 | пгт. Камские Поляны | | – | – | – | – | – | – |
| Итого: | | | 130 | 38 | 39 | 6 | 16 | 1 |

Динамика резидентов, запустивших производство на ТОР РТ

| № п/п | Наименование моногорода | Наименование ТОР | Количество резидентов (ед.), запустившие производство | | | | | | Численность персонала (тыс.чел.) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | Всего | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | Всего |
| 1 | г.Набережные Челны | г.Набережные Челны | 11 | 3 | 1 | 2 | 2 | 34 | 3,27 | 0,32 | 0,05 | 0,146 | 0,027 | 8,101 |
| 2 | г.Нижнекамск | г.Нижнекамск | 7 | 2 | 1 | 3 | 0 | 14 | 0,649 | 0,08 | 0,036 | 0,126 | 0 | 1,125 |
| 3 | г.Менделеевск | г.Менделеевск | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 5 | 0 | 0,22 | 0,65 | 0,12 | 0,3 | 0,177 |
| 4 | г.Чистополь | г.Чистополь | 3 | 7 | 5 | 1 | 2 | 19 | 0,711 | 0,13 | 0,394 | 0,009 | 0,009 | 1,356 |
| 5 | г.Зеленодольск | г.Зеленодольск | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 15 | 0,171 | 43 | 20,16 | 0,196 | 387 | 11,81 |
| 6 | г.Елабуга | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | пгт.Камские Поляны | | | | | | | | | | | | | |
| **Итого:** | | | **24** | **16** | **11** | **9** | **6** | **87** | **4,8** | **43,8** | **21,3** | **0,6** | **387** | **22,569** |

В Республике Татарстан функционируют пять территорий социально-экономического развития [3, 4], а в моногородах образовано 130 резидентов, которыми запущено 87 производств (свыше 20000 рабочих мест), что повлекло за собой снижение показателей безработицы: численности безработных граждан, состоящих на регистрационном учете в органах службы занятости города; уровня регистрируемой безработицы в городе; коэффициента напряженности на рынке труда города.

## Источники


1. Об утверждении государственной программы «Содействие занятости населения РТ на 2014–2025 годы» [Электронный ресурс]: Постановление от 9 августа 2013 г. № 553 URL: https://kitaphane.tatarstan.ru/file/kitaphane/File/содейств%20занятости.pdf (дата обращения: 26.09.2023).
2. Об итогах деятельности министерства экономики Республики Татарстан за 2022 год [Электронный ресурс]. URL: https://mert.tatarstan.ru/file/mert/File/Об итогах деятельности Министерства экономики РТ за 2022 год.pdf (дата обращения: 26.09.2023).
3. Селезнев Д.К., Арзамасова А.Г., Юсупова И.В. О состоянии кадрового потенциала промышленного сектора экономики Республики Татарстан // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: матер. XVII Всерос. открытой молод. науч.-практ. конф. Казань, 2022. С. 119–121.
4. Мастер-план Казанской агломерации как основа поддержки региональных проектов / И.В. Юсупова [и др.] // Региональная экономика. Юг России. 2023. Т. 11, № 2. С. 147–157. DOI: 10.15688/re.volsu.2023.2.14 (дата обращения: 26.09.2023).

УДК 332.02

# К ВОПРОСУ О КАДРОВОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Селезнев Даниил Кириллович[1], Пелевин Олег Владимирович[2],
Юсупова Ирина Валерьевна[3]
[1]ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань
[2,3]Министерство экономики Республики Татарстан, г. Казань
[3]КНИТУ-КАИ, г. Казань
[1]selez2009.li@yandex.ru, [2]Oleg.Pelevin@tatar.ru, [3]bigbossutrinos229@gmail.com

Право органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации разрабатывать и реализовывать региональные программы повышения мобильности трудовых ресурсов (далее – региональные программы) закреплено в Законе Российской Федерации от 19 апреля 1991 г. № 1032-1 «О занятости населения в Российской Федерации» (далее – Закон о занятости) [1]. Правительство Российской Федерации наделено правом утверждать перечень субъектов Российской Федерации, привлечение трудовых ресурсов в которые является приоритетным (далее – перечень). Бюджетам субъектов Российской Федерации, включенных в перечень, из федерального бюджета предоставляются субсидии на софинансирование региональных программ повышения мобильности трудовых ресурсов. Порядок включения субъектов Российской Федерации в перечень утвержден постановлением Правительства Российской Федерации от 19 февраля 2019 г. № 161 «Об утверждении Правил включения субъектов Российской Федерации в перечень субъектов Российской Федерации, привлечение трудовых ресурсов в которые является приоритетным» [2].

**Ключевые слова:** человеческий капитал, трудовые ресурсы, потребность в кадрах, подготовка кадров, нехватка кадров.

# ON THE ISSUE OF STAFFING OF INDUSTRIES IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Seleznev Daniil Kirillovich[1], Pelevin Oleg Vladimirovich[2], Yusupova Irina Valerievna[3]
[1]KNRTU, Kazan
[2,3]Ministry of Economy of the Republic of Tatarstan, Kazan
[3]KNRTU-KAI, Kazan
[1]selez2009.li@yandex.ru, [2]Oleg.Pelevin@tatar.ru, [3]bigbossutrinos229@gmail.com

The right of the executive authorities of the constituent entities of the Russian Federation to develop and implement regional programs to increase the mobility of labor resources (hereinafter referred to as regional programs) is enshrined in the Law of the Russian Federation of April 19, 1991 № 1032-1 “On Employment in the Russian Federation” (hereinafter referred to as the Employment Law) [1]. The Government of the Russian Federation has the right to approve the list of subjects of the Russian Federation, the involvement of labor resources in which is a priority (hereinafter – the list). The budgets of the constituent entities of the Russian Federation included in the list are provided with

subsidies from the federal budget for co-financing regional programs to increase the mobility of labor resources. The procedure for including the subjects of the Russian Federation in the list was approved by the Decree of the Government of the Russian Federation dated February 19, 2019 № 161 “On approval of the Rules for including the Subjects of the Russian Federation in the list of subjects of the Russian Federation, the involvement of labor resources in which is a priority” [2].

**Keywords:** human capital, human resources, the need for personnel, training, shortage of personnel.

Мировой кризис, спровоцированный пандемией новой коронавирусной инфекции, а также «демографическая яма» оказали существенное влияние не только на привычную организацию производственных процессов в Российской Федерации, но и на такие характеристики, человеческого капитала, как его количество и качество. В связи с переходом к цифровым технологиям сформировались новые направления электронной торговли и сопутствующих услуг. Приостановка производств, сокращение численности персонала привело к сворачиванию договорных отношений по подготовке специалистов предприятий с учебными заведениями, что не могло не отразиться на системе взаимодействия образовательных организаций и промышленных предприятий в части подготовки кадров: она ослабла.

Восстановление экономики в большинстве субъектов Российской Федерации, в том числе в Республике Татарстан, после кризиса и последовавшее за этим разворачивание производств сориентировало предприятия на комплектование кадров как за счет привлечения местного населения, так и поиск трудовых ресурсов в соседних регионах с высоким уровнем безработицы, либо привлечение иностранной рабочей силы.

Республика Татарстан – динамично развивающийся регион. Высокий уровень созданных условий для ведения инвестиционной и предпринимательской деятельности подтверждается результатами Национального рейтинга состояния инвестиционного климата регионов Российской Федерации: Республика Татарстан третий год подряд объявлена регионом-лидером данного рейтинга, обеспечившим наиболее благоприятные условия для ведения предпринимательской и инвестиционной деятельности. В значительной степени это обусловлено качеством подготовки трудовых ресурсов [3], что является основной целью Стратегии социально-экономического развития Республики Татарстан до 2030 года.

Современные реалии отечественной экономики задают как необходимое условие развития промышленности кооперацию производителей с образовательными организациями в вопросах подготовки кадров, точечную настройку выпуска системы образования под потребности промышленного производства.

Перспективы развития республиканской промышленности напрямую связаны с внедрением инноваций в процесс подготовки кадров и созданием новых обучающих программ профессиональной подготовки, переоснащением материально-технической базы профильных образовательных организаций, высокотехнологичное оснащение лабораторий и учебно-производственных участков.

Существенное значение приобретает тренд глобальной цифровизации, внедрение систем управления жизненным циклом. Низкие темпы роста производительности труда, использования в производственных процессах цифровых технологий сформировал переток квалифицированных кадров в более технологичные, но менее трудозатратные отрасли с высокой оплатой труда. Все это отразилось на кадровом потенциале отраслей промышленности и торговли, что обострило проблемы нехватки инженерно-технический и рабочих кадров.

Рынок труда наглядно отражает ситуацию в экономике республики, которая, согласно действующим критериям оценки напряженности на рынке труда, характеризуется в целом как благополучная.

Республика Татарстан обладает мощным промышленным, инвестиционным, научно-техническим потенциалом. Вместе с тем состояние кадрового потенциала отраслей промышленности Республики Татарстан характеризуется наличием ряда проблем.

По результатам рассмотрения вопросов нехватки кадров в рамках заседания Совета Безопасности Республики Татарстан, состоявшегося 15 декабря 2022 г., на предприятиях промышленности выявлена существенная нехватка рабочих рук. Причиной тому, во-первых, проблемы демографического характера, недостаток трудовых ресурсов по рабочим профессиям и инженерно-техническим специальностям. Демографическая «яма» в 90-ых годах характеризуется спадом рождаемости и увеличением смертности среди населения. В 2010 г. естественная убыль населения составила 922 человек. В 2016 г. естественный прирост показал положительную динамику в 10643 человека. После 2019 г. начался резкий спад рождаемости и подъем смертности населения Естественная убыль населения в 2020 г. составила 12981 человек [4]. Анализ состава численности населения трудоспособного возраста демонстрирует, что основной состав трудоспособного населения составляет 25–40 лет, то через 10 лет это будут люди в возрасте старше 35–40 лет [5]. Ограничения, связанные с распространением новой коронавирусной инфекции, спровоцировали отток трудовых мигрантов. Появилась возможность «удаленной» работы. Растет смертность людей в трудоспособном возрасте [6].

Республика отличается высоким уровнем занятости населения: согласно данным Татарстанстата в среднем за июль-сентябрь 2023 г. его значение составило 62,1 %, что выше, чем в среднем по России – 61,2 %, по ПФО – 60,6 %. Уровень общей безработицы в Республике Татарстан составил 2,0 % (в среднем за июль–сентябрь 2023 г. в республике его значение было ниже, чем в среднем по России – 3,0 %, по ПФО – 2,2 %). Уровень регистрируемой безработицы по состоянию на 1 ноября 2023 г. снизился по сравнению с началом года до 0,26 % от численности рабочей силы (на 1 января 2023 г. – 0,37 %). Коэффициент напряженности на рынке труда составил 0,11 человека на одну вакансию.

Важным фактором эффективного использования трудовых ресурсов и источником роста инвестиционной привлекательности региона является повышение внутренней трудовой мобильности населения; при этом начата реализация проектов по стимулированию работодателей к привлечению трудовых ресурсов из других регионов (ПАО «КАМАЗ», ЗАО «КЗМК» ТЭМПО, ООО «Менделеевсказот», ООО «ХАЙЕР ИНДАСТРИ РУС»; проекты, реализуемые в Особой экономической зоне промышленно-производственного типа «Алабуга»).

Цифровая трансформация экономики способствует распространению электронной торговли при имеющемся дефиците IT-специалистов, а также фиксируемом оттоке из промышленности и традиционной торговли в доставку товаров и в логистические распределительные центры. Так, в последние годы в Зеленодольском районе реализуются такие крупные инвестиционные проекты по строительству логистических центров как OZON, KazanExpress, Wieldberries (Объем инвестиций более 13,5 млрд руб.), в которых созданы около 12 тысяч рабочих мест. Wieldberries сегодня стал крупнейшим работодателем Зеленодольского района, при этом квалификационные требования к работникам этих предприятий (работники склада, логисты, грузчики и пр.) существенно ниже, чем на промышленных предприятиях, а заработная плата в этом секторе выше, чем в других отраслях (свыше 80 тыс. руб.).

Согласно данным Минпромторга РТ ближайшие 7 лет потребность предприятий промышленности в подготовке кадров по образовательным программам высшего и среднего профессионального образования – 26,0 тыс. человек, около 80 % – это потребность в специалистах со средним профессиональным образованием (квалифицированные рабочие) – 16,5 тыс. человек и специалисты среднего звена – 3,8 тыс. человек, и только 20 % – это потребность в специалистах с высшим образованием – 5,7 тыс. человек.

В муниципальном разрезе на ближайшие 7 лет наибольшая прогнозная потребность промышленности в кадрах определена: в городах Набережные Челны – 8792 человека; в Казани – 7716 человек; в Нижнекамском муниципальном районе – 3085 человек и Тукаевском муниципальном районе – 2947 человек (Закамская промзона). Наибольший спрос на кадры отмечен в отрасли машиностроения, а также ОПК – 17664 человек, в основном, из-за неконкурентного роста оплаты труда в отраслях машиностроения и оборонной промышленности.

Необходимо отметить, что нехватку кадров также испытывают отрасли строительства, транспорта, IT-сфера. Несмотря на то, что выпуск студентов профессиональных образовательных организаций и образовательных организаций высшего образования инженерно-технических направлений в 2022–2023 учебном году составил более 25 тысяч человек, дефицит кадров сохраняется – в основном, из-за роста объемов промышленного производства.

По мнению авторов, существенное влияние на неравномерность экономического развития районов Республики Татарстан оказывает диспропорции по оплате труда по одним и тем же рабочим профессиям в отраслях промышленности, на разных предприятиях, в городах и районах республики. В условиях нестабильности данных факторов возрастает необходимость специальных программ по кадровому обеспечению промышленных предприятий. Одновременно усложняют задачу крупные инвестиционные проекты в отраслях промышленности, строительство новых предприятий, локализации конкурентного производства в моногородах с недостаточным количеством трудовых ресурсов и инфраструктуры для ее привлечения (отсутствие доступного, комфортного жилья для молодых специалистов, сети социально-культурного обеспечения и пр.).

Авторы считают, что для кадрового обеспечения отраслей промышленности Республики Татарстан, привлечения высококвалифицированных рабочих и специалистов для реализации проектов с государственной поддержкой при их переезде и адаптации на новом месте жительства следует разработать и внедрить отдельную государственную программу.

Цель Госпрограммы может быть определена как «Реализация системных мер по формированию республиканского человеческого капитала для отраслей промышленности, обеспечение укомплектованности отраслей промышленности Республики Татарстан востребованными кадрами.

Задачи Госпрограммы могут быть сформулированы следующим образом:

1. Реализация системных профориентационных мероприятий для привлечения востребованных кадров для отраслей промышленности и торговли.

2. Стимулирование образовательных организаций к тесному взаимодействию с работодателями при обсуждении содержания и форм профессиональной подготовки специалистов.

3. Подготовка востребованных кадров для отраслей промышленности и торговли, поддержание уровня высокой квалификации кадров.

4. Увеличение трудовой мобильности кадров республики, близлежащих регионов.

5. Реализация жилищных программ для обеспечения жильем и удержания востребованных кадров на территории Республики Татарстан с участием предприятий и организаций Республики Татарстан.

В данной программе в качестве приоритетных направлений решения проблемы нехватки кадров для предприятий промышленности следует предусмотреть:

– вовлечение незанятых граждан в трудовую деятельность, в том числе посредством прохождения краткосрочных программ повышения квалификации по специальностям, в которых испытывают потребность предприятия;

– планирование предприятиями перспективной потребности в кадрах, в том числе с учетом сроков обучения специалистов (высшее образование – 3,5 года (бакалавриат), среднее профессиональное – 3 года, начальное профессиональное – 1 год);

– создание конкурентоспособных условий труда и максимально широкого перечня социальных гарантий.

В рамках исполнения предложенной Госпрограммы следует предусмотреть оказание работодателям финансовой поддержки на условиях софинансирования из регионального бюджета на создание условий для переезда работников и закрепления их на рабочем месте. Вместе с тем работодатель также должен затратить на обустройство нового работника сумму, эквивалентную размеру средств, выделяемых из республиканского бюджета.

## Источники

1. О занятости населения в Российской Федерации [Электронный ресурс]: федер. закон Рос. Федерации от 19 апреля 1991 г. № 1032-1. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 21.10.2023).

2. Об утверждении Правил включения субъектов Российской Федерации в перечень субъектов Российской Федерации, привлечение трудовых ресурсов в которые является приоритетным [Электронный ресурс]:

Постановление Правительства Рос. Федерации от 19 февраля 2019 г. № 161. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 21.10.2023).

3. Селезнев Д.К., Арзамасова А.Г., Юсупова И.В. О состоянии кадрового потенциала промышленного сектора экономики Республики Татарстан // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: матер. XVII Всерос. открытой молод. науч.-практ. конф. Казань, 2022. С. 119–121.

4. Муниципальные образования Республики Татарстан 2020: статистический ежегодник. Казань: Татарстанстат, 2021. 220 с.

5. Перечень субъектов Российской Федерации, привлечение трудовых ресурсов в которые является приоритетным [Электронный ресурс]: Распоряжение Правительства Рос. Федерации от 20 апреля 2015 г. № 696-р. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант» (дата обращения: 21.10.2023).

6. Кандилов В.П., Краснова О.М., Кудрявцева С.С. Экономический рост и качество жизни населения Республики Татарстан // Экономический вестник Республики Татарстан. 2020. № 2. С. 16–23.

УДК 338.2

# О МЕРАХ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ СВЯЗНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ В РАМКАХ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН)

Селезнев Даниил Кириллович[1], Пелевин Олег Владимирович[2],
Юсупова Ирина Валерьевна[3]
[1]ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань
[2,3]Министерство экономики Республики Татарстан, г. Казань
[3]КНИТУ-КАИ, г. Казань
[1]selez2009.li@yandex.ru, [2]Oleg.Pelevin@tatar.ru, [3]bigbossutrinos229@gmail.com

На сегодняшний день актуальным вопросом экономического развития Республики Татарстан является эффективная организация пространства городов и управление этой организацией в виде агломерации, объединяющей в одно целостное территориально-экономическое образование логистическими, хозяйственными, трудовыми и социально-культурными связями. Долгосрочные ориентиры развития нашей республики, в том числе по развитию агломераций, заложены в утверждённой в 2015 году Стратегии-2030 Республики Татарстан, утвержденной Законом Республики Татарстан от 17 июня 2015 №40-ЗРТ, основные положения которой в части концепции пространственного развития синхронизированы со Стратегией пространственного развития Российской Федерации.

**Ключевые слова.** Транспорт, логистика, связность территории, транспортная инфраструктура, Стратегия пространственного развития.

# ON MEASURES TO ENSURE THE CONNECTIVITY OF TERRITORIES WITHIN THE FRAMEWORK OF THE IMPLEMENTATION OF THE SPATIAL DEVELOPMENT STRATEGY OF THE RUSSIAN FEDERATION (ON THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN)

Seleznev Daniil Kirillovich[1], Pelevin Oleg Vladimirovich[2], Yusupova Irina Valerievna[3]
[1]KNRTU, Kazan
[2,3]Ministry of Economy of the Republic of Tatarstan, Kazan
[3]KNRTU-KAI, Kazan
[1]selez2009.li@yandex.ru, [2]Oleg.Pelevin@tatar.ru, [3]bigbossutrinos229@gmail.com

To date, an urgent issue of the economic development of the Republic of Tatarstan is the effective organization of the urban space and the management of this organization in the form of an agglomeration, combining logistics, economic, labor and socio-cultural ties into one integral territorial and economic entity. The long-term development guidelines of our republic, including the development of agglomerations, are laid down in the Strategy-2030

of the Republic of Tatarstan approved in 2015, approved by the Law of the Republic of Tatarstan No. 40-ZRT dated June 17, 2015, the main provisions of which in terms of the concept of spatial development are synchronized with the Spatial Development Strategy of the Russian Federation.

**Keywords.** Transport, logistics, connectivity of the territory, transport infrastructure, Spatial development strategy.

Транспортная инфраструктура является одним из главных катализаторов развития экономики республики, обеспечивающих логистику для бизнеса, рабочие места и комфортные условия жизни граждан, является связующим звеном жилищного строительства и развития промышленных территорий [1], туризма, представляет собой совокупность инвестиционных проектов и является одной из действенных антикризисных мер.

В рамках Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 г., утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 февраля 2019 г. № 207-р, в Республике Татарстан успешно реализуются следующие инфраструктурные проекты:

1. «Разработка и реализация комплексного проекта реконструкции гидротехнических сооружений Камского бассейна. II этап». «Реконструкция Нижне-Камского шлюза». В рамках реализации проекта предусматривается проведение следующих работ: реконструкция гидравлического, механического и электротехнического оборудования, резервного энергоснабжения, систем противопожарной защиты зданий масло-насосных установок.

7 июля 2023 г. получено разрешение на ввод в эксплуатацию объекта реконструкции. В ходе реконструкции левой нитки Нижне-Камского шлюза были заменены гидравлическое и механическое оборудование, система электроснабжения, а также обновлена система пожарной сигнализации. Проведены работы по замене опорно-ходовых частей опускных и аварийно-ремонтных ворот, наружного освещения, кабельных каналов подводных переходов камер шлюза.

Ведутся строительно-монтажные работы правой нитки Нижне-Камского шлюза: бетонирование облицовки обратного хода рабочих ворот, монтаж рабочих рельсов правой стороны рабочих ворот, монтаж торцевых рельс рабочих ворот и монтаж металлоконструкций кабельного перехода вертикальная часть. Полностью демонтированы торцевые и рабочие рельсы ворот. Смонтированы гидроцилиндры и торцевые упоры рабочих ворот.

Общая строительная готовность объекта в настоящее время составляет 85 %.

2. «Развитие транспортной инфраструктуры на сельских территориях».

Республика Татарстан активно участвует в мероприятиях государственной программы Российской Федерации «Комплексное развитие сельских территорий» в части строительства жилья на селе, объектов инженерной инфраструктуры и благоустройства, а также строительства и реконструкции автомобильных дорог общего пользования с твёрдым покрытием на сельских территориях.

По существующей государственной программе комплексного развития сельских территорий, в 2023 г. в Республике Татарстан было предусмотрено строительство 6 объектов.

3. Реализация проекта «Реконструкции аэропортового комплекса «Бегишево» (2 очередь), г. Нижнекамск.

В период с 2019 по 2022 гг. в рамках мероприятий «Комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры Российской Федерации до 2024 года» осуществлялась реализация проекта «Реконструкция аэропортового комплекса «Бегишево» (2 очередь), г. Нижнекамск.

4. Строительство автомобильной дороги «Алексеевское – Альметьевск» на условиях государственно-частного партнерства. Протяженность дороги «Алексеевское – Альметьевск» – 144,873 км, категория – 1А, число полос движения – 4, расчетная скорость движения – 150 км/ч. Автодорога проходит по территории Алексеевского, Чистопольского, Черемшанского, Новошешминского, Альметьевского муниципальных районов Республики Татарстан.

Развернуты работы на всех 3-х этапах строительства по искусственным сооружениям (42 ИССО), переустройству инженерных коммуникаций, строительству водопропускных труб, возведению земляного полотна, устройству конструктивных слоев основания дорожной одежды, укладке ВСО (верхний слой основания) и НСП (нижний слой покрытия) асфальтобетона. Техническая готовность объекта по состоянию на 1 ноября 2023 г. составляет 62,99 % при плановом значении на 31 декабря 2023 г. – 55 %.

В 2023 г. на территории Республики Татарстан в соответствии с Комплексным планом модернизации и расширения магистральной инфраструктуры до 2024 года осуществляется строительство федеральных дорожных проектов: М-12 «Москва – Нижний Новгород – Казань» (142 км) и М-7 «Волга» на участке обхода Нижнекамска и Набережных Челнов (81,1 км). Автомобильная дорога М-12 «Москва – Нижний Новгород – Казань» в составе международного транспортного маршрута «Европа – Западный Китай» в Республике Татарстан затрагивает 5 муниципальных районов (Кайбицкий, Апастовский, Верхнеуслонский, Лаишевский, Пестречинский).

Скоростная автодорога М-12 с мостом через Волгу позволяет связать крупнейшие агломерации республики – Казанскую и Камскую экономические зоны и улучшить их транспортную доступность, объединить разделенные Волгой территории республики, по кратчайшему пути связывает развивающуюся особую экономическую зону «Иннополис» с предприятиями Камского инновационного территориально-производственного кластера.

В состав маршрута на территории Республики Татарстан входит новый мостовой переход через р. Волга, протяженностью 3,3 км. Строительство указанного участка будет служить полноценным южным обходом г. Казани.

Концепция строительства автомобильной дороги в обход городов Нижнекамска и Набережных Челнов разработана с учетом имеющихся недостатков в части транспортной логистики крупнейших городов Закамья. Будет решена проблема перегруженности и транспортной разобщенности Закамской зоны, где сосредоточены предприятия нефтехимии, нефтепереработки, автомобилестроения и других отраслей. Данное направление фактически будет являться новым направлением федеральной автодороги М-7 «Волга». Проект входит в состав маршрута «Казань-Екатеринбург».

Экономический эффект республики от строительства новой трассы оцениваются в 146 млрд руб. (макроэкономический эффект в резуль-тате строительства трассы М-12 в целом оценивается в 2,4 трлн руб.).

Особое значение строительство мостового перехода в Елабужском муниципальном районе Республики Татарстан (с. Котловка) имеет для самой Камской городской агломерации, так как кратно оптимизирует логистику между субъектами крупного бизнеса городов Набережные Челны, Менделеевск, Елабуга и Нижнекамска, имеющих большие объемы кооперационных связей на межотраслевом уровне.

Агломерационный подход в Стратегии-2030 [2] базируется на том, что развитие пространства Республики Татарстан в виде трех отдельных агломерационных систем необходимо дополнить тесным взаимодействием и кооперацией между ними, что вызывает необходимость решения вопросов связности пространства Республики Татарстан, в первую очередь, при сокращении экономического расстояния между Казанью, Набережными Челнами и Альметьевском. И решать эту задачу необходимо путем строительства скоростных транспортных коммуникаций между ними.

## Источники

1. Селезнев Д.К., Арзамасова А.Г., Юсупова И.В. Проблемы и перспективы социально-экономического развития агломераций Республики Татарстан с позиции развития транспортной инфраструктуры // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: матер. XVII Всерос. открытой молод. науч.-практ. конф. Казань, 2022. С. 122–126.

2. Мастер-план Казанской агломерации как основа поддержки региональных проектов / И.В. Юсупова [и др.] // Региональная экономика. Юг России. 2023. Т. 11, № 2. С. 147–157. DOI: 10.15688/re.volsu.2023.2.14 (дата обращения: 21.09.2023).

УДК 338.2

# О РАЗРАБОТКЕ ЕДИНОГО ДОКУМЕНТА ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ АГЛОМЕРАЦИИ

Селезнев Даниил Кириллович[1], Пелевин Олег Владимирович[2],
Юсупова Ирина Валерьевна[3]
[1]ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань
[2,3]Министерство экономики Республики Татарстан, г. Казань
[3]КНИТУ-КАИ, г. Казань
[1]selez2009.li@yandex.ru, [2]Oleg.Pelevin@tatar.ru, [3]bigbossutrinos229@gmail.com

Реальностью современного мирового и отечественного развития стал феномен агломерации. В настоящее время создание городских агломераций рассматривается как одно из стратегических направлений пространственного развития страны. Всероссийская перепись населения 2020 г. показала, что доля городского населения составила 75 %, из которого около половины проживает в городских агломерациях, где производится значительная доля ВВП РФ. Неслучайно, по мнению академика А.И. Татаркина, «крупнейшие города являются лидерами инвестиционных, инновационных, социальных процессов, точками экономического роста, и от стратегии их развития во многом зависят темпы прироста экономики всей страны». Внимание к процессам формирования и развития агломераций связано, прежде всего, с вызовами, с которыми сталкивается сегодня Россия. Считается, что, обеспечивая возможность взаимосвязанного развития основных элементов агломерации и получения на этой основе синергетического эффекта, агломерации становятся «точками роста» в региональном развитии и способны дать значительный не только экономический, но и социальный эффект, возможность повысить качество жизни населения.

**Ключевые слова:** агломерация, агломерационное развитие, стратегический документ, развитие агломерации, мастер-план.

# ON THE DEVELOPMENT OF A SINGLE DOCUMENT OF TERRITORIAL PLANNING OF THE AGGLOMERATION

Seleznev Daniil Kirillovich[1], Pelevin Oleg Vladimirovich[2], Yusupova Irina Valerievna[3]
[1]KNRTU, Kazan
[2,3]Ministry of Economy of the Republic of Tatarstan, Kazan
[3]KNRTU-KAI, Kazan
[1]selez2009.li@yandex.ru, [2]Oleg.Pelevin@tatar.ru, [3]bigbossutrinos229@gmail.com

The phenomenon of agglomeration has become a reality of modern world and domestic development. Currently, the creation of urban agglomerations is considered as one of the strategic directions of spatial development of the country. The All-Russian Population Census of 2020 showed that the share of the urban population was 75 %, of which about half live in urban agglomerations, where a significant share of the GDP of the Russian Federation is produced. It is no coincidence, according to Academician A.I. Tatarkin, «the largest cities

are the leaders of investment, innovation, social processes, points of economic growth, and the growth rates of the economy of the whole country largely depend on their development strategy». Attention to the processes of formation and development of agglomerations is primarily related to the challenges that Russia is facing today. It is believed that by providing an opportunity for the interconnected development of the main elements of agglomeration and obtaining a synergetic effect on this basis, agglomerations become “points of growth” in regional development and are able to give a significant not only economic, but also social effect, an opportunity to improve the quality of life of the population.

**Keywords:** agglomeration, agglomeration development, strategic document, agglomeration development, master plan.

В Республике Татарстан есть понимание важности и перспектив агломерационного развития: идет активная работа над мастер-планом пространственного и социально-экономического развития Казанской агломерации, в структуре которого в качестве отдельного этапа разработки, и, соответственно, отдельного утверждаемого документа – Разработка долгосрочного плана социально-экономического развития Казанской агломерации[1]. Работа эта ведется на основании поручения Раиса Республики Татарстан Р.Н.Минниханова от 17.02.2023 №62-ПР специально созданным для целей ГБУ «Институт пространственного планирования Республики Татарстан» (далее – ИПП РТ) совместно с заинтересованными ИОГВ РТ.

ИПП РТ совместно с заинтересованными РОИВ будут подготовлены: мастер – плана Камской агломерации – 2 квартал 2024, Альметьевской агломерации – 2 квартал 2025.

Также в рамках разработки мастер-плана Казанской агломерации будет сформирован перечень крупных агломерационных и инвестиционных проектов, которые позволят привлечь средства в рамках государственных и целевых программ; решить задачи развития «агломерационного» мышления; позволит муниципалитетам, входящим в агломерацию, снизить транспортные издержки[2], привлекать экономически активное население, обеспечивать рост конкуренции между предприятиями.

Мастер – план – это первый шаг, инструмент планирования развития территорий. За его разработкой будут приняты отдельные документы, изменения в генпланы, в правила землепользования и застройки. И вот тут – первое «но»: понятие мастер-план не имеет нормативного определения, не закреплено в законодательстве. При этом, под реализацию мастер-планов территорий, например, дальневосточных, выделяются значитель-ные объемы финансирования из средств федерального бюджета.

Утверждение Методики разработки долгосрочного плана социально-экономического развития городской агломерации (далее – Методика) является существенным шагом на пути формирования институтов управления их развития. Между тем, только Методика не в состоянии охватить различия в особенностях организации агломераций в регионах и, тем более, обеспечить единообразие в регулировании данной сферы.

На сегодня система государственного и муниципального управления агломерациями фактически не имеет законодательной основы; она не определяется стратегическими и методологическими документами.

Попытки урегулирования этого вопроса федеральными ведомствами, и отдельными регионами (Саратовская область, Нижегородская область), в разные годы не были увенчаны успехом. Пока можно говорить о фрагментарных дополнениях Градостроительного кодекса в части механизмов подготовки документов территориального планирования двух и более субъектов (декабрь 2017 г.), и Единого документа территориального планирования и градостроительного зонирования (декабрь 2022 г.).

Отсутствие единообразного правового регулирования агломерационных процессов неизбежно создает определенные трудности в вопросах юридического оформления уже сложившихся агломераций и разграничения полномочий в управлении такими территориями между органами публичной власти. Все это свидетельствует о необходимости создания в этой сфере единого правового поля с закреплением максимальной вариативности использования критериев формирования и функционирования Агломераций в регионах.

Методологический подход к определению понятия «городская агломерация» предполагает выделение городских агломераций на основе уже существующих административных границ, что, на наш взгляд, не совсем точно. Полагаем, что определение Агломерации как непрерывной зоны населенных пунктов (преимущественно городских) должно осуществляться без привязки к фактическим административным границам муниципальных образований, исходя из пространственной общности территорий на основе их экономической активности и социальной структуры. Границы входящих в агломерацию муниципалитетов могут быть естественно ограничены инфраструктурой или природными объектами (леса, реки и т. п.).

Мастер-план – это условное название, поскольку в рамках законодательства мы не можем сделать ни один документ, который бы объединил все эти территории. Генеральные планы, схема территориального планирования делаются в границах отдельного населенного пункта либо района.

А мастер-план позволяет посмотреть на ситуацию в целом, вне административных границ, и подготовить решения, которые будут обсуждаться с городскими и районными властями, с жителями и бизнесом. И он должен стать экстерриториальным документом, учитывающим интересы всех групп и территорий.

Критериями отнесения населенных пунктов к агломерации должны являться:

1) наличие повседневных трудовых, производственных, социально-культурных и иных связей с центром агломерации;

2) тенденция к территориальному слиянию с центром агломерации.

В сценарии Минэкономразвития городская агломерация определяется как область взаимодействия между ядром и периферией, состоящей из соседних муниципалитетов. Данный подход к определению структуры Агломерации не отвечает уже сложившимся (в соответствии со стратегическими документами) в качестве полицентрических. Так, экономическое развитие Татарстана опирается на модернизацию инновационного и промышленного потенциала, а также развитие сектора услуг преимущественно в многоядерной системе (Камский кластер).

В свою очередь децентрализация агломераций позволяет распределить общественно-значимые объекты и инфраструктуру между локациями, оптимизировав их общее количество за счет обеспечения транспортной доступности для жителей сразу нескольких населенных пунктов.

Оптимальному планированию межмуниципальной (внутриагломерационной) транспортной инфраструктуры и размещению социальных объектов, и, как следствие – повышению эффективности бюджетного планирования может способствовать формирование Единого документа территориального планирования и градостроительного зонирования (или – ЕГП).

Кроме того, современное градостроительство неразрывно связано с земельными отношениями (земля выступает основой градостроительной деятельности, правовой судьбе которой следуют ее улучшения, в том числе путем возведения капитальных объектов), то обеспечение эффективности развития агломерации на основе единого документа невозможно без синхронизации градостроительных и земельных решений.

В этой связи закономерным будет постановка вопроса об интеграции градостроительного и земельного законодательства в части, касающейся застройки территорий. Такая практика имеет место в ряде зарубежных стран, в которых земельное право как самостоятельная отрасль не выделяется, а регулируется специальными законами о планировании и развитии территорий.

Следует отметить, что Методика никак не затрагивает договорную модель организации агломераций. Между тем наличие тесных внутриагломерационных связей между территориями обуславливает необходимость согласования действий муниципалитетов в целях объединения финансовых средств, материальных и иных ресурсов, а также принятия управленческих решений на основе межмуниципальных соглашений о сотрудничестве.

Такие соглашения могут заключаться по двум сценариям:

1) между ядром агломерации и ее периферией;

2) между всеми муниципалитетами, входящими в агломерацию.

## Источники

1. Мастер-план Казанской агломерации как основа поддержки региональных проектов / И.В. Юсупова [и др.] // Региональная экономика. Юг России. 2023. Т. 11, № 2. С. 147–157. DOI: 10.15688/re.volsu.2023.2.14 (дата обращения: 21.09.2023).

2. Селезнев Д.К., Арзамасова А.Г., Юсупова И.В. Проблемы и перспективы социально-экономического развития агломераций Республики Татарстан с позиции развития транспортной инфраструктуры // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: матер. XVII Всерос. открытой молод. науч.-практ. конф. Казань, 2022. С. 122–126.

УДК 338.2

# О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ МЕХАНИЗМОВ МЕЖМУНИЦИПАЛЬНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА В РАМКАХ РАЗВИТИЯ ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ

Селезнев Даниил Кириллович[1], Пелевин Олег Владимирович[2],
Юсупова Ирина Валерьевна[3]
[1]ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань
[2,3]Министерство экономики Республики Татарстан, г. Казань
[3]КНИТУ-КАИ, г. Казань
[1]selez2009.li@yandex.ru, [2]Oleg.Pelevin@tatar.ru, [3]bigbossutrinos229@gmail.com

Экономическое пространство страны по своей природе неоднородно. Присутствуют как зоны более интенсивного экономического роста, так и территории, где социально-экономические процессы в большинстве своем носят инерционный характер. Известно, что наибольшая динамика экономических процессов характерна для городов и прилегающих к ним территорий, т. е. для городских агломераций. Развитие городских агломераций – одно из обязательных условий экономического роста как регионов, где эти агломерации расположены, так и страны в целом. Отметим, что в Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 г. указано: «инновационный и социально ориентированный путь развития предполагает многополярное развитие территории страны и формирование новых зон опережающего развития в виде агломераций», – среди таких зон в документе однозначно выделены городские агломерации [1].

**Ключевые слова.** Агломерация, межмуниципальное сотрудничество, экономическое пространство, хозяйственные связи, трудовые связи, культурно-бытовые связи.

# ON IMPROVING THE MECHANISMS OF INTER-MUNICIPAL COOPERATION IN THE DEVELOPMENT OF URBAN AGGLOMERATIONS

Seleznev Daniil Kirillovich[1], Pelevin Oleg Vladimirovich[2], Yusupova Irina Valerievna[3]
[1]KNRTU, Kazan
[2,3]Ministry of Economy of the Republic of Tatarstan, Kazan
[3]KNRTU-KAI, Kazan
[1]selez2009.li@yandex.ru, [2]Oleg.Pelevin@tatar.ru, [3]bigbossutrinos229@gmail.com

The economic space of the country is inherently heterogeneous. There are zones of more intensive economic growth, as well as territories where socio-economic processes are mostly inertial in nature. It is known that the greatest dynamics of economic processes is characteristic of cities and adjacent territories, i.e. for urban agglomerations. The development of urban agglomerations is one of the prerequisites for economic growth both in the regions where these agglomerations are located and in the country as a whole. It should be noted that the Spatial Development Strategy of the Russian Federation for the period up to 2030 states:

«an innovative and socially oriented development path involves the multipolar development of the country's territory and the formation of new zones of advanced development in the form of agglomerations» – among such zones, urban agglomerations are clearly identified in the document [1].

**Keywords.** Agglomeration, inter-municipal cooperation, economic space, economic ties, labor ties, cultural and household ties.

Под городскими агломерациями обычно понимают «компактное скопление территориально сосредоточенных городов и других населенных мест, которые в процессе своего роста сближаются и между которыми усиливаются многообразные хозяйственные, трудовые и культурно-бытовые взаимосвязи» [2]. Городские агломерации выполняют важнейшую роль в развитии окружающей территории. Они концентрируют трудовые, материальные и финансовые ресурсы, объекты производства и социальной инфраструктуры. Соответственно, экономический потенциал агломерации выше по сравнению другими территориальными образованиями. Благодаря наличию городских агломераций более крупные территории (регионы) получают импульс экономического развития – именно в пределах городских агломераций обычно расположены предприятия лидирующих отраслей. В макроэкономическом масштабе именно система городских агломераций составляет опорный каркас расселения страны.

Мировая практика показывает, что существует два варианта формирования городских агломераций: первый – путем административного объединения территорий, второй – путем естественного экономического сближения городов и сопредельных территориальных образований без административного единства. Следует отметить, что при всех преимуществах управления территориальным развитием из единого центра, административный вариант развития агломераций чаще всего не успевает за динамикой экономического развития и может зафиксировать лишь сложившиеся на данный момент границы. Кроме того, на определенном этапе административное укрупнение перестает соответствовать интересам населения (при удалении центров принятия решений от мест проживания граждан). Далеко не всегда при административном укрупнении приводится достаточное обоснование экономической целесообразности этого решения. Один из ярких примеров – значительное укрупнение территории города Москвы с 2011 г., рациональность и экономическая обоснованность которого весьма неоднозначны.

Термин «межмуниципальное сотрудничество» в современной российской науке трактуется неоднозначно. П.В. Гулидов определяет межмуниципальное сотрудничество как «совместную деятельность двух и более муниципальных образований, направленную на совместное

решение вопросов местного значения, а также иных вопросов, связанных с осуществлением местного самоуправления» [3]. Сравнительный анализ различных дефиниций термина «межмуниципальное сотрудничество» приводят в своей работе Р. Бабун и С. Артемова, делая вывод, что данное понятие можно использовать в самом широком смысле: межмуниципальное сотрудничество может применяться в рамках межмуниципальных контактов «при решении любых совместных задач, в любых сферах деятельности и в любых формах» [4]. В настоящей статье под межмуниципальным сотрудничеством мы будем понимать все виды взаимодействия между муниципальными образованиями по инициативе местных администраций в связи с реализацией полномочий по осуществлению местного самоуправления.

В зарубежных странах межмуниципальное сотрудничество является широко распространенным явлением; наработана значительная практика контактов между муниципальными образованиями по широкому кругу вопросов. Весьма характерен в этом отношении опыт Германии, где основными направлениями взаимодействия между муниципальными образованиями являются, во-первых, сотрудничество политического характера (отстаивание местных интересов, диалог с более высокими уровнями публичной власти – как муниципальной, так и государственной), во-вторых, совместное решение вопросов местного значения [5]. В Германии активно действуют союзы общин, союзы городов и союзы районов, имеющих на федеральном уровне объединяющие органы. Среди вопросов местного значения, которые успешно решаются на межмуниципальном уровне, обработка информации, территориальное планирование, развитие образования, водоснабжение и водоотведение, выделение промышленных зон для совместного освоения, развитие розничной торговли, транспорта, жилой застройки, вопросы энергоснабжения и утилизации твердых бытовых отходов [5].

Основными формами межмуниципального сотрудничества в Германии являются совместные администрации (межмуниципальный исполнительно-властный орган), неформальные встречи между представителями муниципалитетов для согласования позиций и обмена информацией, муниципальные рабочие группы (создаются для решения конкретных вопросов, не имеют статуса юридического лица), целевые соглашения и целевые союзы (к примеру, в случае, когда оказание определенных муниципальных услуг учреждениями одного муниципального образования осуществляется не только по отношению к своему населению, но и для населения соседних общин), создание предприятий, которые обеспечивают предоставление определенных услуг участникам межмуниципального соглашения [6].

Сегодня, как никогда, становится актуальным комплексное изучение практик межмуниципального сотрудничества, существующих проблем в данной сфере, а также выработка предложений по совершенствованию механизмов, обеспечивающих развитие межмуниципального сотрудничества. Положения Конституции Российской Федерации, устанавливающие, что органы местного самоуправления и органы государственной власти входят в единую систему публичной власти в Российской Федерации и осуществляют взаимодействие для наиболее эффективного решения задач в интересах населения, проживающего на соответствующей территории, требуют совершенствования организационных, правовых и финансовых условий для обеспечения качественно нового уровня взаимодействия между муниципальными образованиями для совместного решения вопросов местного значения и других вопросов, в том числе по созданию объектов коммунальной, социальной и иной инфраструктуры. В последние годы в контексте конституционных положений существенно повысилась роль органов местного самоуправления в реализации публичных функций, а задача по обеспечению долгосрочной финансовой устойчивости муниципальных образований приобрела особую актуальность. Одним из механизмов, позволяющих оптимизировать решение вопросов местного значения, а также повысить эффективность деятельности органов местного самоуправления и качество предоставления услуг населению, является межмуниципальное сотрудничество [7–10]. Межмуницпальное сотрудничество должно быть направлено на консолидацию усилий и ресурсов в целях развития муниципальных образований, решения задач, самоуправления. стоящих перед органами местного самоуправления. В настоящее время в соответствии с законодательством Российской Федерации муниципальные образования осуществляют межмуниципальное сотрудничество посредством участия в деятельности советов муниципальных образований субъектов Российской Федерации; объединений (союзов и ассоциаций) муниципальных образований, а также учреждения межмуниципальных хозяйственных обществ и некоммерческих организаций, заключения. межмуниципальных договоров (соглашений) для решения вопросов местного значения и других вопросов. По информации Министерства юстиции Российской Федерации, по обобщенным данным, представленным за 2022 год специалистами органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, порядка 16,2 тысяч муниципальных образований в пределах 82 субъектов Российской Федерации так

или иначе являются участниками межмуниципального сотрудничества. При этом 602 муниципальных образования в 70 субъектах Российской Федерации являются участниками двух- и многосторонних договоров и соглашений с другими муниципалитетами в пределах Российской Федерации; 445 муниципальных образований в 71 субъекте Российской Федерации – участниками договоров (соглашений) о побратимских связях, внешнеэкономическом и приграничном сотрудничестве с муниципальными и иными территориальными образованиями зарубежных государств. Сравнение с предыдущим периодом свидетельствует о более активном использовании установленных механизмов межмуниципального сотрудничества различными его участниками. Для организации решения отдельных вопросов местного значения несколькими муниципальными образованиями остается актуальным и создание межмуниципальных некоммерческих организаций в форме автономных некоммерческих организаций и фондов. По итогам ежегодного мониторинга выявлено участие порядка 200 муниципальных образований в межмуниципальных некоммерческих организациях в 45 субъектах Российской Федерации. В контексте повышения финансовой обеспеченности муниципальных образований значительные преимущества межмуниципального сотрудничества обеспечиваются возможностями предоставления и использования «горизонтальных» межбюджетных трансфертов. Возможность предоставления таких трансфертов регламентирована Федеральным законом от 2 августа 2019 г. № 307-ФЗ «О внесении изменений в Бюджетный кодекс Российской Федерации в целях совершенствования межбюджетных отношений». Данный инструмент позволяет муниципальным образованиям совместно реализовывать финансово затратные проекты, в том числе, в области дорожного строительства, создания инфраструктуры и иные проекты в рамках осуществления межмуниципального сотрудничества. В настоящий момент отмечается рост востребованности данного механизма предоставления бюджетных средств. По данным Министерства финансов Российской Федерации, объем «горизонтальных» субсидий в 2022 г. вырос по сравнению с уровнем предшествующего года на 69,8 % и составил 970,7 миллионов рублей. Число субъектов Российской Федерации, применяющих данный механизм, выросло с 9 до 14. Следует признать, что в настоящее время возможности межмуниципального сотрудничества во многих субъектах Федерации используется в недостаточной мере. В контексте данного вопроса необходимо отметить, что

в настоящее время Правительством Российской Федерации разработан и внесен в Государственную Думу проект федерального закона «О внесении изменений в Бюджетный кодекс Российской Федерации», которым, в том числе, предусматривается расширение прав органов государственной власти субъектов Российской Федерации в сфере межбюджетных отношений путем закрепления их права устанавливать дифференцированные нормативы отчислений в бюджеты муниципальных образований, заключивших соглашения о межмуниципальном сотрудничестве для совместного развития инфраструктуры, одной из сторон которых является городской округ (городское поселение), от отдельных федеральных и (или) региональных налогов и сборов, налогов, предусмотренных специальными налоговыми режимами, подлежащих зачислению в соответствии с Бюджетным кодексом Российской Федерации и законодательством о налогах и сборах в бюджет субъекта Российской Федерации. Авторы полагают, что указанные изменения будут способствовать развитию практик межмуниципального сотрудничества.

## Источники


1. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года (с изменениями на 30 сентября 2022 года) [Электронный ресурс]: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 февраля 2019 г. № 207-р // Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 19.10.2023).

2. Лаппо Г., Полян П., Селиванова Т. Агломерации в России в XXI веке // Вестник Фонда регионального развития Иркутской области. 2007. № 1. С. 45–52.

3. Гулидов П. В. Межмуниципальные хозяйственные общества // Практика муниципального управления. 2009. № 1. С. 66–70.

4. Бабун Р., Артемова С. К вопросу межмуниципальной хозяйственной кооперации // Городское управление. 2012. № 1. С. 64–69.

5. Маркварт Э., Исупова С. Межмуниципальное сотрудничество в Германии // Российская муниципальная практика. 2009. № 6-7. С. 12–16.

6. Gesetz über den Regionalverband Ruhr (RVRG) [Электронный ресурс]: Bekanntmachung der Neufassung Vom 3 Februar 2004. URL : https://recht.nrw. de/lmi/owa/br_bes_text?anw_nr=2&gld_nr=2&ugl_nr=2021 &bes_id=5244&aufgehoben=N&menu=1&sg=0 (дата обращения : 21.10.2023).

7. Пиндт Х. Столетний опыт кооперации в Дании // Российская муниципальная практика. 2019. № 8. С. 17–21.

8. Copenhagen District Heating System [Электронный ресурс]. URL: http://www.copenhagenenergysummit.org/applications/Copenhagen,%20 Denmark-District% 20Energy%20Climate%20Award.pdf (дата обращения: 17.10.2023).

9. Фурши К. Межмуниципальное сотрудничество во Франции [Электронный ресурс]. URL: http://www.co-opregion.ru/uploaded/VE% 20ville %20durable/ intercommunalite-RU.pdf (дата обращения : 19.10.2023).

10. Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федер. закон от 6 октября 2003 г. № 131-ФЗ (ред. от 2 июля 2023 г.) // Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 23.10.2023).

УДК 004.37

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНЦЕПЦИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ ОБРАЗОВАНИЯ

Семенов Максим Андреевич[1], Зарипова Римма Солтановна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]maksimsemenov02@mail.ru

Статья рассматривает активное внедрение виртуальной реальности (VR) в образовательный процесс как перспективную и захватывающую технологию. Освещены ключевые аспекты использования VR в образовании, такие как создание иммерсивного опыта обучения, преодоление пространственных ограничений в изучении географии и истории, проведение лабораторных работ в виртуальном пространстве, а также индивидуальный подход к обучению.

**Ключевые слова**: виртуальная реальность, обучение иммерсивный опыт, география, история, лаборатории в VR, индивидуальный подход, преодоление барьеров, тренды и вызовы, роль преподавателя, будущее образования.

# UTILIZING VIRTUAL REALITY CONCEPTS IN THE FIELD OF EDUCATION

Semenov Maksim Andreevich[1], Zaripova Rimma Soltanovna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]maksimsemenov02@mail.ru

The article explores the active integration of virtual reality (VR) into the educational process as a promising and captivating technology. Key aspects of using VR in education are highlighted, such as creating an immersive learning experience, overcoming spatial limitations in the study of geography and history, conducting laboratory work in virtual space, and adopting an individualized approach to learning.

**Keywords:** virtual reality, immersive learning experience, geography, history, VR laborato-ries, individualized approach, overcoming barriers, trends and challenges, role of the teacher, future of education.

**Введение.** В наше время технологии активно внедряются в различные сферы человеческой жизни, включая образование. Одной из наиболее захватывающих и перспективных технологий, применяемых в образовательном процессе, является виртуальная реальность (VR).

**Иммерсивный опыт обучения.** Ключевой особенностью виртуальной реальности в образовании является создание иммерсивного опыта обучения. Студенты могут погружаться в виртуальные миры, которые моделируют реальные сценарии или предоставляют уникальные образовательные

ситуации. Например, в медицинском обучении VR может использоваться для симуляции хирургических вмешательств или диагностических процедур.

**География и история без границ.** Виртуальная реальность снимает ограничения пространства и времени в обучении географии и истории. Студенты могут посещать исчезнувшие культуры, изучать архитектуру древних построек или путешествовать в пространстве и времени, не покидая класса. Это позволяет создать уникальный опыт обучения, который стимулирует интерес и позволяет лучше понять исторические и географические контексты.

**Лаборатории и эксперименты в виртуальном пространстве.** В сфере науки и техники VR открывает новые возможности для проведения лабораторных работ и экспериментов. Студенты могут безопасно исследовать сложные явления, взаимодействовать с виртуальными моделями и повторять эксперименты многократно без риска для себя или окружающих.

**Индивидуальный подход к обучению.** Виртуальная реальность также позволяет создавать обучающие программы, адаптированные к индивидуальным потребностям студентов. Интерактивные сценарии и задания могут быть настроены в соответствии с уровнем знаний каждого учащегося, обеспечивая более эффективное и гибкое обучение.

**Преодоление пространственных барьеров.** Для студентов, находящихся в удаленных или труднодоступных регионах, виртуальная реальность становится средством преодоления географических и социальных барьеров. Они могут получать качественное образование, не выходя из своего региона, что способствует более равномерному распределению образовательных возможностей.

**Современные тренды и вызовы.** В контексте быстрого технологического развития важно отметить, что виртуальная реальность в образовании не только улучшает существующие методы обучения, но и создает новые возможности. Такие технологии, как искусственный интеллект и машинное обучение, могут дополнительно улучшить адаптацию образовательных программ к потребностям каждого ученика.

Однако, помимо многочисленных преимуществ, существуют и вызовы. Развитие инфраструктуры и обеспечение доступа к высокотехнологичным устройствам в образовательных учреждениях может стать проблемой,

особенно в регионах с ограниченными ресурсами. Поэтому необходимо уделять внимание вопросам инклюзивности и обеспечения доступности технологий для всех учащихся.

**Роль преподавателя в эпоху виртуальной реальности.** Введение виртуальной реальности требует переосмысления роли преподавателя. Он становится не просто поставщиком информации, но и наставником, проводником в мире знаний. Важно развивать навыки преподавателей в области использования технологий, чтобы они могли эффективно внедрять их в образовательный процесс.

**Будущее виртуального образования.** С каждым годом технологии виртуальной реальности будут становиться более доступными и разнообразными. Возможности для образовательных проектов в сфере VR будут бескрайними, и это будет способствовать более широкому использованию этих технологий в образовании.

Таким образом, виртуальная реальность уже сейчас преобразует образовательные стандарты, предоставляя студентам уникальные возможности для обучения и исследования. Развитие этой области открывает перед образованием новые перспективы и создает более гибкие и эффективные методы обучения, приспосабливаясь к потребностям современного общества.

**Заключение.** Виртуальная реальность преобразует образовательную среду, делая ее более интересной, доступной и эффективной. Использование VR в образовании открывает новые горизонты для учебного процесса, стимулирует творческое мышление студентов и подготавливает их к вызовам современного мира, где технологии играют все более важную роль.

## Источники

1. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Технологии виртуальной реальности в образовании // Приоритетные направления развития спорта, туризма, образования и науки: матер. междунар. науч.-практ. конф. Н. Новгород, 2021. С. 694–696.

2. Селиванов В.В., Селиванова Л.Н. Виртуальная реальность как метод и средство обучения // Образовательные технологии и общество. 2014. Т. 17, № 3. С. 378–391.

3. Никитина У.О., Зарипова Р.С. Проблемы и перспективы применения технологий виртуальной реальности // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2020. № 2 (20). С. 81–83.

4. Никитина У.О., Зарипова Р.С. Влияние виртуальной реальности на формирование личности // Социальная онтология России: сб. науч. ст. XIV Всерос. Копыловских чтений. Новосибирск, 2020. С. 468–470.

5. Овсеенко Г.А. SMART-решения и системы искусственного интеллекта // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2021. № 2 (24). С. 71–74.

6. Косулин В.В. Электронные образовательные ресурсы в обучении инженерным специальностям // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: сб. науч. тр. 19-й открытой Всерос. конф. Москва, 2021. С. 183–185.

7. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Будущее виртуальной реальности в образовании // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VI Нац. науч.-практ. конф.: в 2 т. Казань, 2020. Т. 2. С. 145–146.

УДК 004.946

# ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ДОПОЛНЕННОЙ И ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ

Силкина Ольга Юрьевна[1], Зарипова Римма Солтановна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]S-Olga2002@yandex.ru, [2]zarim@rambler.ru

Практическая подготовка инженерных кадров требует обучения студентов работе на различном оборудовании, высокая стоимость и опасность для человека которого очень часто не позволяет использовать его в образовательных целях. В таких случаях использование технологий дополненной и виртуальной реальности позволяют решить эти проблемы. В статье даются определения понятиям «дополненная реальность» и «виртуальная реальность», а также рассматриваются преимущества и недостатки использования данных технологий в образовательных целях.

**Ключевые слова:** инженер, деятельность инженера, подготовка инженерных кадров, организация обучения на техническом оборудовании, AR, VR.

# AUGMENTED AND VIRTUAL REALITY TECHNOLOGIES APPLICATION IN ENGINEERING TRAINING

Silkina Olga Yurievna[1], Zaripova Rimma Soltanovna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]S-Olga2002@yandex.ru, [2]zarim@rambler.ru

Practical training of engineering personnel requires training students to work on various equipment, the high cost and danger to humans of which very often does not allow using it for educational purposes. In such cases, the use of augmented and virtual reality technologies can solve these problems. The article defines the concepts of “augmented reality” and “virtual reality” and considers the advantages and disadvantages of using these technologies for educational purposes.

**Keywords:** 6 engineer, engineer's activity, engineer training, engineering training, organization of training on technical equipment, AR, VR.

Профессия инженера была актуальна во все времена, и остаётся актуальной в современном мире, поскольку инновации и технологический прогресс являются ключевыми факторами для развития общества. Инженер – специалист с высшим техническим образованием, применяющий научные знания для решения технических задач, управления процессом создания технических систем, проектирования, организации производства, внедрения в него научно-технических нововведений [1].

Деятельность инженера не ограничивается только технической деятельностью, она также включает научно-технический поиск, в результате чего подготовка квалифицированных инженерных кадров становится ключевым вопросом современного высшего профессионального образования [2].

Неразрывная связь инженера и различных технический систем требует от высших учебных заведений подготовки будущих инженеров в сфере использования этих систем. Другими словами, будущий инженер должен научиться использовать то или иное техническое оборудование.

Организация обучения на техническом оборудовании представляет собой сложный процесс, что объясняется множеством факторов. Например, высокая стоимость оборудования и расходных материалов, сложность обеспечения безопасности и т. д. В таких случаях на помощь приходят технологии дополненной и виртуальной реальности.

Дополненная реальность (AR) – реальный мир, который «дополняется» виртуальными элементами и сенсорными данными.

Виртуальная реальность (VR) – цифровой мир, полностью созданный с помощью современных компьютерных технологий [3].

Преимуществами использования AR/VR-технологий в образовательном процессе имеет следующие преимущества:

– наглядность (путём применения этих технологий возможно смоделировать любые сложные процессы);

– безопасность (применение технологий дополненной и виртуальной реальности позволяет исключить опасное и вредное воздействие оборудования на студентов);

– фокусировка (использование этих технологий позволяет просматривать смоделированное пространство в диапазоне 360 градусов); возможность проведения виртуальных занятий.

Использование технологий дополненной и виртуальной реальности в подготовке инженерных кадров позволяют значительно повысить качество обучения. Так, трёхмерная графика наглядно моделирует и показывает сложные процессы с нужной детализацией. Также использование AR/VR-моделей позволяет повысить безопасность студентов при использовании сложного и опасного для здоровья оборудования в процессе обучения и исключить затраты на обслуживание этого оборудования и расходные материалы. Например, при обучении электро- и теплоэнергетиков виртуальный объект энергетики можно использовать неограниченное количество раз без риска для здоровья и каких-либо затрат [4].

Несмотря на множество преимуществ и возможностей, предоставляемых AR/VR-технологиями, эти технологии также имеют и недостатки:

– длительные сеансы могут вызвать головные боли, а контрастные изображения и яркие вспышки могут спровоцировать приступ эпилепсии;

– не учитываются индивидуальные особенности зрения пользователя;

– оборудование для создания виртуальной реальности стесняют движения пользователя;

– риск получить травму в результате столкновения со стенами и предметами интерьера комнаты, в которой находится пользователь [5].

В заключение можно сказать: использование технологий дополненной и виртуальной реальности позволяет повысить качество подготовки инженерных кадров. Технологии дополненной и виртуальной реальности позволяют организовать процесс обучения студентов с минимальными затратами, так как не требуется закупка дорогостоящего оборудования и расходных материалов, а также обеспечить безопасные условия для обучения, так как использование AR/VR-технологий исключает вредное и травмирующее влияние оборудования.

## Источники

1. Чижова Т.А. Понятие инженерной деятельности // Наука, техника и образование. 2017. № 1 (31). С. 59–61.

2. Шарафутдинова Р.И., Галимзянова И.И. Профессиональная деятельность современного инженера // Вестник Казанского технологического университета. 2012. № 6. С. 255–257.

3. Иванова А.В. Технологии виртуальной и дополненной реальности: возможности и препятствия применения // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2018. № 3 (108). С. 88–107.

4. Gizatullin Z.M., Gizatullin R.M., Nuriev M.G. Prediction of noise immunity of computing equipment under the influence of electromagnetic interference through the metal structures of building by physical modeling // Proc. of the IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering. St. Petersburg and Moscow, 2020. Pp. 120–123

5. Силкина О.Ю., Сафина К.И. Образовательные возможности технологий дополненной и виртуальной реальности // Электрические сети: надежность, безопасность, энергосбережение и экономические аспекты: матер. III Междунар. науч.-практ. конф. / Редкол.: В.В. Максимов (отв. ред.) [и др.]. Казань, 2023. С. 222–226.

УДК 378.1: 93/94

# ЭКСКУРСИЯ КАК МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ КУЛЬТУРЫ И ИСТОРИИ РОДНОГО КРАЯ

Слесаренко Зарина Ринатовна[1], Гафарова Вилюза Робертовна[2]
[1]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[2]ГНБУ «Академия наук РТ», г. Казань
[1]rzarina78@mail

В статье раскрывается понятие экскурсии, дается краткая классификация типов, функций экскурсий. Авторы приходят к выводу о том, что экскурсия является источником знаний, а также методом усвоения духовных, нравственных и эстетических ценностей. Благодаря ей расширяется кругозор учащихся, формируется общее представление о родном крае, а также воспитываются патриотические чувства и любовь к Родине. В связи с этим экскурсию как метод изучения культуры и истории родного края необходимо внедрять в учебную деятельность студентов.

**Ключевые слова:** экскурсия, родной край, малая Родина, функции экскурсии, ценности, изучения истории и культуры.

# EXCURSION AS A METHOD OF STUDYING THE CULTURE AND HISTORY OF THE NATIVE LAND

Slesarenko Zarina Rinatovna[1], Gafarova Vilyuza Robertovna[2]
[1]KSPEU, Kazan
[2]MBOU “Gymnasium 174”, Republic of Tatarstan, Kazan
[1]rzarina78@mail

The article reveals the concept of excursions, gives a brief classification of types, functions of excursions. The authors come to the conclusion that the excursion is a source of knowledge, as well as a method of assimilation of spiritual, moral and aesthetic values. Thanks to her, students' horizons expand, a general idea of their native land is formed, as well as patriotic feelings and love for the Motherland are brought up. In this regard, the excursion as a method of studying the culture and history of the native land should be introduced into the educational activities of students.

**Keywords:** Excursion, native land, small Homeland, functions of the excursion, values, study of history and culture.

В современном мире особую актуальность приобретают вопросы изучения родного края. Одним их эффективных методов его освоения является экскурсия как источник нравственных, духовных и эстетических ценностей. Экскурсии, проводимые по изучению истории и культуры родного края не только расширяют кругозор учащихся, но и воспитывают их в духе патриотизма, а также дают общее представление о малой Родине [1, 2].

Генезис феномена экскурсии (от лат. слова «поездка») исходит из далекой античности как перемещение человека в другой город для отдыха и развлечения. Наиболее распространенным мотивом поездок были путешествие, лечение, паломничество, торговля и образование. Так, например, ради познания мира древнегреческие мыслители часто отправлялись в далекие странствия (Пифагор, Солон, Платон, Фалес Милетский, Геродот и др.).

Проведение экскурсии как один из методов в учебной деятельности впервые было применено в XVII – первой половине XVIII вв. прогрессивными педагогами (просветителями) Западной Европы. К примеру, в отдельных учебных заведениях для учащихся практиковались небольшие экскурсии и пешие прогулки. По мнению польского педагога Я. Коменского, такие методы обучения, где применялись наглядные и предметные формы усвоения знаний, являлись наиболее эффективными в системе обучения и воспитания. Первым организатором экскурсионной работы в России был декабрист И.Д. Якушенко. После того, как его освободили от каторжных работ и отправили на вечное поселение в город Ялуторовск Тобольской губернии, Якушенко работал в школе, где практиковал экскурсии и летние походы со своими воспитанниками с целью изучения окружающей природы и истории [3].

Экскурсионная деятельность в России активно применяется во второй половине XIX веке. В 1899 г. при Педагогическом обществе в Москве действовала комиссия по организации Общеобразовательных экскурсий для учащихся коммерческих и реальных училищ, школ и гимназий.

В начале XX века отечественные мыслители осознали, что экскурсия – необычный метод изучения истории и культуры какого-либо города. Профессор И.М. Грефс считал, что экскурсии позволяют человеку «соприкоснуться с миром». Кроме того, основная функция указанного метода – воспитательно-образовательная (И.М. Грефс) [4].

Огромный вклад в разработке теории, методики экскурсий внес Б.В. Емельянов. По мнению исследователя, основными элементами экскурсии являются показ объектов и рассказ о них [3].

А. Ф. Родин и Ю. Е. Соколовский выделили три основные типа экскурсии как метод изучения истории и культуры [5]:

1) экскурсии по родному краю (краевидно-историческая);

2) дальние экскурсии;

3) музейные экскурсии.

Экскурсия как метод изучения культуры и истории родного края выполняет следующие функции:

– познавательно-рекреационная (удовлетворение эстетических, духовных, информационных потребностей человека; расширение его кругозора, организация отдыха и досуга [6]);

– образовательно-мировоззренческая (функция сохранения новых знаний);

– коммуникативная (специфическая форма общения);

– морально-патриотическая (изучение страны, родного края, воспитание у учащихся моральные качества: любовь к Родине, уважение к людям другой культуры).

Город Казань представляет собой огромную возможность для проведения занятий по изучению истории и культуры родного края: Казанский кремль, музеи, улицы, дома, площади, парки, церкви, мечети и многое другое.

Основой реализации экскурсии как метода в высших учебных заведениях является заранее продуманная системная организация экскурсий – план маршрутного движения и планирование мест для посещения.

Методика подготовки и проведения экскурсии предполагает умение раскрыть тему экскурсии, изложить экскурсионный материал, грамотно использовать зрительные и словесные доказательства [7]. В результате методические приемы позволят сосредоточить внимание учащихся на зрительном объекте и усвоить содержание экскурсии.

Таким образом, экскурсия – это один из методов изучения истории и культуры родного края. Она является источником знаний, а также методом усвоения духовных, нравственных и эстетических ценностей.

## Источники

1. Табейкина Е.К. Краткая история развития этапов сохранения культурного наследия // Научный аспект. 2023. Т. 3, № 8. С. 368–372.

2. Слесаренко З.Р. Специфика межкультурных коммуникаций в инженерном образовании // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. IV Нац. науч.-практ. конф.: в 2 т. Казань, 2018. Т. 1. С. 405–408.

3. Емельянов Б.В. Экскурсоведение. М.: Советский спорт, 2007. 216 с.

4. Гревс И.М. Дальние гуманитарные экскурсии и их воспитательно-образовательный смысл // Экскурсионное дело. 1922. № 4, 5, 6.

5. Родин А.Ф., Соколовский Ю.Е. Экскурсионная работа по истории. М.: Просвещение, 1974. 201 с.

6. Хуторова Л.М. Формирование духовно-культурных ценностей у студентов технического вуза средствами рабочей программы дисциплины «История» // Современные проблемы профессионального образования: тенденции и перспективы развития: сб. науч. ст. III Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию известного российского ученого, академика РАО Г. Н. Филонова. Калуга, 2022. С. 95–100.

7. Валеева Г.Р., Борисов Д.С., Гибадуллина Р.Н. Взаимосвязь исторической памяти и медиа в современном мире // Историческая память: травмы прошлого, противоречия настоящего, перспективы будущего: сб. ст. по итогам Всерос. науч. конф. Саратов, 2018. С. 26–29.

УДК378.3

# ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И РАЗРАБОТКЕ ЛАБОРАТОРНЫХ СТЕНДОВ

Тупицин Константин Сергеевич[1], Морозов Максим Аликович[2],
Завада Галина Владимировна[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]k_tupicin2993@bk.ru, [2]maximkamoroz4@gmail.com

В статье рассматриваются основные требования к проектированию и разработке лабораторных стендов. Отмечается актуальность для студентов осуществления такой деятельности, позволяющей на практическом примере усвоить основные законы, принципы учебной дисциплины и науки. Охарактеризованы требования: гибкости и универсальности разработки, эргономичности, безопасности при использовании, надежности в эксплуатации и в представлении результатов, валидности, защищенности от ошибок.

**Ключевые слова:** проектирование, лабораторные стенды, принципы проектирования.

# REQUIREMENTS FOR THE DESIGN AND DEVELOPMENT OF LABORATORY STANDS

Tupitsin Konstantin Sergeevich[1], Morozov Maxim Alikovich[2],
Zavada Galina Vladimirovna[3]
[1,2,3]KSPEU, Kazan
[1]k_tupicin2993@bk.ru, [2]maximkamoroz4@gmail.com

The article discusses the basic principles and requirements for the design and development of laboratory stands. The relevance of such activities for students is noted, which allows them to learn the basic laws, principles of academic discipline and science by practical example. The principles are characterized: flexibility and versatility of development, ergonomics, safety in use, reliability in operation and in the presentation of results, validity, protection from errors.

**Keywords:** design, laboratory stands, design principles.

Требования работодателя к подготовке выпускника вуза включают в себя высокий уровень владения рядом практических умений и навыков. В этих условиях высоко значение лабораторных работ, как формы занятия, интегрирующей теоретическую и практическую подготовку, способствующей экспериментальной проверке теоретических положений и формированию конкретных умений и компетенций.

Эффективность самих лабораторных работ зависит от уровня их материально-технического обеспечения оборудованием, его функционирования и качества, в частности, качества и современности лабораторных

стендов [1]. Отметим, что подготовка будущего инженера невозможна без применения в учебном процессе исследовательского оборудования, что можно отнести к ключевой особенности образовательного процесса.

Под лабораторным стендом, который применяется в учебном процессе, мы понимаем комплекс взаимосвязанного оборудования (устройств, программного обеспечения и т. п.), предназначенного для проведения исследования и визуализации необходимых теоретических процессов в моделируемых условиях, тестирования, отладки производственных процессов и систем [2, 3].

В работе [4] различают несколько видов учебно-лабораторных стендов, в зависимости от объекта исследования и специфики работы: специализированный (ориентирован на исследование единичного процессе, объекта); универсальный (позволяющий изучать ряд объектов, объединенных в необходимую систему); автоматизированный (подключенный к компьютеру, с системой необходимых датчиков и т. п.); с удаленным доступом (позволяет обучающимся работать со стендом на расстоянии, возможно одновременная работа нескольких студентов).

В вузах проектирование и разработка лабораторных стендов часто становится целью проектной работы обучающихся, магистрантов. При выполнении этой работы необходимо учитывать ряд важных требований. Анализ практической деятельности педагогов и исследователей, представленный в источниках [2, 5, 6], позволяет сформулировать некоторые из них:

1. Гибкость и универсальность разработки. Позволяет моделировать различные обучающие ситуации, добавлять сопряженные системы, изменять условия под необходимые запросы.

2. Эргономичность. Важен учет размера, массы стенда; стенд должен быть эстетически аккуратно и четко воспринимаем пользователем.

3. Безопасность при использовании.

4. Надежность в эксплуатации и в представлении результатов. Разработанный стенд не должен зависеть от окружающих условий, работать стабильно и давать однозначные показатели. При необходимости может быть отремонтирован доступными средствами.

5. Валидность. Показатели, результаты применения стенда должны соответствовать целям учебной работы, демонстрировать именно те показатели, которые заявлены.

6. Защищенность от ошибок. Поскольку работают со стендом студенты, обучаются определенным новым умениям – велика вероятность совершения ими ошибки. Стенд должен быть к этому «готов».

В итоге отметим, что включение в образовательный процесс работы с лабораторными стендами, а также собственной их разработки значительно повышает практико-ориентированность образования, способствует конкурентоспособности выпускника, обеспечивает овладение им реальными значимыми умениями.

## Источники


1. Савчиц А.В., Магдебура А.С. Разработка лабораторного стенда на базе операторской панели Siemens C7-635 с целью повышения качества образования // Молодой ученый. 2011. Т. 1, № 5 (28). С. 95–98.
2. Миняйло, Д.И., Павлюченко Е.А. Разработка учебного стенда по исследованию рабочих параметров лопастных гидравлических машин // Студенческий форум. 2018. № 10 (31). С. 59–65.
3. Что такое лабораторный стенд [Электронный ресурс]. URL: https://polit-inform.ru/cto-takoe-laboratornyi-stend/ (дата обращения: 01.11.2023).
4. Учебные стенды: типы и особенности выбора [Электронный ресурс]. URL: https://am-world.ru/uchebnye-stendy-tipy-i-osobennosti-vybora/ (дата обращения: 01.11.2023).
5. Павлова И.В., Потапов А.А. Опыт разработки лабораторных стендов студентами в рамках проектного обучения // Преподаватель XXI век. 2021. № 1. С. 114–120.
6. Саяпин, А.П., Константинова Е.В. Разработка лабораторного стенда «Релейно-контакторная система управления асинхронным электродвигателем» // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. 2013. Т. 1. С. 76–79.

УДК37.047

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ И ФОРМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ УЧАЩИХСЯ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ КЛАСТЕРЕ

Федотов Станислав Владимирович[1], Гарифуллина Резеда Равильевна[2],
Завада Галина Владимировна[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]fedotooof@mail.ru

Статья рассматривает сложности, с которыми сталкиваются учащиеся при выборе будущей профессии в контексте энергетического образовательного кластера. Анализируются эффективности методов профориентации, включая работы А. Джонсона и Б. Коллинза и С. Харриса. Уделяется внимание опыту Республики Татарстан, где активно развиваются мероприятия, такие как ярмарки профессий, для поддержки выбора будущей профессии учащимися. Исследование ставит своей целью систематический анализ профориентационных аспектов в контексте Республики Татарстан и их влияния на развитие энергетического кластера.

**Ключевые слова:** профориентация, энергетический образовательный кластер, выборпрофессии, учащиеся среднего звена, методы и формы профессиональной ориентации, эффективность профориентационных мероприятий.

# THE ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF EXISTING METHODS AND FORMS OF PROFESSIONAL ORIENTATION FOR STUDENTS IN THE ENERGY EDUCATION CLUSTER

Fedotov Stanislav Vladimirovich[1], Garifullina Rezeda Ravilevna[2],
Zavada Galina Vladimirovna[3]
[1,2,3]KSPEU, Kazan
[1]fedotooof@mail.ru

The article explores the challenges that students face when choosing their future profession within the context of the energy education cluster. It analyzes the effectiveness of career guidance methods, including the works of A. Johnson and B. Collins and S. Harris. Special attention is given to the experience of the Republic of Tatarstan, where initiatives such as career fairs actively support students in their career choices. The energy cluster in the region offers extensive opportunities for development and education in the field of energy. The study aims to systematically analyze career guidance aspects in the context of the Republic of Tatarstan and their impact on the development of the energy cluster.

**Keywords:** career guidance, energy education cluster, career choice, middle-tier students, methods and forms of professional orientation, effectiveness of career guidance events, regional experience.

Профессиональная ориентация играет важную роль в формировании будущей карьеры школьников. Этот этап определяет, насколько успешно они смогут интегрироваться в мир труда и внести свой вклад в общественное развитие. В энергетическом образовательном кластере, являющемся важным компонентом образовательной системы, проблема профориентации особенно актуальна [1]. Исследование эффективности методов и форм профессиональной ориентации учащихся среднего звена в энергетическом образовательном кластере представляет актуальную тему в современной образовательной практике. Энергетический сектор играет важную роль в экономическом развитии многих стран, и, следовательно, необходимо обеспечить качественное образование и профессиональную ориентацию для будущих специалистов в этой области. Эффективность существующих методов и форм ориентации учащихся является ключевым аспектом достижения этой цели.

Существует множество методов и подходов к этому процессу. Стоит обратить внимание на исследования, проведенные в данной области А. Джонсоном и Б. Коллинзом в своей работе «Оценка эффективности методов профессиональной ориентации в энергетическом образовании» исследовали различные подходы к профессиональной ориентации обучающихся в этом секторе [2].

Сначала был произведен обзор существующих методов и подходов к профессиональной ориентации, охватывая как теоретические, так и практические аспекты. Они анализировали роль проектной деятельности, мастер-классов, стажировок, а также других форм профессиональной ориентации в образовательных программах. Важным аспектом исследования было выяснение, какие методы наиболее успешно способствуют формированию интереса студентов к энергетической индустрии и помогают им определить свои профессиональные предпочтения.

Исследование С. Харриса «Роль семинаров в профессиональной ориентации в энергетическом образовательном кластере» подчеркивает важность создания специализированных семинаров для учащихся [3]. Автор считает, что семинары, ориентированные на конкретные профессиональные навыки, оказались наиболее эффективными для студентов этой области. Процесс профессиональной ориентации имеет решающее значение для формирования интересов и выбора будущей карьеры учащихся. В работе Д. Холланда «Типы личности и профессии» представлена теория о взаимосвязи личностных характеристик с профессиональным выбором [4]. В этой теории Холланд представляет концепцию о том, как личностные характеристики человека могут влиять на выбор профессии и успешную карьеру.

Эффективность профессиональной ориентации зависит от выбора методов и форм, которые ориентированы на практические навыки и интерактивное взаимодействие обучающихся. Дальнейшие исследования и разработки в этой области могут способствовать более эффективному образованию будущих специалистов в энергетической индустрии [5].

## Источники


1. Герасимов А.В., Третьякова, Л.А. Научно-образовательный кластер как механизм развития региона // Экономика и управление. 2017. № 1. С. 1026–1030.

2. Johnson A., Collins B. Assessment of the Effectiveness of Career Guidance Methods in Energy Education // Journal of Energy Pedagogy. 2017. Vol. 12, Iss. 2. Pp. 45–58.

3. Harris S. The Role of Workshops in Career Orientation in the Energy Education Cluster // Energy Education Journal. 2019. Vol. 7, Iss. 3. Pp. 112–125.

4. Holland J.L. Making vocational choices: A theory of careers. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1973. 164 p.

5. Герасимов А.В., Третьякова, Л.А. Предпосылки создания и развития научно-образовательных кластеров в условиях формирования инновационной экономики регионов Центрального федерального округа // Экономика и предпринимательство. 2017. № 8. С. 281–286.

УДК 778.64

# ТЕХНОЛОГИИ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК НАИБОЛЕЕ ПРИОРИТЕТНЫЕ СОВРЕМЕННЫЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Хамитов Айнур Радикович[1], Шарипов Ильнар Ильдарович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]ainurkhamitov322@gmail.com, [2]sharipov.ii@mail.ru

В статье рассматриваются технологии аддитивного производства как наиболее приоритетные современные цифровые технологии. Даются понятия аддитивных технологий, их виды, направления, преимущества и применение технологий на производстве.

**Ключевые слова:** аддитивные технологии, инновации, 3D-печать, производство, промышленность, технологии изготовления, многомерные объекты.

# ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGIES AS THE MOST PRIORITY MODERN DIGITAL TECHNOLOGIES

Khamitov Ainur Radikovich[1], Sharipov Ilnar Ildarovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]ainurkhamitov322@gmail.com, [2]sharipov.ii@mail.ru

The article discusses additive manufacturing technologies as the most priority modern digital technologies. The concepts of additive technologies, their types, directions, advantages and application of technologies in production are given.

**Keywords**: additive technologies, innovation, 3D printing, production, industry, manufacturing technologies, multidimensional objects.

Нынешние темпы формирования промышленности требуют подбора технологий изготовления, требующих минимальных расходов и исполняемых в кротчайшие сроки. Поэтому на производстве все чаще внедряются аддитивные технологии. Но наравне вместе с созданием и введением новейших технологии имеются и проблемы с пользованием этих методов.

На сегодняшний день практически нет ни одной сферы, в которой никак не используются аддитивные технологические процессы.

Как известно, имеется несколько способов 3D-печати, которые считаются аддитивными технологиями производства продуктов. Независимо от того, какое печатающее устройство применяется, создание объекта осуществляется путем послойного добавления материала.

Аддитивные технологии (Additive Manufacturing) – метод создания многомерных объектов и деталей с помощью послойного присоединения материала: пластмассы, металла, бетона и других веществ. Подобные предметы создают с помощью 3D-принтеров.

В зависимости от конечного результата выделяют ряд направлений использования аддитивных технологий:

– изготовление деталей, используемых в качестве шаблонов для конечного изделия. Зачастую используют в ювелирном деле;

– изготовление пресс-форм Их используют для формовки и литья изделий;

– прямое цифровое производство – создание конечного продукта.

Создание 3D-изделий проходит через несколько этапов:

1. 3D-моделирование, т. е. создание наброска.

2. Производство уменьшенной копии продукта из наиболее доступного материала.

3. Печать изделия после того, как копия прошла проверку.

Область применения аддитивных технологий:

– в машиностроении (гидравлические клапаны, детали, ДВС);

– в медицине (протезы, импланты, искусственные челюсти, сердечные клапаны, слуховые аппараты);

– в строительстве (дома, элементы сооружений, макеты).

Преимущества 3D-сканирования и 3D-печати:

– высокий темп работы сканирующих приборов;

– производство компонентов разной сложности и геометрии;

– точные замеры в реальных условиях эксплуатации;

– совершенствование, улучшение точности и прочности, снижение массы конечного продукта;

– измерение различных объектов, вне зависимости от их размеров, объемов, сложности, материала и цвета;

– сокращение рисков, погрешностей и ошибок проектирования, за счет способности модификации конструкции на поздних стадиях проектирования;

– способность интеграции в автоматизированные системы;

– управление физико-механическими качествами;

– легкость и практичность в работе;

– ускорение и понижение цены производства.

Таким образом, аддитивные технологии – это инновационный метод производства объектов, который позволяет изготавливать изделия сложной формы и конструкции, при этом уменьшая время и расходы на изготовление. Технологии аддитивного производства представляют собой наиболее приоритетные современные цифровые технологии, которые имеют огромный потенциал для трансформации различных отраслей промышленности.

Однако, несмотря на все преимущества, применение аддитивных технологий также имеет ряд недостатков. В первую очередь, стоимость оборудования, а также сырье для печати может оказаться крайне высокой. Кроме того, сложность обработки изделий после производства методами аддитивных технологий также является проблемой.

## Источники


1. Токарева Ю. Аддитивные технологии и их возможности [Электронный ресурс]. URL: https://trends.rbc.ru/trends/futurology/6284222d9a79472c8b9a67bc (дата обращения: 09.11.2023).
2. Аддитивные технологии – новый тренд или эффективное решение в условиях дефицита импорта? [Электронный ресурс]. URL: https://vc.ru/u/2076436-akademiya-cifra-cifra/777621-additivnye-tehnologii-novyy-trend-ili-effektivnoe-reshenie-v-usloviyah-deficita-importa (дата обращения: 09.11.2023).
3. Зленко М.А., Попович А.А., Мутылина И.Н. Аддитивные технологии в машиностроении: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2013. 222 с.
4. Валетов В.А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы): учеб. пособие. СПб.: Университет ИТМО, 2015. 63 с.

## Направление 5. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА НА ОБЪЕКТАХ ЖКХ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК 621.315.62

# ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИЗОЛЯТОРАХ

Вагапов Айдар Ильшатович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
aydar.vagapoff@yandex.ru

В последние годы ученые занимаются изучением проблем, связанных с повреждениями изоляции, вызванными частичными разрядами в воздушных линиях электропередачи и высоковольтных изоляторах. Поэтому создание эффективной методики обнаружения частичных разрядов может способствовать значительной экономии на техническом обслуживании и предотвращению сбоев в электроснабжении. В данной работе предлагается использовать нейронные сети для обнаружения частичных разрядов.

**Ключевые слова:** частичные разряды, высоковольтные изоляторы, искусственные нейронные сети, мониторинг, локализация дефектов, обучение сети.

# APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK FOR DETECTION OF PARTIAL DISCHARGES IN HIGH VOLTAGE INSULATORS

Vagapov Aidar Ilshatovich
KSPEU, Kazan
aydar.vagapoff@yandex.ru

In recent years, scientists have been studying the problems associated with insulation damage caused by partial discharges in overhead power lines and high-voltage insulators. Therefore, the development of an effective partial discharge detection technique can lead to significant savings in maintenance costs and the prevention of power failures. This paper proposes to use neural networks to detect partial discharges.

**Keywords:** partial discharges, high-voltage insulators, artificial neural networks, monitoring, defect localization, network training.

Современное общество зависит от надежной и непрерывной подачи электроэнергии для функционирования инфраструктуры. Сбои в системе электроснабжения могут привести к значительным негативным последствиям для промышленных предприятий, зависящих от постоянного электроснабжения. Поэтому электроэнергетика должна обеспечивать высокую

надежность и наличие эффективных систем обнаружения неполадок, гарантирующих стабильность и непрерывность работы распределительных сетей. Ухудшение состояния изоляции является одной из главных причин выхода электрооборудования из строя [1, 2].

Для раннего обнаружения повреждения изоляции и предотвращения полного сбоя системы необходим постоянный мониторинг электрооборудования. С данной задачей могут справится алгоритмы глубокого обучения и искусственные нейронные сети (ИНС) [3].

На рис. 1 представлена общая структура предполагаемого метода мониторинга частичных разрядов (ЧР) включающего ИНС.

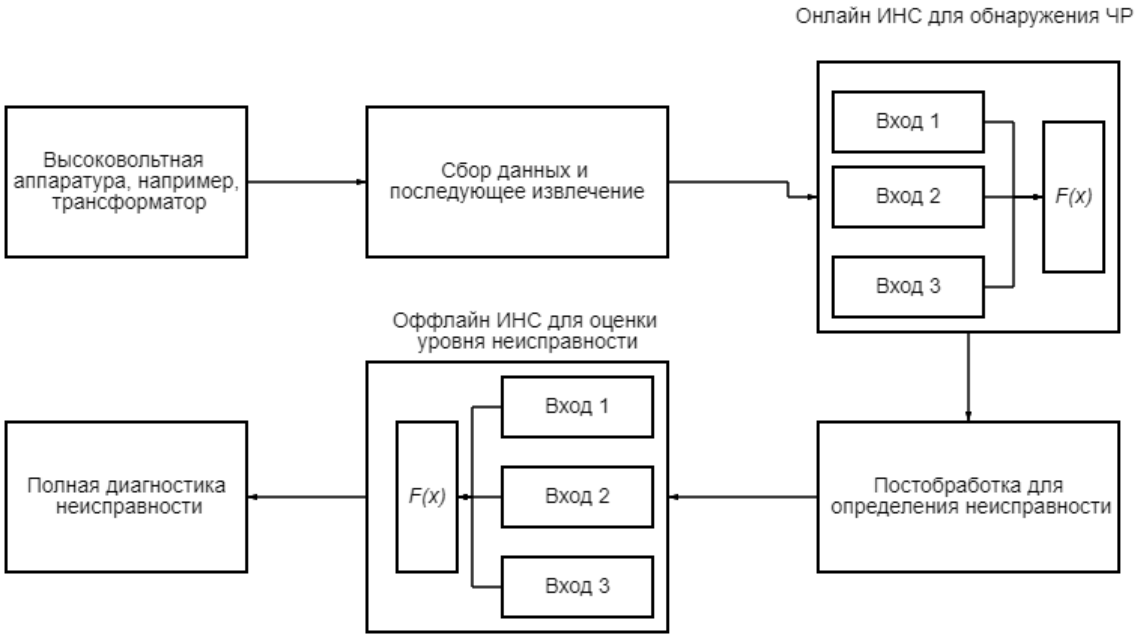



Рис. 1. Предлагаемый онлайн/оффлайн мониторинг состояния ЧР с использованием искусственной нейронной сети

ИНС может функционировать в онлайн и офлайн режимах (в последнем случае ИНС является автономной).

В первом случае ИНС используют для обнаружения неисправности, а во втором – для отслеживания уровня ухудшения изоляции, что обеспечивает значительный потенциал для улучшения функций систем мониторинга установки. Оценка деградации проводится в автономном режиме из-за повторяющихся схем обучения и тестирования задействованной ИНС [4].

Для обработки ЧР необходимо обучить ИНС [5]. Для обучения ИНС подходит алгоритм обратного распространения ошибки. Этот алгоритм представляет собой форму контролируемого обучения ИНС с прямыми

связями и состоит из двух этапов: прямого и обратного прохождения. Обучение происходит путем многократного предъявления примеров входных и желаемых выходных данных. На каждом этапе ошибка вычисляется и затем распространяется в обратном направлении до тех пор, пока веса и смещения не будут обновлены так, чтобы ошибка уменьшилась до желаемого уровня (рис. 2).

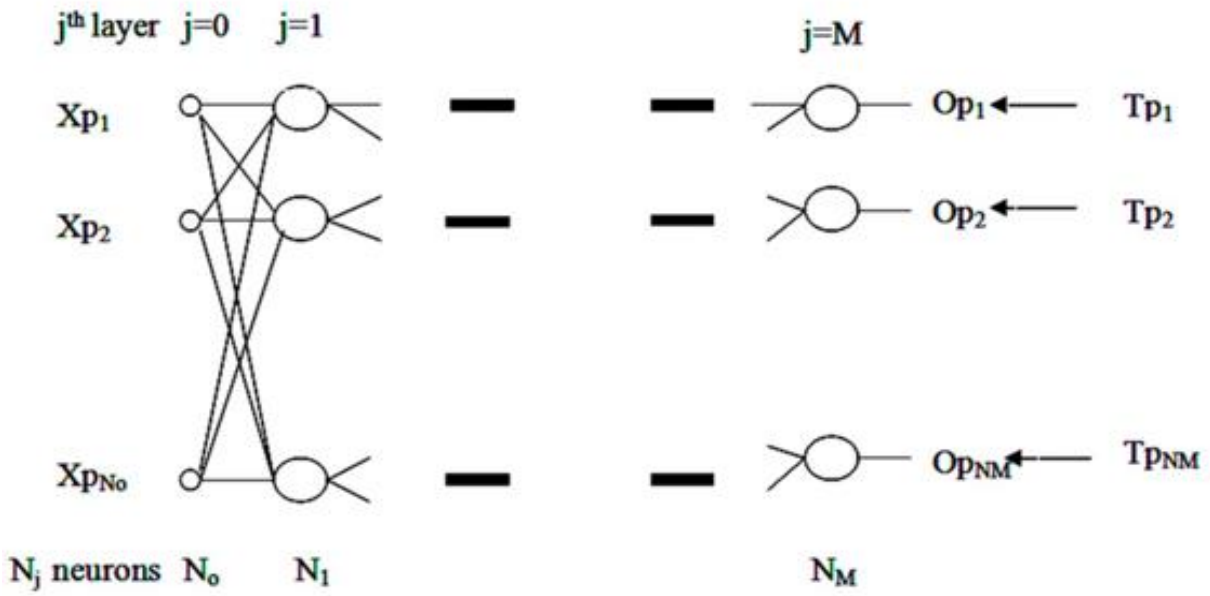



Рис. 2. Представление алгоритма обратного распространения ошибки

На рис. 2 показан процесс работы алгоритма вместе с нейронами, также известными как вычислительные элементы. Входные данные ($XP_1$, …, $XP_{No)}$ изначально распространяются по всей сети и преобразуются в выходные данные. Затем ошибка выходных данных ($TP_1$, …, $TP_{NM}$) распределяется в обратном направлении по сети, после чего веса изменяются в соответствии с методом градиентного спуска. Весь процесс продолжается до момента, когда среднеквадратическая ошибка на выходе достигает минимально приемлемого значения. Это говорит о том, что ошибка сигнала уменьшается.

Таким образом, использование ИНС для обнаружения частичных разрядов позволяет определять и предсказывать появление неполадок, тем самым уменьшая риск для работы электроэнергетической системы.

## Источники

1. Кучинский Г.С. Частичные разряды в высоковольтных конструкциях. Л.: Энергия, 1979. 233 с.

2. Вдовико В.П. Частичные разряды в диагностировании высоковольтного оборудования. Новосибирск: Наука, 2007. 155 с.

3. Ростовцев В.С. Искусственные нейронные сети: учебник для вузов. 2-е изд., стер. СПб.: Лань, 2021. 216 с.

4. What are neural networks? [Электронный ресурс]. URL: https://www.ibm.com/topics/neural-networks (дата обращения: 30.10.2023).

5. Искусственные нейронные сети: учебник / В.В. Цехановский [и др.]; под ред. В.В. Цехановского. М.: КноРус, 2023. 350 с.

УДК 621.315

# РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО КОДА СВЕТОДИОДНОЙ ИНДИКАЦИИ ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА STM32

Валюк Анастасия Сергеевна[1], Якупов Нияз Маратович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]anastasia.valyuk@mail.ru, [2]janijaz@yandex.ru

На сегодняшний день светодиодные индикаторы являются неотъемлемой частью современных электронных устройств. В статье представлено программное обеспечение, которое обеспечивает эффективное управление светодиодной индикацией и оптимизацию энергопотребления. Для реализации данного программного кода используется микроконтроллер STM32, который обеспечивает точное управление светодиодами.

**Ключевые слова:** светодиоды, сигнальные индикаторы, программное обеспечение, микроконтроллер STM32, энергопотребление.

# IMPLEMENTATION OF THE PROGRAM CODE OF THE LED DISPLAY FOR THE STM32 MICROCONTROLLER

Valyuk Anastasia Sergeevna[1], Yakupov Niyaz Maratovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]anastasia.valyuk@mail.ru, [2]janijaz@yandex.ru

To date, LED indicators are an integral part of modern electronic devices. The article presents software that provides effective control of the LED display and optimization of energy consumption. To implement this program code, the STM32 microcontroller is used, which provides precise control of the LEDs.

**Keywords:** LEDs, signal indicators, software, STM32 microcontroller, power consumption.

С течением времени технологии электронных устройств [1] продолжают совершенствоваться, что приводит к возрастанию спроса на более компактные, эффективные и экономичные решения. Светодиоды являются одним из наиболее востребованных типов сигнальных индикаторов, применяемых в современных электронных устройствах. Управление светодиодной индикацией требует эффективной программной реализации, чтобы обеспечить правильную работу и оптимизацию энергопотребления.

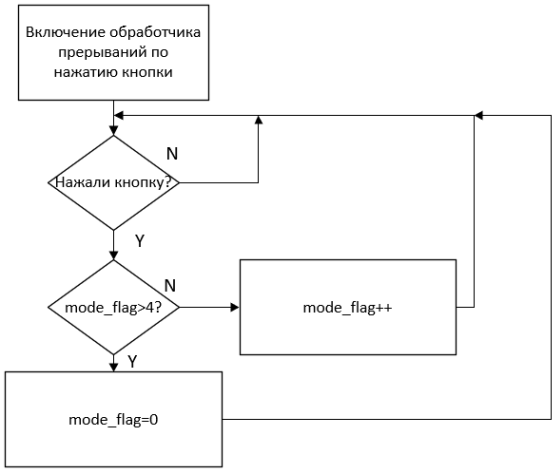
Светодиодные индикаторы [2] представляют собой электронные компоненты, применяемые для визуализации информации на устройствах простого типа, таких как дисплеи, табло, пульты управления и другие. Они могут быть использованы в сочетании с микроконтроллерами для отображения разнообразных строковых и числовых значений. У микроконтроллера для передачи информации во внешний мир имеются порты ввода/вывода. Светодиоды [3] будут подключены к выводам этих портов. Однако

каждый вывод порта имеет ограничение по току, который может протекать через него. В случае использования микроконтроллера STM32F103C8T6 максимальный ток, который может протекать через все контакты микроконтроллера, составляет 125 мА, а максимально допустимый ток через один контакт равен 25 мА. Превышение этого значения может привести к выходу микроконтроллера из строя.

Чтобы эффективно управлять светодиодной индикацией, нам нужно написать специальное программное обеспечение на языке С. Оно должно точно управлять светодиодами и оптимизировать энергопотребление. Мы собираемся разработать это программное обеспечение для микроконтроллера STM32 [4], который имеет достаточную производительность и возможности для управления светодиодами. Некоторые микроконтроллеры предоставляют специальные библиотеки и функции для управления светодиодными индикаторами, которые могут значительно упростить процесс написания программы [5].

На рисунке слева приведен алгоритм работы обработчика прерываний по нажатию кнопки, который изменяет флаг режима работы, приостанавливая работу основной программы.

Разработанное программное обеспечение на языке С (см. рисунок) позволяет использовать устройство как световой автомат для управления линейкой из восьми светодиодов. Устройство обеспечивает включение только четных или только нечетных светодиодов, а также способно включать и выключать все светодиоды. Кроме того, есть режим отображения температуры с датчика, который подключен к микроконтроллеру.




```c
#include "main.h"

/* Private includes ----------------------------------------------------------*/
/* USER CODE BEGIN Includes */
#include "stdio.h"
/* USER CODE END Includes */

/* Private variables ---------------------------------------------------------*/
ADC_HandleTypeDef hadc1;
/* USER CODE BEGIN PV */
uint8_t mode_flag=0;
/* USER CODE END PV */

/* Private function prototypes -----------------------------------------------*/
void SystemClock_Config(void);
static void MX_GPIO_Init(void);
static void MX_ADC1_Init(void);

/* USER CODE BEGIN PFP */
void switchLedBar(uint8_t modeNum);
/* USER CODE END PFP */

int main(void)
{
   /* MCU Configuration--------------------------------------------------------*/

  /* Reset of all peripherals, Initializes the Flash interface and the Systick. */
  HAL_Init();

  /* Configure the system clock */
  SystemClock_Config();

   /* Initialize all configured peripherals */
  MX_GPIO_Init();
  MX_ADC1_Init();

  /* USER CODE BEGIN WHILE */
  while (1)
  {
    switchLedBar(mode_flag);


    /* USER CODE END WHILE */

    /* USER CODE BEGIN 3 */
  }
  /* USER CODE END 3 */
}
```

Блок-схема обработчика прерываний по нажатию кнопки (*слева*)
и код основной программы управления светодиодной индикации (*справа*)

Сейчас одним из самых популярных типов индикаторов, которые используются в современных устройствах, являются светодиоды. Чтобы управлять ими, нужна хорошая программная реализация, способная обеспечивать правильную и энергоэффективную их работу.

Наша программа может быть полезна в разных устройствах, которым нужна светодиодная индикация, например, в промышленных автоматизированных системах. Мы можем использовать её для отображения режимов работы в энергетических системах компаний электросетевого комплекса, включая АО «Сетевая компания».

## Источники

1. Оборудование Технологии Разработки [Электронный ресурс]. URL: http://mypractic.ru/urok-1-vvedenie-obshhie-svedeniya-skoree-vpechatleniya-ob-stm32.html (дата обращения: 12.10.2023).

2. Кашкаров А.П. Устройства на светодиодах и не только. М.: ДМК Пресс, 2013. 208 с.

3. Бугров В.Е, Виноградова К.А. Оптоэлектроника светодиодов. СПб.: НИУ ИТМО, 2013. 174 с.

4. Программирование МК STM32 [Электронный ресурс]. URL: https://narodstream.ru/programmirovanie-mk-stm32/ (дата обращения: 13.10.2023).

5. Демченко В.В., Ивлиев Е.А. Отображение графической информации на светодиодных матрицах на базе микроконтроллера STM32F103C8T6 // Исследователь года: сб. ст. Междунар. науч.-исслед. конкурса. Петрозаводск, 2021. С. 258–263.

УДК 621.315

# РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО КОДА ДЛЯ МОДУЛЯ ЦИФРОВОЙ ИНДИКАЦИИ

Валюк Анастасия Сергеевна[1], Якупов Нияз Маратович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]anastasia.valyuk@mail.ru, [2]janijaz@yandex.ru

На сегодняшний день актуальной задачей является реализация и применение программ управления цифровыми индикаторами сегментного типа. В данной статье рассмотрены применения цифровых индикаторов сегментного типа для улучшения считывания данных.

**Ключевые слова:** цифровые индикаторы, модуль цифровой индикации, сегментный тип, микроконтроллер Atmega328p, программный код управления, считывание данных.

# IMPLEMENTATION OF THE PROGRAM CODE FOR THE DIGITAL DISPLAY MODULE

Valyuk Anastasia Sergeevna[1], Yakupov Niyaz Maratovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]anastasia.valyuk@mail.ru, [2]janijaz@yandex.ru

To date, an urgent task is the implementation and application of digital segment-type indicator management programs. This article discusses the use of segment-type digital indicators to improve data reading.

**Keywords:** digital indicators,digital display module, segment type, Atmega328p microcontroller, control program code, data reading.

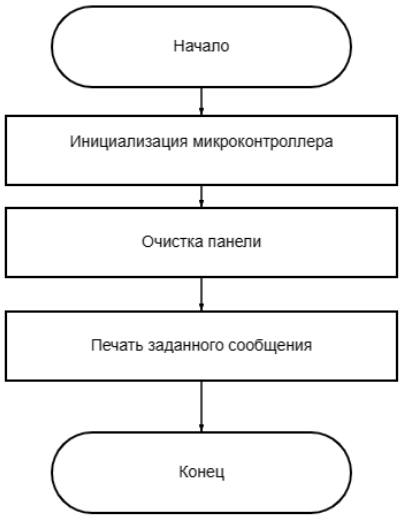
Цифровые индикаторы сегментного типа [1] являются одним из наиболее распространенных способов отображения информации в различных устройствах и механизмах, таких как часы, измерительные и бытовые приборы. Они состоят из сегментов, которые могут быть включены или выключены для отображения определенных символов или цифр. Когда используется цифровая индикация [2], есть некоторые ограничения в скорости чтения данных, такие как ограниченная частота обновления, ограниченная контрастность, что может затруднять быстрое и точное восприятие информации операторами. Для эффективного управления такими индикаторами необходимо использовать специальное оборудование, такое как микроконтроллеры.

Для написания программного кода нашего модуля цифровой индикации [3], мы выбрали микроконтроллер Atmega328p, поскольку он обладает простотой программирования с использованием языков программирования C или C++. Микроконтроллер Atmega328p [4] является одним из наиболее распространенных микроконтроллеров, широко применяемых в различных электронных устройствах и системах. Он входит в семейство микроконтроллеров AVR, разработанных компанией Atmel. Atmega328p потребляет меньше энергии благодаря возможности использования с более низкими напряжениями питания до 5 В. Это позволяет применять Atmega328p в большинстве приложений, где требуется ограничение энергопотребления.

Управление панелью для ATmega328P [5] – программа, которая позволяет отображать информацию на дисплее, управлять светодиодами и другими устройствами. Программное обеспечение состоит из нескольких модулей, каждый из которых отвечает за определенную функцию. Например, модуль дисплея отображает текст и графику, а модуль светодиодов управляет их состоянием.

Была разработана программа управления панелью индикации на языке C (см. рисунок). Программа начинает работу с инициализации портов микроконтроллера. Далее очищается индикаторная панель от старых символов. Затем запускается блок “printMessage”. Там создается массив, где каждый элемент – это индикатор, и заполняется пробелами. Программа считывает количество символов в слове, которое нужно показать на панели, и создает массив для этого слова. Каждый символ из этого массива отправляется в сдвиговой регистр в виде двухбайтового сообщения, и потом символ отображается на панели. Контакт Latch сдвиговых регистров переводится в закрытое положение, чтобы значения из буфера сдвигового регистра показывались на панели. Если введенное сообщение длиннее, чем панель может показать, то «лишние» символы не будут показаны.

Для решения ограничений цифровой индикации мы применили микроконтроллер Atmega328p для программирования нашего модуля. С помощью этого микроконтроллера мы можем легко и эффективно управлять информацией на цифровых индикаторах. Он также потребляет меньше энергии и может работать с низким напряжением, что делает его отличным выбором для разных устройств и систем. Это позволяет нам улучшить скорость и точность отображения данных, а также обеспечивает надежность и эффективность восприятия информации операторами.




```
//Вставляем сообщение в нужное нам место массива под печать на панели;
int lastIndexOfSubstring=(startingIndexOfSubstring+messageLength);
int messageIndexCounter = 0;
for (int currentIndexOfSubstring = startingIndexOfSubstring;lastIndexOfSubstring>currentIndexOfSubstring;currentIndexOfSubstring++)
{

stringToPrint[currentIndexOfSubstring]=message[messageIndexCounter++];
}
//Выдаем наш массив на панель в обратном порядке; инверсия здесь нужна т.к. по аппаратным условиям строка заполняется задом наперед
for (int counter = ACCEPTED_STRING_LENGTH; 0<=counter; --counter)
{
    eSym characterToPrint= getCodeFromChar(stringToPrint[counter]);
    printCharacter(characterToPrint);
}
latch();
}
//Работа с символами строки.
//Печать 1 символа на индикаторе.
void printCharacter(eSym characterToPrintCode)
{
uint8_t higherBits, lowerBits;
```

Блок-схема управления панелью для ATmega328P (*слева*) и программный код на языке C (часть программы справа), выполняющий вставку сообщения в нужное место массива под печать на панели, выдачу массива на панель в обратном порядке, работу с символами строки

## Источники

1. Кашкаров А.П. Устройства на светодиодах и не только. М.: ДМК Пресс, 2013. 208 с.

2. Патраль А.В. Устройство для индикации: пат. № 2037886 Рос. Федерация № RU2005107273/28A; заявл. 03.15.2005; опубл. 27.04.2007.

3. Лисицын Б.Л. Отечественные приборы индикации и их зарубежные аналоги. М.: Радио и связь, 1993. 217 с.

4. Адигамова Р.Ф., Ихсанова З.Ф., Мухаметвалеева Д.Р. Возможности и преимущества работы на платформе Arduino // Научные достижения и открытия современной молодёжи: сб. ст. VI Междунар. науч.-практ. конф. Пенза, 2019. С. 71–73.

5. Карпов Е.К., Кузнецова Е.М. Программно-аппаратная реализация преобразователя управляющих воздействий на базе микроконтроллера Atmega328p // Интеллектуальные системы в производстве. 2018. Т. 16, № 4. С. 95–102.

УДК 621.3.048

# АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ БЕСКОНТАКТНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ

Голенищев-Кутузов Александр Вадимович[1], Семенников Антон Владимирович[2],
Иванов Дмитрий Алексеевич[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]alex.kutuzov@mail.ru, [2]campoce6e@gmail.com, [3]divanale@gmail.com

Рассмотрены особенности регистрации и измерения параметров частичных разрядов в высоковольтной изоляции акустическим методом. Предложена автоматизированная система мониторинга технического состояния высоковольтных изоляторов, позволяющая измерять акустические импульсы частичных разрядов и локализовывать место их генерации. Своевременное выявление дефектов высоковольтных изоляторов является актуальной проблемой и позволяет прогнозировать остаточный ресурс их работы.

**Ключевые слова:** высоковольтные изоляторы, бесконтактный неразрушающий контроль, частичные разряды, акустический датчик, метод локализации во времени, остаточный ресурс.

# AUTOMATED CONTACTLESS DEVICE FOR MONITORING PARTIAL DISCHARGES

Golenishchev-Kutuzov Alexander Vadimovich[1], Semennikov Anton Vladimirovich[2],
Ivanov Dmitry Alekseevich[3]
[1,2,3]KSPEU, Kazan
[1]alex.kutuzov@mail.ru, [2]campoce6e@gmail.com, [3]divanale@gmail.com

Features of registration and measurement of parameters of partial discharges in high-voltage insulation by acoustic method are considered. An automated system for monitoring the technical condition of high-voltage insulators is proposed, which allows measuring acoustic pulses of partial discharges and localizing the place of their generation. Timely detection of defects in high-voltage insulators is an urgent problem and allows you to predict the remaining life of their work.

**Keywords:** high-voltage insulators, non-contact non-destructive testing, partial discharges, acoustic sensor, time localization method, residual life.

Онлайн мониторинг в процессе эксплуатации может снизить риск выхода из строя высоковольтного оборудования из-за повреждений высоковольтной изоляции, так как это позволяет перейти от разового контроля параметров частичных разрядов (ЧР) к непрерывному и контролировать развитие дефектов, а, следовательно, и прогнозировать остаточный ресурс высоковольтных изоляторов (ВИ) [1, 2].

ЧР – это сложное физическое явление, состоящее из локализованного электрического разряда, вызванного частичным пробоем изолирующей среды. ЧР генерируют электромагнитные и акустические волны, излучают свет и тепло, вызывают химическое разложение изоляционных материалов. Согласно существующим стандартам [3, 4] для контроля технического состояния высоковольтной изоляции используются электромагнитный, акустический, оптический и химический методы. Выбор подходящего метода зависит от типа диагностируемого оборудования [1].

Разработанная автоматизированная система мониторинга технического состояния ВИ может применяться для диагностики как опорных, так и подвесных ВИ. При этом блоки бесконтактного диагностического устройства (БДУ) устанавливаются вблизи ВИ.

Для измерения ЧР используются узконаправленные приемные антенны электромагнитных, акустических и оптических волн различной формы, затем производится триангуляция местоположения события частичного разряда в 3-х измерениях. Нами предлагается использовать автоматизированное бесконтактное диагностическое устройство, блок-схема которого представлена на рис. 1.

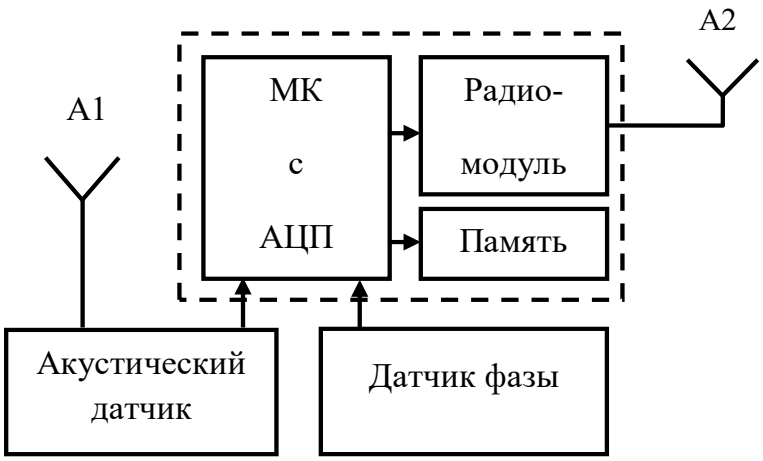



Рис. 1. Блок-схема БДУ: А1 – приемник акустического датчика; А2 – антенна для передачи данных; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; МК – микроконтроллерный блок обработки

Основные измерения в диагностическом устройстве проводятся с помощью акустического датчика и датчика фазы. Диагностическое устройство устанавливается на фазный провод на заранее определенном расстоянии от точки подвеса провода. Акустический датчик с помощью приемника измеряет акустические сигналы, излучаемые ЧР [5]. Для измерения акустических импульсов от ЧР используются частоты от 10 до 80 кГц. После цифровой обработки в АЦП полученные данные с двух датчиков

обрабатываются микроконтроллером и сохраняются. Комплекс из трех диагностических устройств (по одному устройству на фазном проводе высоковольтной линии электропередачи) представляет собой приемную антенную решетку (рис. 2).

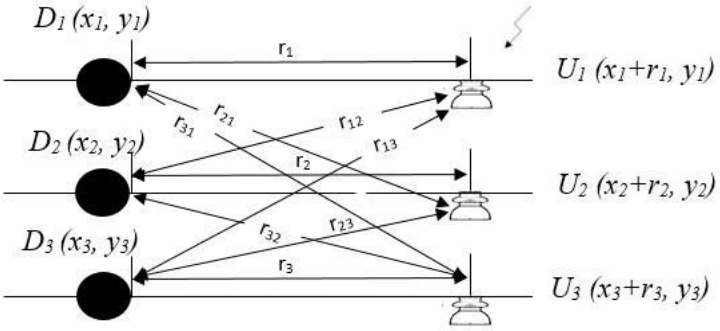



Рис. 2. Схема установки БДУ

Определяется разница во времени прихода между принятыми сигналами на каждом из соответствующих диагностических устройств, что позволяет вывести трехмерное положение источника акустического сигнала. Три бесконтактных диагностических устройства устанавливаются вблизи каждого ВИ на каждый фазный провод ($D_1$ – $D_3$) на определенном известном расстоянии от ВИ – $r_i$, где $i$ – порядковый номер датчика ($i = 1...3$). Знание координат каждого диагностического устройства, установленного на фазном проводе, позволяет рассчитать время распространения от акустического импульса источника ЧР до соответствующих диагностических устройств.

## Источники

1. Детектирование акустических сигналов частичных разрядов на дефектах изоляционного оборудования / А.В. Голенищев-Кутузов [и др.] // Омский научный вестник. 2021. № 6 (180). С. 48–55.

2. Генерация критических акустических импульсов в высоковольтных изоляторах посредством индуцированных полей частичных разрядов / А.В. Голенищев-Кутузов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2023. Т. 25, № 1. С. 154–165.

3. Международный стандарт IEC 60060-1.2010 Методы испытаний высоким напряжением. Женева: IEC, 2010. 154 с.

4. ГОСТ Р 55191-2012. Методы испытаний в высоком напряжении. Измерения частичных разрядов. М.: Стандартинформ, 2014. 44 с.

5. Комплексная бесконтактная диагностика работоспособности высоковольтных изоляторов / А.В. Голенищев-Кутузов [и др.] // Дефектоскопия. 2019. № 8. С. 34–40.

УДК 621.37/39:534

# МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОДНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ

Кротов Владимир Иванович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
vikrotov1@mail.ru

Предлагается метод отождествления импульсного отклика встречно-штыревого преобразователя с радиоимпульсом, что позволяет использовать программные средства, например, «Multisim». Данный метод сравнительно простой и может быть применен при разработках акустоэлектронных устройств, а также использоваться в учебном процессе в качестве исследования «виртуального» встречно-штыревого преобразователя.

**Ключевые слова:** импульсный отклик, радиоимпульс, частотная характеристика, поверхностная акустическая волна, встречно-штыревой преобразователь.

# METHOD OF CALCULATING FREQUENCY CHARACTERISTIC OF ELECTRODE CONVERTER ON SURFACE ACOUSTIC WAVES

Krotov Vladimir Ivanovich
KSPEU, Kazan
vikrotov1@mail.ru

A method is proposed for identifying the pulse response of a counter-pin converter with a radio pulse, which allows using software tools, for example, “Multisim”. This method is relatively simple and can be applied in the development of acousto-electronic devices, as well as used in the educational process as a study of a “virtual” counter-pin converter.

**Keywords:** pulse response, radio pulse, frequency characteristic, surface acoustic wave, counter-pin converter.

Наиболее важным элементом акустоэлектронного устройства, определяющим его частотно-временные характеристики, является встречно-штыревой преобразователь (ВШП), преобразующий электрический сигнал в поверхностную акустическую волну (ПАВ) и наоборот [1]. Конфигурация ВШП определяет импульсный отклик, а преобразование Фурье от импульсного отклика – частотную характеристику ВШП. Как правило, расчет частотно-временных характеристик ВШП проводится с использованием модели δ-источников [2]. Данный расчет требует от разработчика достаточной подготовки в области математики и физики твердого тела. В этой статье предлагается метод отождествления импульсного отклика

ВШП с радиоимпульсом, что позволяет использовать программные средства, например, «Multisim». Данный метод сравнительно простой и может быть применен при разработках акустоэлектронных устройств, а также использоваться в учебном процессе в качестве исследования «виртуального» ВШП [3]. Кроме того, частотная характеристика ВШП просто рассчитывается на основе спектра радиоимпульса, а результат совпадает с расчетом по модели δ-источников.

Для расчета частотной характеристики ВШП необходимо ввести некоторые параметры ВШП: $N$ – общее количество штырей; электрическое поле изменяет знак на каждой смежной паре штырей и возбуждаемый сигнал деформации оказывается периодическим; его пространственный период равен удвоенному расстоянию $d$ между осями соседних штырей; длительность сигнала θθ равна активной длине преобразователя $L = (N – 1)d$, деленной на скорость волн Рэлея:

$$\theta = \frac{(N-1)\,d}{V_R} = \frac{(N-1)}{2\,f_0}, \qquad (1)$$

где $f_0 = V_R/2d$ – частотf синхронизма или резонансная частота.

Рассчитаем спектр симметричной относительно оси ординат последовательности прямоугольных радиоимпульсов, так как импульсный отклик преобразователя с одинаковой длиной электродов идентичен прямоугольному радиоимпульсу той же частоты:

$$U_{mn} = \frac{2}{T}\int_{-t_и/2}^{t_и/2} U_m \cos\omega_н t \cos n\Omega t dt = \frac{2U_m}{T}\left[\frac{\sin(\omega_н - n\Omega)\frac{t_и}{2}}{\omega_н - n\Omega} + \frac{\sin(\omega_н + n\Omega)\frac{t_и}{2}}{\omega_н + n\Omega}\right]. \qquad (2)$$

Здесь $T = 2\pi/\Omega$ и $\Omega$ – соответственно период и частота следования импульсов; $\omega_н$ – несущая частота; $U_m$ – амплитуда радиоимпульса; $t_и$ – длительность радиоимпульса.

Отсюда следует, что амплитуды гармонических составляющих резко возрастают в районе значений частот, близких к $n\Omega \approx \omega_н$. Но в этом районе значений $n$ второе слагаемое в выражении (2) значительно меньше первого, и им можно пренебречь. Переходим при $T \to \infty$ к спектральной плотности $S(\omega) = U_m T$ и $n\Omega \to \omega = 2\pi f$:

$$S(f) = 2U_m \left| \frac{\sin 2\pi (f - f_0) \frac{t_и}{2}}{2\pi (f - f_0)} \right| \tag{3}$$

и учитывая, что при отождествлении импульсного отклика ВШП с радиоимпульсом $t_и = \theta$, получаем:

$$S(f) = U_m \theta \left\{ \frac{\sin\left[ (N-1) \frac{\pi}{2} \frac{(f - f_0)}{f_0} \right]}{(N-1) \frac{\pi}{2} \frac{(f - f_0)}{f_0}} \right\}. \tag{4}$$

Эта частотная характеристика представляет собой преобразование Фурье от импульсного отклика преобразователя с одинаковой длиной электродов и имеет вид функции sin$x$/$x$.

Полученная простым способом частотная характеристика ВШП совпадает с результатами расчетов по другим моделям.

## Источники

1. Кротов В.И. Устройства на поверхностных акустических волнах: учеб. пособие. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2006. 160 с.

2. Интегральные пьезоэлектрические устройства фильтрации и обработки сигналов: справ. пособие / В.В. Дмитриев [и др.]; под ред. Б.Ф. Высоцкого, В.В. Дмитриева. М.: Радио и связь, 1985. 176 с.

3. Исследование амплитудно-частотной характеристики электродного преобразователя ПАВ в программной среде Multisim: метод. указания к лабораторной работе / сост. В.И. Кротов. Казань: КГЭУ, 2017. 16 с.

УДК 628.168.3

# РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВКОЙ ДЕАЭРИРОВАНИЯ ВОДЫ

Кузнецов Глеб Витальевич[1], Якупов Нияз Маратович[2]
[1]glebkuz18@gmail.com, [2]janijaz@yandex.ru

В статье рассмотрены методы автоматизации управления установками деаэрирования воды и контроля параметров происходящего процесса. Также предоставлена программа на среде программирования CoDeSys для программируемого логического контроллера.

**Ключевые слова**: деаэрирование воды, автоматизация, контроль параметров, программируемый логический контроллер, датчики.

# DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR A WATER DEAERATION INSTALLATION

Kuznecov Gleb Vital'evich[1], Yakupov Niyaz Maratovich[2]
[1]glebkuz18@gmail.com, [2]janijaz@yandex.ru

The article discusses methods for automating the control of water deaeration installations and monitoring the parameters of the ongoing process. A program in the CoDeSys programming environment for a programmable logic controller is also provided

**Key words**: Water deaeration, automation, parameter control, programmable logic controller, sensors.

Наблюдение и контроль за внутренними параметрами деаэрационной установки [1] решается добавлением датчиков [2], измеряющих температуру, давление и содержание кислорода в воде внутри бака.

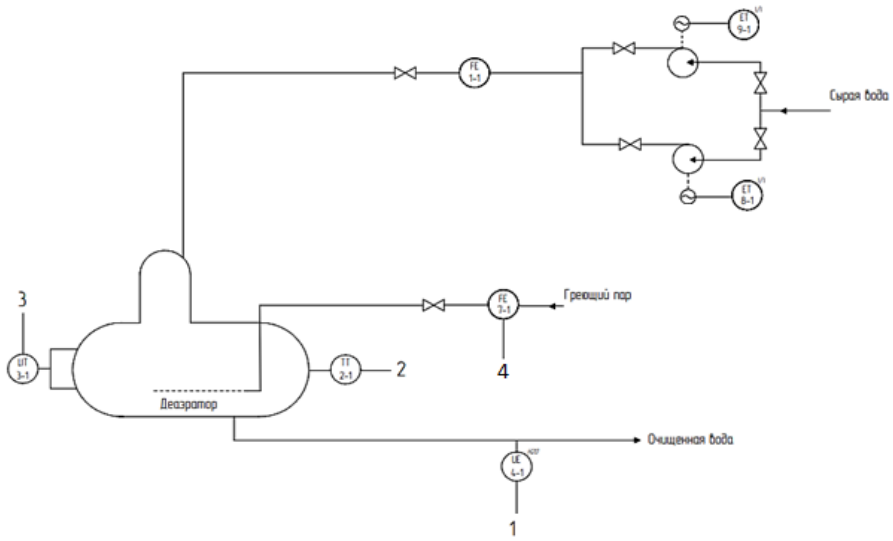



Рис. 1. Схема деаэратора: *1* – устройство подготовки пробы, снижающее давление и температуру, после которого уже устанавливается датчик кислорода; *2* – датчик температуры воды в баке; *3* – байпасный указатель, показывающий уровень воды в баке; *4* – датчик давления

Данные с датчиков отправляются в программируемый логический контроллер (ПЛК). С помощью чего будет легко определить параметры процесса, сверить их с надлежащими или передать эту информацию для принятия решений на разных уровнях управления производством. Разрабатываемая программа(SCADA система [3]) написана в среде CoDeSys [4] на языке CFC (Continuous Flow Chart). Программа работает следующим образом. Данные с установленных датчиков передаются в управляющую программу на ПЛК. Он обрабатывает сигналы от датчиков и формирует команды для изменения параметров установки.

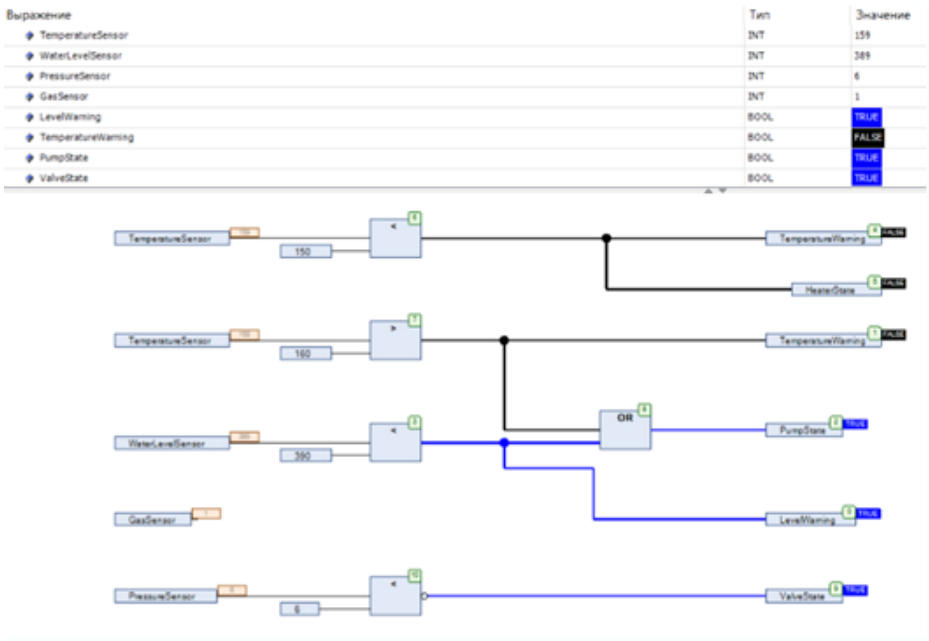



Рис. 2. Программа управления деаэратором для ПЛК на языке CFC

Сигналы датчиков сравниваются с допустимыми значениями для формирования предупредительных сигналов о выходе значений параметров за рамки допустимых значений.

Таким образом, с помощью данной программы и датчиков можно точно определять параметры установки и легко регулировать их с одного рабочего места. А также из-за автоматизации повыситься и качество обработки воды.

## Источники

1. Аглиуллин М.Н. Модернизация автоматизированной системы управления технологическим процессом деаэрации химически очищенной воды // Academic Success: сб. ст. Междунар. науч.-исслед. конкурса. Петрозаводск, 2022. С. 63–69.

2. Гильфанов К.Х., Арапов В.А. Проектирование автоматизированных систем: учеб. пособие. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2006. 290 с.

3. Каюков И.Ю. Уровни построения АСУТП [Электронный ресурс] // Международный студенческий научный вестник. 2021. № 6. URL: https://eduherald.ru/ru/article/view?id=20785 (дата обращения: 28.10.2023).

4. Новиков С.О. Возможности системы программирования CoDeSys при разработке программного обеспечения и проектировании микропроцессорных систем управления [Электронный ресурс] // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2009. № 1. URL: https://energy.bntu.by/jour/article/view/750 (дата обращения: 28.10.2023).

УДК 621.3.048

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИБОРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Малаева Ева Денисовна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
malaeva_eva01@mail.ru

Измерение электрических и диэлектрических характеристик высоковольтных изоляторов является важным аспектом научных исследований в области электротехники. Данная аннотация рассматривает применение различных приборов в таких исследованиях.

**Ключевые слова:** высоковольтные изоляторы, диэлектрическая проницаемость, пробой изолятора, емкость

# THE USE OF DEVICES FOR MEASURING ELECTRICAL AND DIELECTRIC CHARACTERISTICS OF HIGH-VOLTAGE INSULATORS IN SCIENTIFIC RESEARCH

Malaeva Eva Denisovna
KSPEU, Kazan
malaeva_eva01@mail.ru

Measurement of electrical and dielectric characteristics of high-voltage insulators is an important aspect of scientific research in the field of electrical engineering. This abstract examines the use of various devices in such studies.

**Keywords:** high-voltage insulators, permittivity, insulator breakdown, capacitance

Изоляторы – это один из ключевых компонентов электроэнергетических систем, предназначенных для поддержания электрической изоляции между проводящими элементами. Высоковольтные изоляторы играют особенно важную роль в высоковольтных электрических системах, включая электростанции, передачу электроэнергии и электроустановки [1].

В целях обеспечения надлежащей работы высоковольтных изоляторов и предотвращения их повреждений, проводятся научные исследования, в том числе измерение электрических и диэлектрических характеристик [2]. В данной статье будет рассмотрено использование приборов для измерения этих характеристик в научных исследованиях.

**Методы измерения электрических характеристик.** 1. Измерение удельной электрической прочности (пробоя) изоляторов.

Одним из наиболее распространенных методов является метод шаровой проволоки. Данный метод основан на применении определенного диаметра проволоки и измерении напряжения, при котором происходит ударная дуговая пробойная дуга через изолятор.

2. Измерение емкости изолятора.

Измерение емкости изолятора проводится с помощью таких приборов, как мосты емкостей или мультиметры. Эти инструменты позволяют измерить емкость изолятора и оценить электрическое поле вокруг него [3].

3. Измерение диэлектрической проницаемости.

Методы измерения диэлектрической проницаемости включают использование приборов, таких как резонансные приборы и капазиторные мосты. В результате измерений можно получить информацию о диэлектрической проницаемости материала изолятора.

**Приборы, применяемые для измерения характеристик изолятора.**

1. Мегаомметр (измерение удельного сопротивления) – это прибор, используемый для измерения удельного сопротивления изоляции. С его помощью можно определить электрическое состояние и качество изолятора.

2. Генератор высокого напряжения (измерение пробоя) используется для проведения испытаний на пробой изолятора. Он генерирует высокое напряжение, которое применяется к изолятору для определения его прочности.

3. Капазитивный мост (измерение емкости) предназначен для измерения емкости изолятора. Он основан на принципе баланса моста, при котором измеряется емкость исследуемого изолятора.

Использование приборов для измерения электрических и диэлектрических характеристик высоковольтных изоляторов играет важную роль в научных исследованиях. Точные измерения позволяют получить информацию о состоянии изолятора и его электрических свойствах, что необходимо для обеспечения надежной работы электроэнергетических систем.

Однако, для получения более полной картины, важно учитывать также условия эксплуатации и реальные нагрузки, с которыми сталкиваются высоковольтные изоляторы на практике. Эти факторы могут влиять на электрические и диэлектрические характеристики, поэтому дополнительные исследования и испытания также могут потребоваться.

Исследования выполнены в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет2030»: соглашение №075–15-2021-1087 от 30 сентября 2021 г., соглашение №075–15-2021-1178 от 30.09.2021.

## Источники

1. Бакеренков А.С., Беляков В.В., Соломатин А.В. [и др.] Прибор для измерения электрических характеристик электронных компонентов // Датчики и системы. 2012. № 11(162). С. 30–35.

2. Авторское свидетельство № 1495723 A1 СССР, МПК G01R 27/28. Способ измерений переходных характеристик электрических приборов и устройство для его осуществления : № 4134335 : заявл. 11.10.1986 : опубл. 23.07.1989 / Алексеев С.Г., Гельман М.М.; заявитель ПРЕДПРИЯТИЕ П/Я В-8584.

3. Голенищев-Кутузов В.А., Голенищев-Кутузов А.В., Семенников А.В. [и др.] Контроль дефектности высоковольтных диэлектрических элементов оптикоэлектронным методом // Научный семинар "нанооптика, фотоника и когерентная спектроскопия – 2022": Сборник тезисов, КАЗАНЬ, 11–12 июля 2022 года. КАЗАНЬ: Издательство "Тровант", 2022. С. 28–30.

УДК 004.31

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РОССИЙСКИХ ПЛИС ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ

Помысова Анастасия Юрьевна[1], Ахметвалеева Ляля Вахитовна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]pomissova@gmail.com, [2] alvkgeu@mail.ru

В статье рассматривается применение программируемых логических интегральных схем в системах управления. Описываются преимущества их использования, гибкость в создании высокопроизводительных систем управления. Также приводится обзор российских производителей программируемых логических интегральных схем в системах управления, таких как Зеленоградский завод «Микрон», и их продуктов. В качестве зарубежных аналогов рассматриваются микросхемы семейства *MAX* II от компании *Altera*.

**Ключевые слова:** программируемые логические интегральные схемы, вычисления, автоматизированные системы, микропроцессорная техника, импортозамещение, быстродействие.

# USING RUSSIAN FPGAS TO OPTIMIZE COMPUTING PROCESSES IN AUTOMATED SYSTEMS

Pomysova Anastasia Yurievna[1], Akhmetvaleeva Lyalya Vakhitovna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]pomissova@gmail.com, [2]alvkgeu@mail.ru

The article discusses the application of programmable logic integrated circuits in control systems. The advantages of their use, flexibility in creating high-performance control systems are described. It also provides an overview of Russian manufacturers of programmable logic integrated circuits in control systems, such as the Zelenograd plant “Micron”, and their products. The chips of the MAX II family from Altera are considered as foreign analogues.

**Keywords:** programmable logic integrated circuits, computing, automated systems, microprocessor technology, import substitution, performance.

ПЛИС – это программируемые логические интегральные схемы, представляют собой одну из альтернативных возможностей организации вычислений в рамках какой-либо автоматизированной системы [1, 2]. Такой подход применяется в случае, когда мощность процессора не обеспечивает достаточной производительности для своевременного выполнения вычислительных операций.

ПЛИС находят широкое применение в различных областях: при разработке оригинального оборудования и для замены стандартных интегральных схем малой и средней интеграции. Использование ПЛИС позволяет

уменьшить размеры устройств, снизить потребляемую мощность и повысить надежность. Особенно эффективно применение ПЛИС в продуктах, требующих нестандартных схемных решений. В таких случаях одна ПЛИС средней интеграции (например, с 24 выводами) может заменить до 10–15 стандартных микросхем [3].

В прошлом ПЛИС имели относительно низкое быстродействие и небольшое количество логических вентилей. Однако, в связи с сильным развитием ПЛИС современная ситуация кардинально отличается. ПЛИС обладают гибкостью, которая позволяет создавать на одном кристалле высокопроизводительные системы управления, способные обрабатывать множество входных параметров. Это особенно полезно для систем, работающих в неопределенных условиях, которым необходимо решать различные сложные задачи [4].

В России производством ПЛИС занимается несколько предприятий.

Зеленоградский завод «Микрон» выпускает микросхемы 5510*XC*1*T*, 5510*XC*2*T*, 5510*XC*3*T* и 5510*XC*3A*T* предназначенные для реализации логических функций пользователя. Для этого они имеют 570, 1270, 2210 и 3200 логических элементов. Пользователь может настроить выводы как входы или выходы. Также можно регулировать мощность на выходе, устанавливать задержку на входе, использовать функцию фиксации состояния выхода и подтяжку выхода к питанию. Все выводы пользователя объединены в несколько портов ввода-вывода. Зарубежные аналоги: семейство *MAXII* (*Altera*)

Микросхемы 5510*TC*018, 5510*TC*028 представляют собой систему на кристалле, состоящую из 32-разрядного процессора на архитектуре *RISC-V* с тактовой частотой до 40 МГц, ПЛИС емкостью не менее 800 тыс. системных вентилей и энергонезависимой конфигурационной памяти (5510*TC*028). Они являются аналогами популярной зарубежной микросхемы *A2F*500 (*Microsemi SmartFusion SoC FPGA*) [5].

АО «ВЗПП-С» – один из главных производителей электронных компонентов в 2019 году начали производство новых программируемых логических интегральных схем, включая 5578*HC*084, имеющую 800,000 системных вентилей, и 5578*TC*094, имеющую 1,200,000 системных вентилей. С 2020 года они планируют начать производство новых ПЛИС, включая 5578*TC*064, в новом корпусе МК 4254xx [6]. Эти новые ПЛИС имеют ряд преимуществ, включая программируемый режим перезаписи конфигурационной памяти, встроенную систему конфигурирования для многократного перепрограммирования, программируемый режим верификации без выхода из рабочего режима и программируемые блоки для удержания выводов.

## Источники

1. Васильев А.Е. Встраиваемые системы автоматики и вычислительной техники. Микроконтроллеры. М.: Горячая линия – Телеком, 2021. 590 с.

2. Ахметвалеева Л.В., Еникеева Г.Р., Сафин И.И. Применение ПЛИС в системах отладки микропроцессорных устройств // Динамика нелинейных дискретных электротехнических и электронных систем: матер. XIII Всерос. научн.-техн. конф. Чебоксары, 2019. С. 427–428.

3. Квасов И.А., Назаров А.С., Матросов С.А. Применение программируемых логических интегральных схем в системах с числовым программным управлением // Молодой ученый. 2017. № 47 (181). С. 31–35.

4. Высокопроизводительная система числового программного управления на базе программируемых логических интегральных схем / А.А. Зеленский [и др.] // Вестник ВГТУ. 2018. № 5. С. 8–12.

5. ПЛИС (FPGA) [Электронный ресурс]. URL: https://mikron.ru/products/high-rel-ic/programmiruemaya-logika-fpga/fpga/ (дата обращения: 05.11.2023).

6. Новые ПЛИС производства АО «ВЗПП-С» [Электронный ресурс]. URL: https://www.soel.ru/novosti/2020/novye_plis_proizvodstva_ao_vzpp_s/ (дата обращения: 06.11.2023).

УДК 637.513.48

# СПОСОБНОСТЬ ПОДДЕРЖАНИЯ ОСТРОТЫ НОЖЕЙ В АППАРАТЕ КУТТЕРЕ

Рязанов Сергей Сергеевич[1], Колбина Анастасия Юрьевна[2]
[1,2]Кемеровский государственный университет, г. Кемерово
[1]seregey050503@mail.ru, [2]jo1992@yandex.ru

Мясная промышленность всегда являлась неотъемлемой частью в экономике любой страны. В пищевом рационе человека мясо основной источник белка животного происхождения. Поэтому при производстве различных колбасных изделий важно сохранить качество мясного сырья, используя только лучшее и проверенное оборудование, одним из которого является куттер.

**Ключевые слова:** Мясная промышленность, белок животного происхождения, колбасные изделия, мясное сырье, оборудование, куттер.

# THE ABILITY TO MAINTAIN THE SHARPNESS OF KNIVES IN THE CUTTER MACHINE

Ryazanov Sergey Sergeevich[1], Kolbina Anastasia Yuryevna[2]
[1,2]Kemerovo State University, Kemerovo
[1]seregey050503@mail.ru, [2]jo1992@yandex.ru

The meat industry has always been an integral part of the economy of any country. In the human diet, meat is the main source of protein of animal origin. Therefore, when producing various sausage products, it is important to maintain the quality of raw meat, using only the best and proven equipment, one of which is a cutter.

**Keywords:** Meat industry, animal protein, sausage products, meat raw materials, equipment, cutter.

Мясоперерабатывающие предприятия производят различные продукты, в число которых входят различные колбасные изделия, мясные консервы и полуфабрикаты. Именно оборудование, на котором производятся данные продукты, играет большую роль в качестве и внешнем виде мясных изделий. При производстве колбасных изделий самым важным аппаратом является куттер.

Куттер – аппарат, способный с помощью разрезания измельчать мясное сырье для приготовления фарша и производства различных видов колбас. Название данного аппарата происходит от английского слова «cut» – резать. Также куттер предназначен для перемешивания мясного фарша со специями и другими ингредиентами в единообразную мясную структуру. В данной операции фарш проходит последнюю стадию измельчения. Измельчением называется процесс, при котором достигается

однородная консистенция и происходит связывание между собой добавляемых ингредиентов. Данный процесс способствует однородному измельчению сырья, гидратации белков водой, добавляемой во время обработки, а также эмульгированию жиров. К распределению всех ингредиентов в мясном фарше приводит смешивание и гомогенизация.

Самым важным при разделке мяса является острота ножей. При правильном использовании во время работы куттера необходимо максимально продолжительное время сохранить остроту рабочих органов. Данный фактор производительности не зависит от используемого металла или от большого количества ножей в куттере. Максимальную стойкость режущей кромки ножа при качественном измельчении мясного сырья обеспечивает угол заточки в 27–30°. Увеличение данного угла понижает качество измельчения и увеличивает скорость нагрева фарша, что связано с повышением лобового сопротивления вхождения ножа в фарш. Уменьшение угла способствует снижению стойкости режущей кромки ножа, вследствие чего на ней появляются сколы и загибы и нож в быстром времени выходит из строя.

Важным фактором для остроты ножа во время разделки мяса является индивидуальная техника работы, которая разделяется на предотвращение затупления ножа и способность поддержания остроты. Известно, что при длительном и многократном использовании лезвия в устройстве куттера, тонкая режущая кромка, находящаяся внутри аппарата, становится волнистой, для сохранения остроты используется технология, называемая закалкой. Ее производят во время работы, как отдельную операцию, в диапазоне между процессом разделки мяса.

Обратной ситуацией в производстве является затупление ножей. Связано это с материалом продукта для резания, на разрезание которого куттеру не хватает мощности. Также это связано с некомплектностью сотрудников, в несвоевременной заточки ножей и несоблюдением правильной рабочей комплектации оборудования.

Травмы, полученные на производстве, являются частым фактором для рабочего персонала, что связано с непрофессионализмом сотрудников предприятия. Для предотвращения этого сотрудникам необходимо проводить инструктаж по правильной эксплуатации оборудования и технике безопасности. Это будет способствовать правильной работе технического персонала и долгой службе аппарата.

Исходя из вышеперечисленного, производство колбасных изделий является важным технологическим процессом, при котором следует, что необходимо правильно эксплуатировать рабочий аппарат, для достижения

лучшего качества продукта. Соблюдение всех температурных режимов и скоростей позволит сохранить остроту ножей и долгую работу аппарата куттера.

## Источники

1. Маркус Л.И. Шаталов А.Н., Буркин В.С. Металлографические исследования причин аварийной поломки ножей высокоскоростных куттеров // Мясная индустрия. 2010. № 9. С. 42–45.

2. Компьютерное моделирование причин аварийной поломки ножей высокоскоростных куттеров / Л.И. Маркус [др.] // Мясная индустрия. 2010. № 8. С. 19–21.

3. Макарова Т.Г. Куттер REX – совершенство в деталях // Мясная индустрия. 2007. № 8. С. 57.

4. Емельянов А.В. Куттеры «Сяоцзинь» – сделано для России // Мясные технологии. 2013. № 7 (127). С. 52.

5. Рогов И.А., Жаринов А.И. Различные способы получения мясных эмульсий в куттере // Мясные технологии. 2009. № 10 (82). С. 30–35.

УДК 004.052.32

# МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ДЕФЕКТОВ РАЗОМКНУТОГО КОНТУРА В ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Сагитов Эмиль Раисович[1], Ахметвалеева Ляля Вахитовна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]sagitovve@yandex.ru

В связи с бурным ростом производства энергии и ее передачи, а также промышленного оборудования, электромобилей, железнодорожного транспорта и других развивающихся отраслей, область силовой электроники стала ключевой в сфере преобразования энергии [1]. В настоящее время силовая преобразовательная техника широко используется в электроэнергетических и аэрокосмических системах, источниках бесперебойного питания, для компенсации реактивной мощности, при передаче постоянного тока, в распределенной энергетике и т. д., а вопросы их надежности стали предметом исследований в научных и промышленных кругах. Надежность силовых электронных систем имеет решающее значение, поэтому для повышения надежности силовых электронных аппаратов важно изучить методы диагностики неисправностей силовых устройств и своевременно их устранять.

**Ключевые слова:** силовая электроника, промышленность, диагностика неисправностей.

# METHODS FOR DIAGNOSING OPEN-LOOP DEFECTS IN POWER ELECTRONICS CONVERTERS

Sagitov Emil Raisovich[1], Akhmetvaleeva Lyalya Vakhitovna[2]
KSPEU, Kazan
sagitovve@yandex.ru

With the rapid growth of power generation and transmission, as well as industrial machinery, electric vehicles, railway transport and other emerging industries, the field of power electronics has become a key area in power conversion. Nowadays, power conversion equipment is widely used in electric power and aerospace systems, uninterruptible power supplies, reactive power compensation, DC transmission, distributed power generation, etc., and their reliability has become a subject of research in academia and industry. The reliability of power electronic systems is crucial, so to improve the reliability of power electronic devices, it is important to study the methods of diagnosing power device faults and eliminate them in a timely manner.

**Keywords:** power electronics, industry, fault diagnosis.

Несмотря на то, что существуют различные средства повышения надежности силовых электронных систем [1–3], условия эксплуатации устройств силового электронного преобразования становятся все более сложными, особенно на них влияют экстремальные условия эксплуатации,

такие как чрезвычайно высокие или низкие температуры, высокая влажность, сильная коррозия, высокое давление и т. д. Эти факторы увеличивают вероятность отказов, поэтому необходимы исследования по мониторингу состояния и диагностике неисправностей силовых электронных преобразователей для оперативного обнаружения неисправностей и проведения обработки отказоустойчивости или переключения на резервное оборудование, что в свою очередь позволяет избежать простоев, влияющих на производство [4], и предоставить обслуживающему персоналу информацию о неисправностях оборудования.

Отказы силовых электронных преобразователей чаще всего связаны с неисправностями полупроводниковых приборов, в основном обусловленных короткими замыканиями и обрывом [5, 6].

Короткие замыкания в основном вызваны лавинным пробоем, перегревом, пробоем из-за перенапряжения и ошибочными управляющими сигналами [7]. К примеру, основной особенностью отказов от короткого замыкания *IGBT* являются огромные пусковые токи за очень короткий промежуток времени, что является очень разрушительным и легко приводит к перегоранию других компонентов силовой электроники устройства. Защита от короткого замыкания *IGBT* обычно реализуется аппаратными средствами, включая метод обнаружения десатурации, метод обнаружения сети с резистивно-емкостным делителем напряжения, метод определения индуктивности, метод защиты цепи поглощения, метод определения тока коллектора, метод точного измерения падения напряжения насыщения и метод защиты от медленного отключения *IGBT*.

Устройства электронного преобразования мощности в основном состоят из силовых полупроводниковых приборов, но система, содержащая силовые полупроводниковые приборы, не является линейной. Следовательно, теория линейных систем и математическая модель идеальной полупроводниковой коммутации не в полной мере применимы при изучении неисправностей разомкнутой цепи силовых электронных преобразователей, тем самым ограничивая применение методов, основанных на математической модели неисправности. Применительно к данной проблеме, технология машинного обучения отличается способностью моделировать любую непрерывную нелинейную функцию и способностью адаптивно обучаться на примерах неисправностей. В основном она использует специальные алгоритмы, работающие на сопоставлении данных о неисправности и состояний. В результате обучения и сбора исторических данных получается зрелый классификатор диагностики неисправностей, который затем используется для реализации онлайн-диагностики неисправностей в системах силовых электронных преобразователей.

## Источники

1. Стребков Д.С. источники и способы передачи энергии – глобальные решения [Электронный ресурс] // Окружающая среда и энерговедение. 2021. № 1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/istochniki-i-sposoby-peredachi-energii-globalnye-resheniya (дата обращения: 30.10.2023).

2. Шеметов А.Н. Надежность электроснабжения: учеб. пособие для студентов специальности 140211 «Электроснабжение». Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2006. 135 с.

3. Китушин В.Г. Надежность энергетических систем. Часть 1. Теоретические основы: учеб. пособие. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. 256 с.

4. Анализ основных показателей промышленнного производства объектов средней мощности / Э.Ю. Абдуллазянов [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2023. Т. 15, № 2 (58). С. 93–108.

5. Ершов А.М. Надежность систем электроснабжения промышленных предприятий: учеб. пособие для студентов заочников. Челябинск: ЧПИ, 1987. Ч. 1. 50 с.

6. Ершов А.М. Надежность систем электроснабжения промышленных предприятий: учеб. пособие для студентов заочников. Челябинск: ЧПИ, 1988. Ч. 2. 50 с.

7. Слышалов В.К. Основы расчета надежности систем электроснабжения: учеб. пособие. Иваново: ИГЭУ, 2012. 80 с.

УДК 621.39

# ОБЗОР И АНАЛИЗ РЫНКА ПРИМЕНЕНИЯ 32-РАЗРЯДНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

Саидгараева Ралина Рамилевна[1], Ахметвалеева Ляля Вахитовна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]ralina.yung@bk.ru, [2]alvkgeu@mail.ru

В данной статье рассмотрено краткое описание микроконтроллеров и их роль в современных электронных системах, их применение в различных отраслях, также представлен обзор текущего состояния рынка, его тенденции развития и конкурентная среда.

**Ключевые слова:** микроконтроллер, объем памяти, технологии, архитектура, производительность, программное обеспечение.

# REVIEW AND ANALYSIS OF THE MARKET FOR APPLICATION OF 32-BIT MICROCONTROLLERS

Saidgaraeva Ralina Ramilevna[1], Ahmetvaleeva Lyalya Vahitovna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]ralina.yung@bk.ru, [2]alvkgeu@mail.ru

This article provides a brief description of microcontrollers and their role in modern electronic systems, their application in various industries, and also provides an overview of the current state of the market, its development trends and competitive environment.

**Keywords:** microcontroller, memory, technology, architecture, performance, software.

В современных электронных системах большую роль играют 32-разрядные микроконтроллеры (МК), они популярны, так как обладают высокой вычислительной мощностью и большим объемом памяти, что позволяет выполнять сложные задачи и обрабатывать больший объем данных. МК используются в бытовой технике, автомобильной электронике, медицинском оборудовании и других системах. Они управляют датчиками, моторами, светодиодами и другими устройствами. 32-разрядные микроконтроллеры обеспечивают высокую производительность, надежность и энергоэффективность. Они предлагаются различными производителями с разными характеристиками и функциональностью. Выбор конкретного микроконтроллера зависит от требований проекта и предпочтений разработчика [1].

На рынке 32-разрядных МК основными производителями являются компании *Microchip Technology, STMicroelectronics, NXP Semiconductors* и *Texas Instruments*. У каждого из них есть свои популярные модели, обладающие высокой производительностью и разнообразными моделями.

В таблице ниже приведен сравнительный анализ популярных моделей от этих компаний, также представлены цены, взятые с сайта *Chipdip*, отсортированные по возрастанию для предложения наиболее доступного варианта [2].

Сравнительный анализ популярных моделей производителей МК

| Производители | Популярные модели | Частота работы | Объем памяти | Стоимость |
|---|---|---|---|---|
| *Microchip Technology* | *PIC32MX* | до 80 МГц | до 512 КБ | 480 руб. |
| | *PIC32MZ* | до 200 МГц | до 2 МБ | 910 руб. |
| *STMicroelectronics* | *STM32F4* | до 180 МГц | до 1 МБ | 330 руб. |
| | *STM32H7* | до 400 МГц | до 2 МБ | 1070 руб. |
| *NXP Semiconductors* | *LPC1768* | до 100 МГц | до 512 КБ | 1790 руб. |
| | *LPC546xx* | до 180 МГц | до 1 МБ | 4580 руб. |
| *Texas Instruments* | *TM4C123* | до 80 МГц | до 256 КБ | 680 руб. |
| | *TM4C129* | до 120 МГц | до 1 МБ | 4380 руб. |

Актуальные тенденции и перспективы развития рынка 32-разрядных МК включают следующие аспекты:

1. Увеличение производительности: с развитием технологий и улучшением архитектуры, МК становятся все более мощными и способными обрабатывать большие объемы данных, что позволяет разработчикам создавать более сложные и функциональные системы.

2. Снижение энергопотребления: особенно важно для приложений, работающих от батарей или других источников питания с ограниченной емкостью, так как разработчики стремятся создавать МК с оптимизированной архитектурой и эффективными алгоритмами работы, чтобы минимизировать потребление энергии.

3. Развитие встроенных сетей связи: с увеличением количества устройств, подключенных к Интернету вещей (*IoT*), встроенные сети связи становятся все более востребованными. МК с поддержкой различных протоколов связи, таких как *Wi-Fi*, *Bluetooth* и *Zigbee*, становятся все более популярными, что позволяет создавать умные дома, промышленные системы автоматизации и другие *IoT*-приложения.

4. Развитие интеграции: с развитием технологий микроэлектроники, МК становятся все более компактными и интегрированными. Они объединяют в себе все больше функций, таких как аналоговые и цифровые входы-выходы, таймеры, интерфейсы коммуникации и т. д., благодаря чему можно уменьшить размер и сложность системы, снизить затраты на производство и повысить надежность.

5. Развитие программного обеспечения: вместе с развитием аппаратной части, развивается и программное обеспечение для МК. С появлением новых инструментов разработки, библиотек и операционных систем, разработчики получают больше возможностей для создания сложных и высокоэффективных приложений [3].

Также важно отметить конкурентную среду на рынке, стратегии ведущих компаний включают разработку гибких и легко программируемых решений, мощных МК, инновационных функций безопасности и высокой производительности. Однако конкуренты могут столкнуться с рядом препятствий, которые способны повлиять на их развитие и успешность. Главными препятствиями могут быть: быстрое развитие технологий, глобальная конкуренция, защита интеллектуальной собственности, недостаток квалифицированных специалистов, бюджетные ограничения и регулятивные ограничения. Успешные компании должны сосредоточиться на инновациях, специализации, развитии персонала и соблюдении нормативов, чтобы преодолеть препятствия и достичь успеха.

## Источники

1. Ечмаева Г.А., Гутник Ф.Е. Сравнительный анализ 8- и 32- разрядных микроконтроллеров за 2019 год. // Наука. Исследования. Практика: сб. изб. ст. по матер. Междунар. науч. конф. СПб., 2020. С. 70–72.

2. Chipdip [Электронный ресурс] URL: https://www.chipdip.ru/ (дата обращения: 10.10.2023).

3. Ахметвалеева Л.В., Галимуллин Н.Р. Обзор отрасли робототехнических систем // Динамика нелинейных дискретных электротехнических и электронных систем: матер. XIV Всерос. науч.- практ. конф. Чебоксары, 2021. С. 491–493.

УДК 621.381.3

# РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ПРОТОТИПА ЦИФРОВОГО УСТРОЙСТВА ЗАПИСИ АКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

Саидгараева Ралина Рамилевна[1], Якупов Нияз Маратович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]ralina.yung@bk.ru, [2]janijaz@yandex.ru

В данной статье была разработана схема устройства записи акустических колебаний, обладающего способностью высокоскоростной обработки и передачи данных. Подобная разработка может быть использована для неразрушающего контроля изоляции энергетического оборудования акустическими методами.

**Ключевые слова:** *STM*32*F*407*VGT*6, *MP*45*DT*02, *MEMS*-микрофон, микросхема, микроконтроллер, *PDM*-модулятор.

# DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE CIRCUIT FOR A DIGITAL DEVICE FOR RECORDING ACOUSTIC VIBRATIONS

Saidgaraeva Ralina Ramilevna[1], Yakupov Niyaz Maratovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]ralina.yung@bk.ru, [2]janijaz@yandex.ru

In this article, a circuit has been developed for an acoustic vibration recording device with the ability to high-speed data processing and transmission. A similar development can be used for non-destructive testing of insulation of power equipment using acoustic methods.

**Keywords:** *STM*32*F*407*VGT*6, *MP*45*DT*02, *MEMS* microphone, microcircuit, microcontroller, *PDM* modulator.

С недавнего времени в радиоэлектронике возрос интерес к относительно молодой серии микроконтроллеров *STM*32. Благодаря своим преимуществам, таким как высокая производительность, относительно низкая стоимость и работа в условиях низкого электропотребления, данная линейка цифровых микроконтроллеров *ST* получила широкое распространение.

Одним из примеров использования микроконтроллерных систем может являться цифровое устройство записи акустических колебаний, обладающее способностью высокоскоростной обработки и передачи данных. Главной задачей исследования является создание схемы устройства, основанного на микроконтроллере (МК) *STM*32*F*407*VGT*6.

Для записи звука в разработке используется микросхема *MP*45*DT*02 – это *MEMS*-микрофон с высокой чувствительностью и низким энергопотреблением, который является компактным и всенаправленным. Он создан на основе микроэлектромеханического датчика и полупроводникового модуля с цифровым интерфейсом.

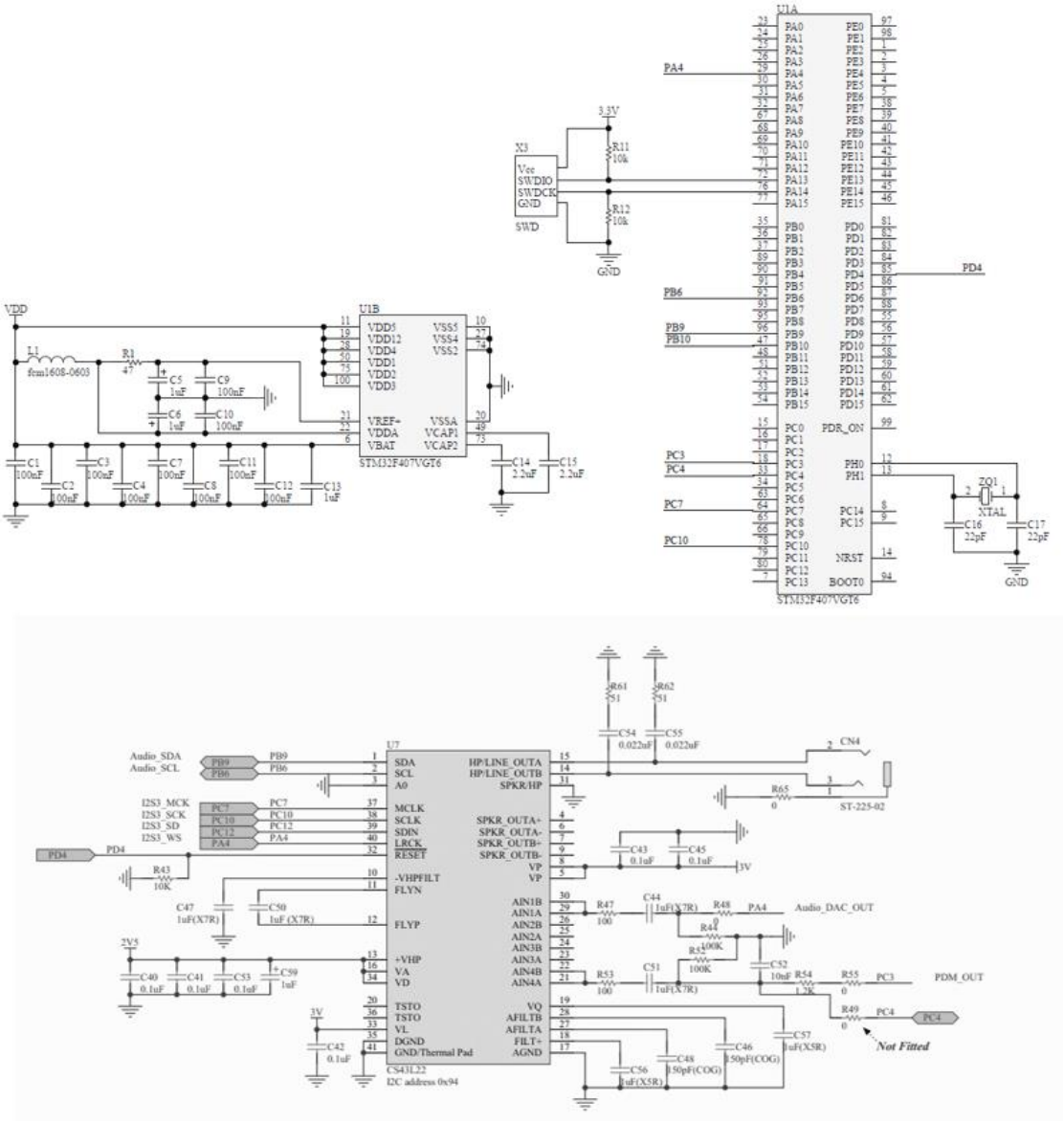



Схема подключения ЦАП *CS*43*L*22 и микрофона *MP*45*DT*02 к МК

Информация с микрофона *MP*45*DT*02 передается через специализированные внешние интерфейсы в МК, где она преобразуется в стандартный аудиоформат. Здесь будет использоваться интерфейс $I^2S$. После передачи информации наступает процесс обработки в соответствии с разработанным алгоритмом. Затем данные направляются на цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) [1].

В основу цифрового микрофона входят три основных компонента: *MEMS*-преобразователь, усилитель, а также *PDM*-модулятор.

Первый является переменной емкостью, которая преобразует изменение давления воздуха, вызванное звуковой волной, в напряжение. Второй буферизирует это напряжение, создавая очень мощный сигнал, необходимый работе *PDM*-модулятора. Третий выполняет преобразование

аналогового сигнала в последовательность импульсов, где модуляция происходит по частоте. Для управления модулятором *PDM* применяется тактовый вход *CLK*, частота такого сигнала используется для цифровых микрофонов *ST*, её диапазон составляет от 1 МГц до 3,25 МГц. Она определяет скорость дискретизации, при которой аналоговый сигнал усилителя преобразуется в дискретный по времени цифровой сигнал (поток битов *PDM*).

При выборе канала используется вывод микрофона *LR*, который должен быть соединен с *VDD* для выбора правого канала звукозаписи или с *GND* для выбора левого канала. В нашем случае это *GND* поскольку используется только он в режиме моно [2].

На рисунке приводится схема подключения *STM*32, а также схема подключения микрофона и ЦАП к МК. Для вывода звука снятого с помощью цифрового микрофона и обработанного в МК в тестах используется микросхема маломощного ЦАП со встроенным усилителем класса *D* – *CS*43*L*22.

Таким образом, в ходе данной работы была разработана схема устройства записи акустических колебаний, обладающая способностью высокоскоростной обработки и передачи данных.

## Источники

1. MP45DT02 MEMS audio sensor omnidirectional digital microphone [Электронный ресурс] URL: https://pdf1.alldatasheetru.com/datasheet-pdf/view/519456/STMICROELECTRONICS/MP45DT02.html (дата обращения: 10.09.2023).

2. AN5027 Application note [Электронный ресурс]. URL: https://www.st.com/resource/en/application_note/an5027-interfacing-pdm-digital-microphones-using-stm32-mcus-and-mpus-stmicroelectronics.pdf (дата обращения: 10.09.2023).

УДК 004-352

# ВНЕДРЕНИЕ 3*D*-СКАНЕРОВ В ПРОМЫШЛЕННУЮ ЭЛЕКТРОНИКУ

Халимов Эдуард Рафаэлевич[1], Шарипов Ильнар Ильдарович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]khalimov.eduard@mail.ru

В статье рассматриваются достоинства и недостатки внедрения 3*D*-сканеров в промышленную электронику. А также для чего в целом нужны 3*D*-сканеры.

**Ключевые слова:** точность измерений, контроль качества, оптимизация, проектирование.

# INTRODUCTION OF 3*D*-SCANNERS IN INDUSTRIAL ELECTRONICS

Khalimov Eduard Rafaelevich[1], Sharipov Ilnar Ildarovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]khalimov.eduard@mail.ru

The article discusses the pros and cons of introducing 3*D*-scanners into industrial electronics. And also why 3*D*-scanners are needed in general.

**Keywords:** measurement accuracy, quality control, optimization, design.

В настоящее время мало кто не знаком с таким понятием как 3*D*-печать. Многие компании вовсю пользуются современными 3*D*-принтеами, воссоздавая с их помощью макеты различных форм и размеров. Существуют и такие, которые воссоздают предметы целиком – не только маленькие (например, чехлы для телефонов, сувениры, кроссовки), но и большие (дома, запчасти для двигателей и т. п.). Вот только все это было бы невозможно без 3*D*-сканеров. Именно они позволяют точно копировать практически все что угодно – от огромных зданий и сооружений до человека, животных, маленьких предметов и многого другого.

Трёхмерное сканирование – технология, которая создавалась с целью перенесения физических параметров объекта в цифровой формат в виде объёмной модели. Необходимость в этом появилась с распространением компьютеров, как в повседневной жизни, так и на производстве.

3*D*-сканеры – это устройства, которые используются для создания трехмерных моделей объектов в реальном мире. Они работают на основе различных принципов, таких как стереозрение, структурированный свет или лазерная триангуляция.

В случае стереозрения, 3*D*-сканеры используют пару камер с определенным отступом друг от друга. Они захватывают изображение объекта с разных точек зрения, а затем используют алгоритмы компьютерного зрения для вычисления глубины каждой точки изображения.

В случае структурированного света, 3*D*-сканеры проецируют на объект шаблон из светлых и темных полос. Затем камера сканирует объект и анализирует, как искажаются эти полосы на поверхности объекта.

Лазерная триангуляция – это еще один метод, который используется 3*D*-сканерами. В этом случае лазер проецирует узкий пучок света на объект, а камера измеряет угол отраженного луча. Затем, с помощью треугольника видимости, можно рассчитать расстояние до каждой точки объекта и создать 3*D*-модель.

Внедрение 3*D*-сканеров в промышленную электронику имеет значительные преимущества и открывает новые возможности для различных приложений. Вот несколько основных аспектов этого процесса.

1. Уровень контроля качества: одним из основных преимуществ внедрения 3*D*-сканеров является возможность более точного и высококачественного контроля качества изделий. 3*D*-сканеры позволяют обнаруживать мельчайшие дефекты, трещины и несоответствия, которые могут оказать влияние на работоспособность устройств. Точность и надежность данных, получаемых с помощью 3*D*-сканеров, позволяют значительно повысить качество производства и уменьшить количество бракованных изделий.

2. Ускорение процесса: внедрение 3*D*-сканеров также способствует ускорению процесса контроля качества. Автоматизированный процесс сканирования позволяет сократить время проверки каждого отдельного изделия и повысить эффективность производства в целом. Благодаря возможности сканирования нескольких объектов одновременно, 3*D*-сканеры позволяют существенно сократить временные затраты на проверку.

3. Точность измерений: еще одним преимуществом внедрения 3*D*-сканеров является высокая точность измерений. 3*D*-сканеры обладают способностью получать точные данные о геометрии и размерах изделий, что особенно важно для промышленной электроники. Высокая точность измерений способствует более надежному определению характеристик устройств, а также созданию более точных трехмерных моделей для дальнейшего проектирования и оптимизации.

4. Расширение возможностей проектирования: Внедрение 3*D*-сканеров открывает новые перспективы для проектирования устройств. Благодаря возможности получения точной трехмерной модели объекта, производители могут улучшить функциональность и эргономику изделий. 3*D*-сканеры

позволяют более глубоко изучать и анализировать форму и пространственную структуру изделий, что способствует разработке более инновационных и эффективных решений.

Таким образом, внедрение 3*D*-сканеров в промышленную электронику предоставляет значительные преимущества и перспективы. Повышение качества контроля, ускорение процесса, высокая точность измерений и расширение возможностей проектирования – все это делает 3*D*-сканеры важным инструментом в современном производстве электронных устройств. Однако необходимо также учитывать требования по оборудованию, программному обеспечению и подготовке персонала для успешного внедрения этой технологии.

## Источники


1. Принципы работы 3*D*-сканера. Виды сканеров, технологии и методы сканирования [Электронный ресурс]. URL: https://cvetmir3d.ru/blog/poleznoe/printsipy-raboty-3d-skanera-vidy-skanerov-tekhnologii-i-metody-skanirovaniya/ (дата обращения: 13.10.2023).

2. Smith J.L. Advantages and Applications of 3*D* Scanners in Industrial Electronics // International Journal of Electronics and Manufacturing. 2018. Vol. 6, Iss. 2. Pp. 45–52.

3. Johnson R.K. The Impact of 3*D* Scanners on Quality Control in Industrial Electronics // Journal of Electronic Manufacturing. 2019. Vol. 10, Iss. 4. Pp. 78–89.

4. Brown A.M. Innovation in Industrial Electronics through 3*D* Scanning Technology // International Journal of Advanced Manufacturing Systems. 2020. Vol. 12, Iss. 3. Pp. 102–115.

5. Технологии и принципы сканирования. [Электронный ресурс]. URL: https://robot-ik.ru/obzory/kak-rabotaet-ustroystvo-3d-skanerov-tehnologii-i-printsipy-skanirovaniya/ (дата обращения: 13.10.2023).

УДК 621

# ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ МЕТАЛЛ-МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ ДЕТАЛЕЙ В СРАВНЕНИИ С АДДИТИВНОЙ И СУБТРАКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИЯМИ

Храмов Антон Сергеевич[1], Шарипов Ильнар Ильдарович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]khramov_007@bk.ru

В статье оценивается экономическая эффективность технологии изготовления композитных металл-металлополимерных деталей в сравнении с аддитивной и субтрактивной технологиями.

**Ключевые слова:** композитные металл-металлополимерные детали, экономическая эффективность, технология, аддитивное производство, субтрактивное производство.

# ASSESSMENT OF THE ECONOMIC EFFICIENCY OF THE TECHNOLOGY FOR MANUFACTURING COMPOSITE METAL-METAL POLYMER PARTS COMPARED TO ADDITIVE AND SUBTRACTIVE TECHNOLOGIES

Khramov Anton Sergeevich[1], Sharipov Ilnar Ildarovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]khramov_007@bk.ru

The article evaluates the economic efficiency of the technology for manufacturing composite metal-metal-polymer parts in comparison with additive and subtractive technologies.

**Keywords:** composite metal-metal-polymer parts, economic efficiency, technology, additive manufacturing, subtractive manufacturing.

В современном мире промышленные технологии развиваются со скоростью света. Одной из наиболее перспективных отраслей стала технология изготовления композитных металл-металлополимерных деталей. Этот метод совмещает свойства металлов и полимеров, что позволяет создавать детали, обладающие определенными свойствами и качествами. Однако перед внедрением новой технологии необходимо оценить ее экономическую эффективность и сравнить с аддитивной и субтрактивной технологиями.

Одним из первостепенных аспектов, который следует учесть при оценке экономической эффективности технологии, является стоимость производства и приобретения необходимого оборудования. В случае технологии изготовления композитных металл-металлополимерных деталей требуется специализированное оборудование, которое может быть достаточно дорогостоящим. В сравнении с этим, аддитивные и субтрактивные технологии более доступны и широко распространены. Поэтому, с учетом стоимости производства и приобретения оборудования, технология изготовления композитных металл-металлополимерных деталей может считаться менее экономически эффективной.

Однако, помимо стоимости оборудования, следует учитывать и другие факторы, влияющие на экономическую эффективность технологии. К примеру, количество отходов при изготовлении деталей с помощью композитной технологии гораздо меньше, чем при использовании аддитивных или субтрактивных методов. Это сокращает расходы на материалы и повышает эффективность производства. Также, композитные металл-металлополимерные детали обладают легкостью и прочностью, что позволяет снизить затраты на транспортировку и монтаж в перспективе.

Другим важным фактором при оценке экономической эффективности технологии является время изготовления деталей. В случае аддитивных методов, процесс может быть медленным из-за постепенного наращивания слоев. Субтрактивные методы также требуют больше времени и труда на обработку и формирование деталей. В то время как технология изготовления композитных металл-металлополимерных деталей позволяет получать готовые детали значительно быстрее, благодаря использованию инъекционного литья и других автоматизированных процессов.

Таким образом, экономическая эффективность технологии изготовления композитных металл-металлополимерных деталей зависит от нескольких факторов. Важно учесть стоимость производства и приобретения оборудования, расходы на материалы, время изготовления, а также прочность и легкость деталей. В сравнении с аддитивными и субтрактивными технологиями, композитная технология может быть менее экономически эффективной из-за высокой стоимости оборудования. Однако, она может превзойти другие методы в сокращении отходов, быстроте изготовления, а также в снижении затрат на транспортировку и монтаж. Итоговая оценка должна учитывать все эти факторы и основываться на реальных данных и исследованиях, проведенных в данной области.

## Источники

1. Аверьянов О.А., Ляпунов А.С. Экономическая эффективность использования композитных материалов в производстве // Вестник Омского государственного технического университета. 2017. № 1. С. 34–39.

2. Wilson T. Evaluation of economic feasibility of composite metal-metalpolymer parts manufacturing technology: Case study of aerospace industry // International Journal of Advanced Manufacturing Systems. 2014. Vol. 20, Iss. 3. Pp. 345–354.

УДК 621.315

# РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОДИОДНОЙ ИНДИКАЦИЕЙ НА ЯЗЫКЕ С ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА STM32

Якупов Нияз Маратович[1], Валюк Анастасия Сергеевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]janijaz@yandex.ru, [2]anastasia.valyuk@mail.ru

Разработка программного кода для управления светодиодной индикацией является актуальной и важной задачей, поскольку правильно разработанное программное обеспечение позволяет значительно улучшить работу сигнальных индикаторов, снизить энергопотребление и повысить эффективность электронных устройств. В статье представлена разработка программы для модуля светодиодной индикации на микроконтроллере STM32.

**Ключевые слова:** светодиодная индикация, сигнальные индикаторы, микроконтроллер STM32, программное обеспечение, энергопотребление.

# DEVELOPMENT OF THE LED DISPLAY CONTROL PROGRAM IN C FOR THE STM32 MICROCONTROLLER

Yakupov Niyaz Maratovich[1], Valyuk Anastasia Sergeevna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]janijaz@yandex.ru, [2]anastasia.valyuk@mail.ru

The development of software code for controlling the LED display is an urgent and important task, since properly developed software can significantly improve the operation of signal indicators, reduce energy consumption and increase the efficiency of electronic devices. The article presents the development of a program for the LED display module on the STM32 microcontroller

**Keywords:** LED indication, signal indicators, STM32 microcontroller, software, power consumption.

Светодиодная индикация представляет собой неотъемлемый аспект для множества электронных устройств. Ее функциональность заключается в возможности информировать пользователя о текущем состоянии работы устройства. Однако для правильного управления светодиодной индикацией [1] и оптимизации энергопотребления необходима качественная программная реализация.

Светодиодные индикаторы – это электронные компоненты, используемые для отображения информации на устройствах, таких как дисплеи, табло и пульты управления. Их можно использовать с микроконтроллерами, чтобы показывать разные числа и строки. У микроконтроллера есть порты, через которые он передает информацию наружу. Светодиоды

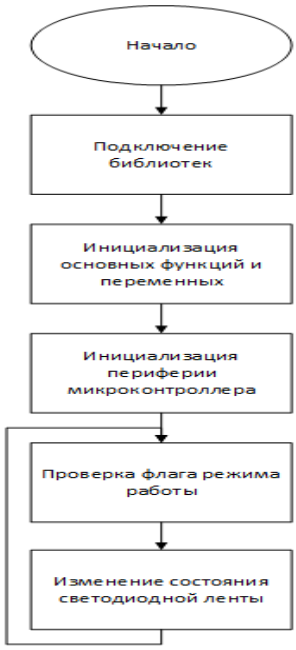
будут подключены к этим портам. Но каждый порт имеет ограничение на ток, который может пройти через него. Если превысить эти значения, то микроконтроллер может перегореть (рис. 1).

| Параметр | Значение |
|---|---|
| Максимальный вытекающий ток вывода | 25 мА |
| Максимальный втекающий ток вывода | - 25 мА |
| Общий вытекающий или втекающий ток портов | Не более 150 мА. |

Рис. 1. Предельно допустимые выходные параметры портов микроконтроллера STM32F103C8T6

Для эффективного управления светодиодной индикацией необходимо разработать специализированное программное обеспечение на языке С [2]. Данное ПО должно обеспечивать точное управление светодиодами и оптимизацию энергопотребления. Мы планируем разработать такое программное обеспечение для микроконтроллера STM32, который обладает достаточной производительностью и возможностями для управления светодиодами. Некоторые микроконтроллеры предоставляют специальные библиотеки и функции для управления светодиодными индикаторами [3], что значительно упрощает процесс разработки программы [4].

На рис. 2 слева приведена общая блок-схема работы программы управления светодиодной индикацией.




```
void HAL_GPIO_EXTI_Callback(uint16_t GPIO_Pin)
{
  if(GPIO_Pin == START_STOP_Pin)
    mode_flag++;
  if (mode_flag>4)
    mode_flag=0;
}
```

Блок-схема основной программы (*слева*) и функция обработчика прерывания по нажатию кнопки (*справа*)

Программное обеспечение [5] на языке С (рисунок справа) позволяет использовать устройство как световой автомат для управления линейкой из 8 светодиодов. Включать можно только четные/нечетные светодиоды или все сразу. Есть режим отображения температуры с датчика, подключенного к микроконтроллеру.

Светодиодная индикация имеет высокую скорость реакции и простоту управления. Светодиоды могут быстро включаться и выключаться, что позволяет использовать их для создания динамических индикаторов и дисплеев. Благодаря этим свойствам, светодиоды широко применяются в таких областях, как автомобильная промышленность, электроника, освещение и др.

Разработка программного кода для управления светодиодной индикацией на микроконтроллере STM32 позволяет точно управлять светодиодами и оптимизировать энергопотребление.

## Источники

1. Кашкаров А.П. Устройства на светодиодах и не только. М.: ДМК Пресс, 2013. 208 с.

2. Оборудование Технологии Разработки [Электронный ресурс]. URL: http://mypractic.ru/urok-1-vvedenie-obshhie-svedeniya-skoree-vpechatleniya-ob-stm32.html (дата обращения: 12.10.2023).

3. Бугров В.Е, Виноградова К.А. Оптоэлектроника светодиодов. СПб.: НИУ ИТМО, 2013. 174 с.

4. Программирование МК STM32 [Электронный ресурс]. URL: https://narodstream.ru/programmirovanie-mk-stm32/ (дата обращения: 13.10.2023).

5. Демченко В.В., Ивлиев Е.А. Отображение графической информации на светодиодных матрицах на базе микроконтроллера STM32F103C8T6 // Исследователь года: сб. ст. Междунар. науч.-исслед. конкурса. Петрозаводск, 2021. С. 258–263.

## Направление 6. СВЕТОТЕХНИКА

УДК 628.9.041.4

# ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ ДИММИРУЕМЫХ ЛАМП-РЕТРОФИТОВ

Абрамов Михаил Васильевич[1], Мышонков Александр Борисович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва», г. Саранск
[1]mihail.abramov.54@mail.ru, [2]myshonkovab@mail.ru

В данной статье приводятся результаты исследования характеристик диммируемых ламп-ретрофитов от следующих производителей: Uniel, Gauss, General.

**Ключевые слова:** световой поток, мощность лампы, световая отдача, коррелированная цветовая температура, индекс цветопередачи, лампа-ретрофит.

# RESEARCH OF LED DIMMABLE RETROFIT LAMPS

Abramov Mikhail Vasilievich[1], Myshonkov Alexander Borisovich[2]
[1,2]National Research Mordovia State University, Saransk
[1]mihail.abramov.54@mail.ru, [2]myshonkovab@mail.ru

This article presents the results of a study of the characteristics of dimmable retrofit lamps from the following manufacturers: Uniel, Gauss, General.

**Keywords:** luminous flux, lamp power, luminous efficiency, correlated color temperature, color rendering index, retrofit lamp.

Для исследования характеристик светодиодных диммируемых ламп-ретрофитов было использовано следующее оборудование: гониофотометр GO-2000A, источник питания WY3010, управляющий компьютер, фотометрический шар OL IS-7600, многоканальный спектрорадиометр OL 770VIS/NIR. В качестве исследуемых ламп были выбраны источники света с заявленной мощностью 11 Вт. Образец №1 – Лампа Uniel LED-A60-11W/NW/E27/FR/DIM, образец №2 – Лампа Gauss 102502211-D, образец №3 – Лампа General GLDE-A60D-11-230-E27-4500 (рис. 1).

Диммирование осуществлялось путём изменения величины действующего значения синусоидального напряжения в диапазоне от 0 до 240 В с шагом в 10 В [1]. Ниже приведены зависимости электрической мощности, светового потока, световой отдачи от напряжения питания (рис. 2).

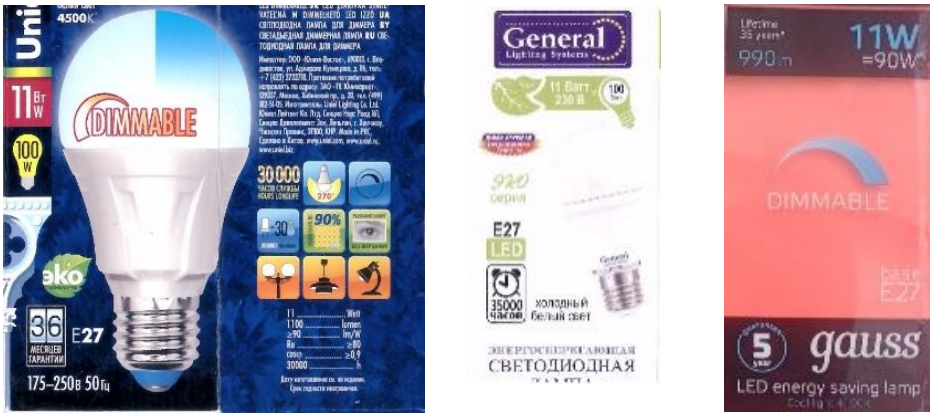



Рис. 1. Внешний вид упаковок ламп

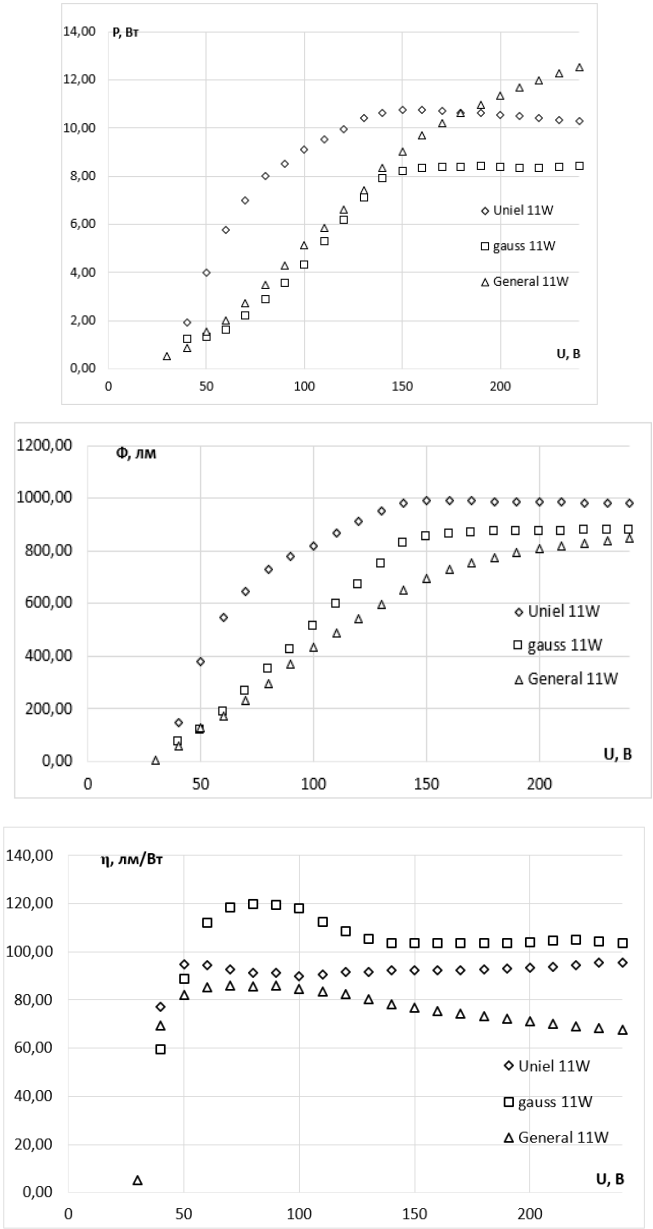



Рис. 2. Зависимость электрической мощности лампы, светового потока, световой отдачи от напряжения питания

Анализируя полученные графики можно сделать вывод, что при увеличении напряжения питания электрическая мощность и световой поток лампы растут, тогда как световая отдача достигает наибольших значений при низком напряжении питания.

Результаты измерения основных характеристик ламп и их отклонение от заявленных производителем были занесены в соответствующую таблицу (табл. 1).

Таблица 1

Результаты измерений основных характеристик ламп

| Характеристика | Номер образца | | |
|---|---|---|---|
| | *1* | *2* | *3* |
| Световой поток номинальный, лм | 1100 | 990 | 870 |
| Световой поток измеренный, лм | 982 | 876 | 837 |
| Отклонение светового потока, % | –10,7 | –11,5 | –3,7 |
| Мощность лампы, Вт | 10,3 | 8,4 | 12,3 |
| Световая отдача, лм/Вт | 95,3 | 104,4 | 68,3 |
| Цветовая температура номинальная, К | 4500 | 4100 | 4500 |
| Коррелированная цветовая температура, К | 4088 | 3875 | 4353 |
| Индекс цветопередачи | 83,02 | 83,02 | 83,09 |
| Заявленный срок службы, ч | 30 000 | 35 000 | 35 000 |

Для сравнения исследованных ламп был использован метод весовых коэффициентов [2]. Одним из простых и распространённых способов определения весовых коэффициентов является метод экспертных оценок. В частности, метод ранжирования [3]. Определение каждого коэффициента производилось по формуле:

$$w_j = \frac{r_j}{\sum_{j=1}^{m} r_j}, j = \overline{1, m}.$$

Ниже приведена итоговая сводная таблица исследованных образцов (табл. 2), из которой можно заключить, что наилучшие показатели оказались у лампы Uniel LED-A60-11W/NW/E27/FR/DIM. Однако следует отметить, что различие в итоговом рейтинге оказалось незначительным.

Таблица 2

Результаты расчета итогового рейтинга

| Характеристика | Номер образца | | | Вес |
|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | |
| Световой поток измеренный, лм | 1,26 | 1,14 | 1,00 | 0.201 |
| Мощность лампы, Вт | 1,17 | 1,05 | 1,00 | 0.172 |
| Световая отдача | 0,93 | 1,00 | 0,33 | 0.216 |
| Коррелированная цветовая температура, К | 1,23 | 1,00 | 1,46 | 0.103 |
| Индекс цветопередачи | 1,40 | 1,53 | 1,00 | 0.176 |
| Заявленный срок службы, ч | 1,10 | 1,00 | 1,10 | 0.130 |
| Итоговый рейтинг | 1,16 | 1,14 | 1,11 | |

## Источники

1. Мышонков А.Б., Ашрятов А.А., Сюбкаева Э.Р. Методики исследований характеристик светодиодных источников света // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики: сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф. Саранск, 2012. С. 39–42.

2. Методические указания к технико-экономическому обоснованию дипломных проектов / сост.: Н.Н. Мелькина, И.Н. Гераськина. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2008. 38 с.

3. Нестеркина Н.П., Уркунов Я.А. Сравнительные исследования светодиодных филаментных ламп различных производителей // Матер. XXIII науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва. Саранск, 2017. С. 76–80.

УДК 628.9.041.8:004.932.2

# РАЗРАБОТКА УФ-ГОНИОРАДИОМЕТРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭРИТЕМНЫХ ЛАМП

Абрамов Михаил Васильевич[1], Тертычный Максим Сергеевич[2],
Прытков Сергей Владимирович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва», г. Саранск
[1]mihail.abramov.54@mail.ru, [2]yp.vanp@yandex.ru, [3]sergeyvladi88@gmail.com

В данной статье рассматриваются особенности конструкции и программного обеспечения гониорадиометрической установки для исследования радиометрических характеристик источников эритемного излучения.

**Ключевые слова:** гониорадиометр; ультрафиолетовое излучение; лабораторный стенд; поток излучения; облучённость; программное обеспечение.

# DEVELOPMENT OF A UV GONIORADIOMETER FOR MEASUREMENT OPTICAL AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS ERYTHEMA LAMPS

Abramov Mikhail Vasilievich[1], Tertychny Maxim Sergeevich[2],
Prytkov Sergey Vladimirovich[3]
[1,2,3]National Research Mordovia State University, Saransk
[1]mihail.abramov.54@mail.ru, [2]yp.vanp@yandex.ru, [3]sergeyvladi88@gmail.com

This article discusses the design features and software of a gonioradiometric installation for studying the radiometric characteristics of erythemal radiation sources.

**Keywords:** gonioradiometer; ultraviolet radiation; laboratory stand; radiation flux; exposure; software.

Для исследования пространственного распределения эритемной силы излучения различных источников ультрафиолетового излучения и уточнения существующих упрощенных методов нахождения потока излучения [1–4] на кафедре светотехники института электроники и светотехники ФГБОУ ВО «МГУ им Н.П. Огарева» был разработан комплекс для изучения радиометрических характеристик источников эритемного излучения.

Данный радиометрический комплекс состоит из автоматизированного гониометра, двух оптических цифровых датчиков «ТКА-ДОЦ» для диапазонов излучения УФ-А, УФ-В, источника питания ASR-72100R,

измерителя электрической мощности GPM-78213, двигателя серии ШД.57 и ноутбука под управлением операционной системы Linux. В качестве контроллера для управления двигателями была использована плата Arduino Nano на базе процессора ATmega168. Основание комплекса представляет собой куб с размером грани 1,5×1,5 м. Внутри него расположена П-образная рама, на которой размещается радиометрическая головка. По центру боковой грани располагается рама, предназначенная для крепления линейной лампы (рис. 1).

Источника питания ASR-72100R и измеритель электрической мощности GPM-78213 имеют цифровое управление. Благодаря данной функции электрические параметры, такие как: форма сигнала, сила тока, напряжение, задаются с помощью специально разработанной программы ASR.py. Вторая программа GPM.py, предназначенная для управления измерителем электрической мощности GPM-78213, позволяет производить установку пределов измерений, дистанционный запуск и запись полученных характеристик в файл. Для управления самим комплексом и обработки полученных данных используется программа main.py с графическим интерфейсом (рис. 2).



Рис. 1. Внешний вид радиометрического комплекса

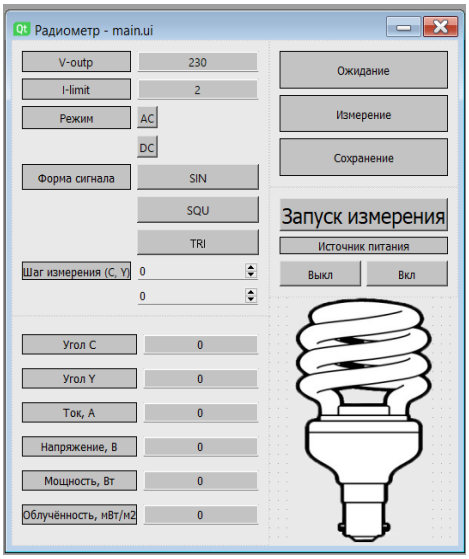



Рис. 2. Графический интерфейс программы

Запуск измерений производится с помощью кнопки «Запуск измерения», после чего компьютер отсылает информацию об угле поворота в контроллер, тот, в свою очередь, формирует сигналы для драйверов двигателей, осуществляющих движение рамы. Во время движения радиометрическая головка отправляет сигнал об измеренном значении облученности для каждого угла. Для расчета эритемного потока необходимо

произвести два цикла измерений с головками, чувствительными в диапазонах УФ-А, УФ-В. Расчет потока излучения производился по следующей формуле:

$$\Phi_e = 2\pi D^2 \sum_{m=1}^{M} E_c(\theta_m) \cdot (cos\theta_{m-1} - cos\theta_m),$$

Для преобразование энергетических величин в эритемные производится измерение спектрального распределения излучения исследуемого источника, в нашем случае с помощью спектрорадиометра Jeti Specbos 1211. С помощью полученных данных рассчитывается коэффициент перехода от энергетических величин в эритемные. Расчёт коэффициента реализован в программной среде JupyterLab.

## Источники

1. ГОСТ Р 70380-2022. Лампы ультрафиолетовые бактерицидные низкого давления. Методы измерений энергетических характеристик ультрафиолетового излучения и электрических параметров. М.: Стандартинформ, 2023. 19 с.

2. Методика измерения потока УФ излучения трубчатых бактерицидных ламп НД / Л.М. Василяк [и др.] // Светотехника. 2011. № 1. С. 29–32.

3. ISO 15727:2020 UV-C devices – Measurement of the output of a UV-C lamp. Geneva, 2020. 20 p.

4. Sasges M., Robinson J. Accurate measurement of UV lamp output // IUVA News. 2005. Vol. 7, Iss. 3. Pp. 21–25.

УДК 628.94:629.45

# ПРИКРОВАТНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ В ПАЛАТАХ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Александров Антон Александрович[1], Горбунов Алексей Алексеевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», г. Саранск
[1]antonaalexc@gmail.com

Статья посвящена исследованию прикроватного освещения в палатах медицинских учреждений.

**Ключевые слова:** светильник, освещенность, цветовая температура, световой поток, нормативные документы, общее освещение, местное освещение.

# BEDSIDE LIGHTING IN THE WARDS OF MEDICAL INSTITUTIONS

Aleksandrov Anton Alexandrovich[1], Gorbunov Alexey Alekseevich[2]
[1,2]National Research Mordovia State University, Saransk
[1]antonaalexc@gmail.com

The article is devoted to the study of bedside lighting in the wards of medical institutions.

**Keywords:** luminaire, illumination, color temperature, luminous flux, regulatory documents, general lighting, local lighting.

Освещение в медицинских учреждениях играет немаловажный фактор в успешной работе медицинского персонала и врачей, успешного лечения пациентов является наличие в медицинских учреждениях хорошего освещения, соответствующего всем санитарно-гигиеническим нормам.

Правильно подобранная система освещения не только поможет в лечении больных людей, но и сохранит здоровье медицинского персонала на долгие годы.

Так как пациент большую часть времени проводит в палате, освещение является не малой частью в улучшение самочувствия больного. Поэтому кроме основного освещения так же применяется и прикроватное [1].

В настоящее время существует большое количество моделей прикроватных светодиодных светильников, в которых есть не только ряд основных для освещения функций, но и дополнительные для удобства пациента.

Для такого типа светильников, как и светильники для общего освещения медицинских учреждений установлены нормы и требования, которые необходимо выполнять.

Существует несколько базовых световых факторов, влияющих на самочувствие человека. Так же эти факторы регламентируются нормативными документами, такими как СП 52.13330.2016 [2], СП 158.13330.2014 [3], СанПиН 2.1.3.2630-10 [4].

К основным нормам и требования относятся следующие показатели:

– цветовая температура 4000–4500 К;

– IP для чистых помещений 65;

– IP для отдельных помещений от 20 до 54;

– габаритная яркость светового прибора более 2000 кд/м$^2$;

– показатель энергоэффективности светильника 85 лм/Вт;

– единичная мощность светодиода должна быть в пределах 0,25–0,5 Вт;

– светильник устанавливается на высоте 1,7 м от пола.

Прикроватные медицинские светильники представляют собой устройства местного или общего освещения и предназначены для использования в палатах для лежачих больных в госпиталях, больницах и других медицинских учреждениях.

Особенностью любого прикроватного светильника выступает свойство создавать два уровня освещенности – общее и местное.

Общее освещение (направленное вверх), создает необходимый световой фон, помогает врачу при проведении осмотров и не вызывает отрицательных эмоций у лежачих больных.

Местное освещение, включается отдельным выключателем и служит источником света для самого пациента, позволяет читать, принимать лекарства, не создавая неудобств соседям по палате [5].

Из дополнительных опций прикроватных медицинских светильников можно отметить следующие:

– прикроватный медицинский светильник опционально оснащается кнопкой вызова медперсонала «СВ»;

– оснащается розеткой 230В для подзарядки телефонов, планшетов и ноутбуков;

– светильник кроме основного освещения оснащается светодиодами для верхнего отраженного света;

– двухклавишный выключатель для переключения общего и местного освещения [6];

– портами USB для подзарядки гаджетов;

– светильник может оснащаться пультом с отображением номера палаты, отправившей вызов;

– для выхода в сеть интернет светильник оснащается Wi-fi модулем.

Так же из дополнительных особенностей прикроватных медицинских светильников можно отметить следующие:

– материал корпуса светильника и рассеивателя света должны быть устойчивы к обработке дезинфицирующими составами;

– должна быть предусмотрена возможность оборудования прикроватного источника света кнопкой вызова медсестры, если такая функция предусмотрена проектом медицинского учреждения;

– наличие розетки электрической сети 220 вольт позволяет пациенту пользоваться электрическими приборами, не покидая кровати;

– I или II класс электробезопасности защищают пациентов от поражения электрическим током;

– наличие матовых рассеивателей светового потока предохраняет глаза пациентов и обслуживающий персонал от ослепляющего эффекта;

– низкий коэффициент пульсации светильника служит для уменьшения нагрузки на зрительные нервы и повышает комфорт для пациентов больницы или госпиталя;

– специальные крепления для монтажа на вертикальную поверхность (на стену).

## Источники

1. Светотехническая компания [Электронный ресурс]: сайт. URL: https://peak-leds.ru/blog-rol-osveschennosti-v-protsesse-vosstanovleniya-i-reabilitatsii-patsientov (дата обращения: 09.11.2023).

2. СП 158.13330.2014. Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования. М.: Изд-во ООО «ЦЕРЕРА-ЭКСПЕРТ», 2014. 145 с.

3. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Свод правил. М.: Изд-во ООО «ЦЕРЕРА-ЭКСПЕРТ», 2017. 135 с.

4. СанПиН 2.1.3.2630-21 Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность. М.: Изд-во ООО «ЦЕРЕРА-ЭКСПЕРТ», 2021. 90 с.

5. Медсвет [Электронный ресурс]: сайт. URL: https://med-svet.ru/ms-vn-30/ (дата обращения: 09.11.2023).

6. Световые Технологии [Электронный ресурс]: сайт. URL: https://www.ltcompany.com/series/bh-led/bh-led-ps-4000k-up-down (дата обращения: 09.11.2023).

УДК 621

# ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК «УМНОГО» СВЕТОДИОДНОГО СВЕТИЛЬНИКА С АВТОНОМНЫМ ИСТОЧНИКОМ ПИТАНИЯ

Григорькин Андрей Владимирович[1], Горбунов Алексей Алексеевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва», г. Саранск
[1]Andreyka-2015@list.ru

Статья посвящена исследованию и измерению характеристик «умного» светодиодного светильника с автономным источником питания.

**Ключевые слова:** световые характеристики, электрические характеристики, светодиодный светильник, автономное освещение.

# INVESTIGATION OF THE CHARACTERISTICS OF A “SMART” LED LAMP WITH AN AUTONOMOUS POWER SOURCE

Grigorkin Andrey Vladimirovich[1], Gorbunov Alexey Alekseevich[2]
[1,2]National Research Mordovia State University
[1]Andreyka-2015@list.ru

The article is devoted to the study and measurement of the characteristics of a “smart” LED lamp with an autonomous power source.

**Keywords:** lighting characteristics, electrical characteristics, LED lamp, autonomous lighting.

Смарт-освещение состоит из источника света и управляющей системы, дополненные различными встроенными сенсорами, например, такими как микрофон, камера, датчики температуры и модули для дистанционного управления. Автономное питание обеспечивает более свободное размещение светового прибора, а также экономию электроэнергии за счет работы от энергии солнца.

Для измерений параметров светильника был использован гониофотометр GO-2000 фирмы Everfine. В данном гониофотометре измеряемый образец вращается вокруг своего фотометрического центра, в то время как фотоприёмник зафиксирован.

А также в эксперименте использован светомерный шар (2 м) – OL IS 7600 и спектрорадиометр OL 770 VIS/NIR. Эксперимент заключался в том, чтобы зафиксировать параметры светильников с автономным источником питания.

Все измерения проводились дважды, а именно измерялись характеристики при питании от сети и от автономного источника света. Все полученные параметры указаны в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Световые характеристики светильника NFL-20

| Характеристики | Значения с питанием от сети | Значения с питанием от автономного источника |
|---|---|---|
| $Ф_л$, лм | 1611 | 305 |
| $Т_ц$, К | 6489 | 6489 |
| η, лм/Вт | 89 | 98 |
| Ra | 82,3 | 82,3 |

Таблица 2

Электрические характеристики светильника NFL-20

| Характеристики | Значения с питанием от сети | Значения с питанием от автономного источника |
|---|---|---|
| *U*, В | 220,0 | 3,7 |
| *I*, А | 0,08 | 0,015 |
| *P*, Вт | 18 | 3,1 |

Спектр и диаграмма цветности светильника NFL-20 представлены на рис. 1.

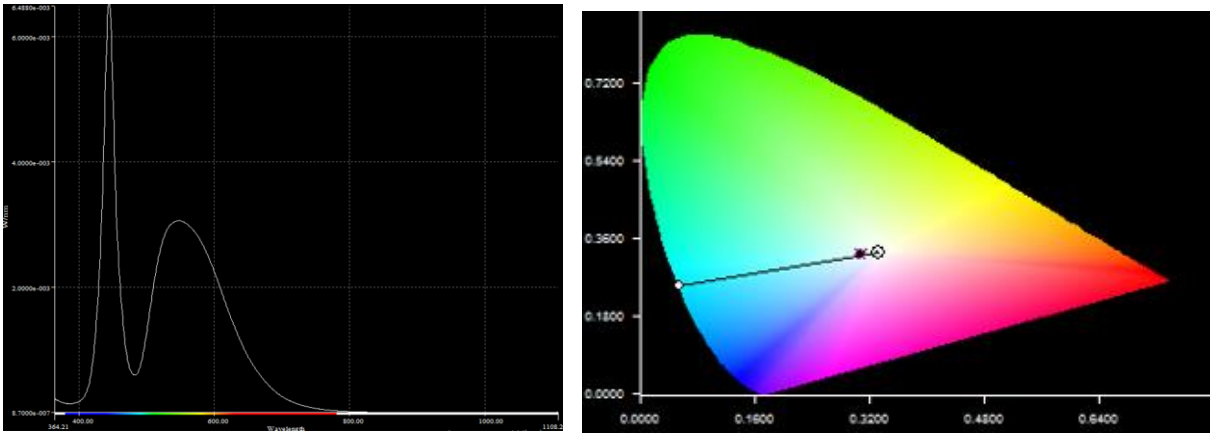



Рис. 1. Спектр и диаграмма цветности светильника NFL-20

КСС светильника NFL-20 представлена на рис. 2.

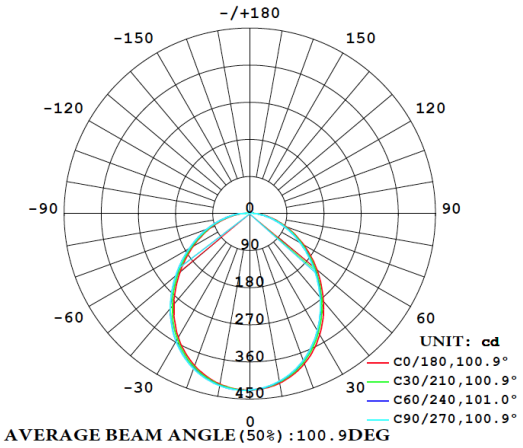



Рис. 2. КСС светильника NFL-20

В результате данной работы были исследованы световые и электрические характеристики, получен спектр, диаграмма цветности и КСС светодиодного светильника с автономным источником питания. Исследование проводилось на гониофотометре и светомерном шаре с спектрорадиометром. Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что световые характеристики при питании от сети превосходят по показателям тех же характеристик, но при питании от автономного источника света. При питании от сети мощность светового прибора увеличивается, что приводит к увеличению световых характеристик прямо пропорционально снижению мощности светового прибора.

## Источники

1. Галущак В.С., Сошинов А.Г. Перспективные технологии в автономных светильниках // Проблемы электроэнергетики: сб. науч. тр. Саратов, 2009. С. 99–101.

2. Светильник NFL-20-RGB [Электронный ресурс] // Navigator: сайт. URL: https://navigator-light.ru/smart-home/umnyij-prozhektor/14559.html?ysclid=lb0kofy0zb160539085 (дата обращения: 30.10.2023).

3. Система управления освещением [Электронный ресурс] // Википедия: свободная энциклопедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_управления_освещением (дата обращения 30.10.2023).

4. Сайт компании LusTRON. Светильники на солнечных батареях. URL: https://lu.ru/stati/plyusy_i_minusy_svetilnikov_na_solnechnyh_batareyah/# toped1-1 (дата обращения: 30.10.2023).

5. Галущак В.С. Автономный светильник эвакуационного освещения // Светотехника. 2006. № 2. С. 55–57.

УДК 628.9:621.382.2

# РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО СВЕТОДИОДНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ РЕАКЦИИ ЧЕЛОВЕКА НА СВЕТОВОЙ ИНДИКАТОР

Ковардаков Артем Александрович[1], Микаева Светлана Анатольевна[2],
Журавлева Юлия Алексеевна[3], Чуваткина Татьяна Александровна[4]
[1,2] РТУ МИРЭА, г. Москва
[3]РТУ МИРЭА, НИУ «МЭИ», г. Москва
[4]Федеральный институт промышленной собственности, г. Саранск
[1]kovardakoi@mail.ru

В статье описана разработка светодиодного электронного устройства на базе платформы Arduino Uno с использованием светодиода для измерения времени реакции на световой раздражитель.

**Ключевые слова:** Микроконтроллеры, Arduino UNO, светодиод, время реакции.

# DEVELOPMENT OF AN ELECTRONIC LED DEVICE FOR MEASURING THE SPEED OF A PERSON'S REACTION TO A LIGHT INDICATOR

Kovardakov Artem Alexandrovich[1], Mikaeva Svetlana Anatolyevna[2],
Zhuravleva Yulia Alekseevna[3], Chuvatkina Tatiana Aleksandrovna[4]
[1,2]RTU MIREA, Moscow
[3]RTU MIREA, National Research University “MPEI”, Moscow
[4]Federal Institute of Industrial Property, Saransk
[1]kovardakoi@mail.ru

The article describes the development of an LED electronic device based on the Arduino Uno platform using an LED to measure reaction time to a light stimulus.

**Keywords:** Microcontrollers, Arduino UNO, LED, reaction time.

В ходе работы было смоделировано устройство, с помощью которого можно определить скорость реакции человека на световой импульс. В настоящее время очень распространено использование микроконтроллеров, которые представляют собой микросхему, служащую для управления электронными устройствами, и содержащие на одном кристалле процессор, порты ввода и вывода, ОЗУ и/или ПЗУ, и иные периферийные устройства. В данном проекте в качестве микроконтроллера используется

Arduino Uno. В состав электронного устройство входит светодиоды, конструкция которого приведена на рис. 1 [1]. На основе микроконтроллеров и светодиодных источников излучения можно создавать различные электронные устройства, которые находят применения в повседневной деятельности [2–4].

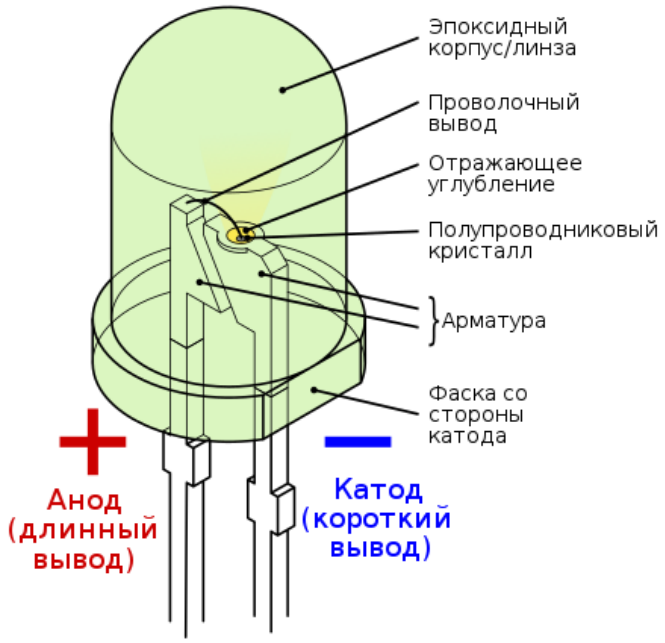



Рис. 1. Конструкция распространённого светодиода диаметром 5 мм в пластмассовом корпусе

Схема предложенного электронного устройства «рефлексометр» приведена на рис. 2.

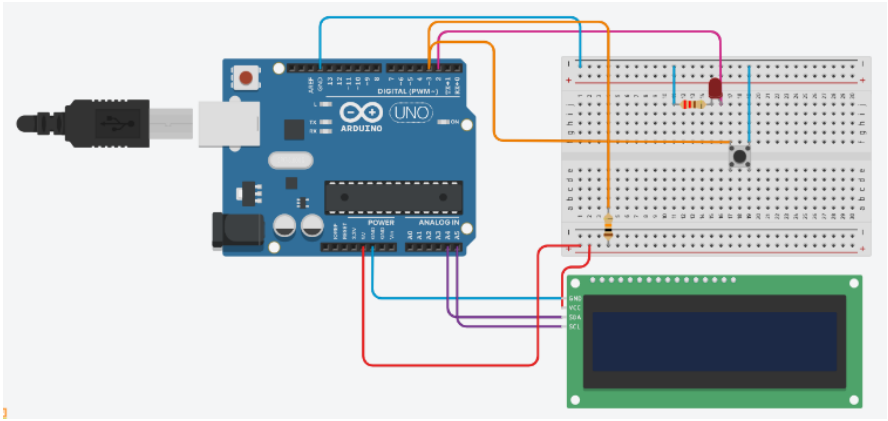


Рис. 2. Схема собранного устройства

Для реализации функций данной схемы был написан код (рис. 3).

```
#include <Adafruit_LiquidCrystal.h>
int time_for_led = 0;
int time_from_click = 0;
Adafruit_LiquidCrystal lcd_1(0);
void setup()
{
  lcd_1.begin(16, 2);
  pinMode(2, OUTPUT);
  pinMode(3, INPUT);
}
void loop()
{
  time_for_led = random(1, 10 + 1);
  unsigned long time = millis();
  while(true){
    unsigned long time_from_activate = millis();
    if(time_from_activate > time + 1000 * time_for_led){
        digitalWrite(2, HIGH);
        if (digitalRead(3) == LOW){
          time_from_click = time_from_activate - (time + 1000 * time_for_led);
          lcd_1.print(time_from_click);
          lcd_1.print(" ms");
          break;
        }
     }
     else{
       if (digitalRead(3) == LOW){
         lcd_1.print("Too early!");
         break;
       }
     }
  }
  delay(3000);
  lcd_1.clear();
  lcd_1.setCursor(0, 0);
  digitalWrite(2, LOW);
}
```

Рис. 3. Код программы

Алгоритм работы предложенного устройства, следующий:

1. Выбирается случайное число в диапазоне от 1 до 10, это время до того, как загорится светодиод.

2. После того, как начинается индикация с помощью светодиода, начинается отсчет времени до нажатия пользователя.

3. Производится нажатие на кнопку пользователем, и фиксируется время, когда это произошло.

4. Вычисляется разность между временем запуска светодиода и временем нажатия на кнопку.

5. Результат выводится на дисплей в течение 3 с.

6. Производится очистка экрана и процесс повторяется заново.

Так же в предложенном коде предлагаемого устройства предусмотрена ситуация, когда пользователь нажимает на кнопку раньше, чем загорится светодиод. В этом случае, на экран выводится сообщение в течение 3 секунд, далее экран очищается и алгоритм начинает свою работу с начала.

## Источники

1. Светодиод [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Светодиод (дата обращения: 20.09.2023).

2. Электронные устройства для отображения эмоций со светодиодной индикацией / М.А. Никитин [и др.] // Инновационные технологии в электронике и приборостроении: сб. докл. Рос. науч.-техн. конф. с международным участием. М., 2021. С. 246–251.

3. Электронное устройство для трансляции текстовой информации в код Морзе со светодиодной индикацией // О.Е. Железникова [и др.] // Справочник. Инженерный журнал. 2021. № 5 (290). С. 48–52.

4. Управление цветностью прибора со светодиодной лентой в зависимости от температуры и влажности воздуха / О.Ю. Коваленко [и др.] // Справочник. Инженерный журнал. 2021. № 5 (290). С. 53–56.

УДК 621.3.049.77.017.7

# ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОТКАЗОВ МОЩНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ И СВЕТОДИОДОВ

Кузнецов Андрей Евгеньевич[1], Саидов Умеджон Холикович[2],
Мальцев Алексей Александрович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань
[1]mr.quzzis@mail.ru, [2]saidovumedjon003@gmail.com, [3]malcev_@mail.ru.

Рассмотрены вопросы контроля качества и надежности мощных транзисторов и светодиодов по их технологическому разбросу.

**Ключевые слова:** полупроводниковые транзисторы, мощные светодиоды, контроль, надежность, тепловые параметры, прогнозирование.

# FAILURE PREDICTION OF HIGH-POWER TRANSISTORS AND LEDS

Kuznetsov Andrey Evgenyevich[1], Saidov Umejon Kholikovich[2],
Maltsev Aleksey Aleksandrovich[3]
KNRTU-KAI, Kazan.
[1]mr.quzzis@mail.ru, [2]saidovumedjon003@gmail.com, [3]malcev_@mail.ru.

The issues of quality and reliability control of high-power transistors and LEDs by their technological variation are considered.

**Keywords:** semiconductor transistors, high-power LEDs, control, reliability, thermal parameters, prediction.

Входной контроль параметров мощных полупроводниковых приборов транзисторов и светодиодов позволяет решить задачи повышения надежности электронных средств, хотя это и увеличивает стоимость. Одним из факторов повышения качества и надежности мощных транзисторов и светодиодов может служить повышенный разброс параметров, мощных транзисторов и светодиодов в партии, что указывает на нестабильный технологический процесс изготовления компонентов на фирме изготовителе [1].

Параметры для контроля надежности и качества мощных транзисторов и светодиодов можно разделить на несколько групп. Для мощных транзисторов и светодиодов это электрические характеристики такие, как постоянный прямой ток, постоянное прямое напряжение, обратное пробивное напряжение и т. п. Тепловые характеристики: максимальная температура p-n перехода, перегрев p-n перехода, тепловое сопротивление переход-корпус, температурный коэффициент прямого напряжения (ТКН).

Световые параметры для мощных светодиодов наиболее полно отражают качество светодиодов как осветительных приборов. Но для измерения световых параметров таких, как яркость, световая эффективность, угол излучения требуются сложные измерительные оптические установки [2]. Тепловые характеристики универсальны и могут быть применены для обоих типов приборов, а также они наибольшей степени влияют на надежность работы мощных транзисторов и светодиодов. Для измерения тепловых характеристик существуют стандартные методики измерения, хотя и требуются специальные измерительные тестеры [3, 4].

Измерения тепловых сопротивлений переход-корпус мощных транзисторов и светодиодов проводилось по ГОСТ [3].

Исследование тепловых параметров мощных транзисторов. Для косвенного измерения температуры в качестве температурно-чувствительного параметра использовалось прямое напряжение на *p*-*n*-переходах транзисторов. В отличие от светодиодов транзисторы имеют два *p*-*n*-перехода, поэтому для транзисторов можно использовать две схемы включения.

По ГОСТ [5] для биполярных транзисторов различают тепловые сопротивления переход-корпус со стороны эмиттера и со стороны коллектора, в зависимости от того, что выбирают температурно-чувствительным параметром – напряжение эмиттера или напряжение коллектора, были проведены исследования теплового сопротивления переход-корпус мощных биполярных транзисторов TIP31B, КТ805А. При измерениях в качестве термодатчика использовался коллекторный переход (рис. 1).

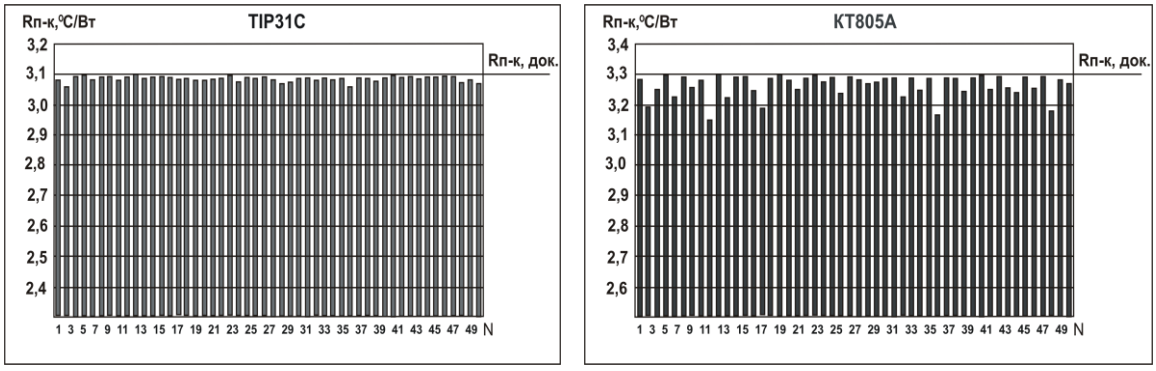



Рис. 1. Тепловые сопротивления переход-корпус мощных транзисторов TIP31C и КТ815В

Импортные транзисторы TIP31B (Motorola semiconductor) имеют меньший разброс по тепловому сопротивлению переход-корпус в партии по сравнению с отечественными транзисторами КТ805. Оба типа транзистора по тепловому сопротивлению соответствуют документации.

**Исследование тепловых параметров мощных светодиодов.** Для светодиодов были проведены исследования теплового сопротивления переход-корпус мощных светодиодов MX6 (фирма Cree, США), светодиодов ARL2-5053 (фирма Arlight, Китай). Все светодиоды MX6 (Cree), по тепловому сопротивлению переход-корпус соответствуют документации. Разброс теплового сопротивления переход-корпус в партии не более 10%, что является показателем устойчивого технологического процесса изготовления этих изделий. Светодиоды ARL2–5053 UWC–1,8cd имеют большой разброс теплового сопротивления в партии. Из 50 светодиодов 20 штук имеют значительное превышение теплового сопротивления над значением, указанным в документации (рис. 2).

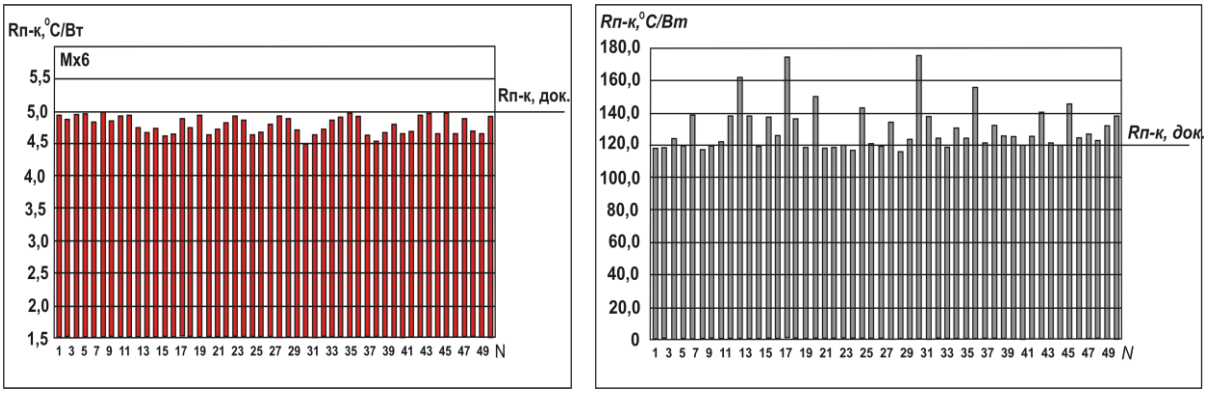



Рис. 2. Тепловые сопротивления переход-корпус светодиодов MX6 и ARL2-5053

**Заключение.** Измерения разброса характеристик мощных транзисторов и светодиодов по тепловым параметрам, в частности тепловому сопротивлению переход-корпус дают информацию разработчику, для принятия решения по использованию конкретного типа полупроводникового прибора. Позволяет повысить надежность и достоверность входного контроля. Прогнозировать отказы мощных транзисторов и светодиодов, тем самым повысить надежность радиоэлектронных средств в целом.

## Источники

1. Мальцев И.А., Мальцев А.А. Контроль качества и надежности светодиодов по тепловому сопротивлению *p-n*-переход корпус // Полупроводниковая светотехника. 2010. Т. 2, № 4. С. 40–41.

2. Разработка методики определения случайной погрешности методики измерения параметров светодиодных ламп / Р.Х. Тукшаитов [и др.] // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики: сб. XIII Всерос. науч.-техн. конф. 2017. С. 400–403.

3. ГОСТ 19656.15-84. Диоды полупроводниковые СВЧ. Методы измерения теплового сопротивления переход–корпус и импульсного теплового сопротивления. М.: Изд-во стандартов, 1984. 21 с.

4. Integrated Circuits Thermal Measurement Method – Electrical Test Method (Single Semiconductor Device). 1995. 36 p.

5. ГОСТ 27264-87. Транзисторы силовые биполярные. Методы измерения. М.: Изд-во стандартов, 1987. 18 с.

УДК 628.94

# К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ КЛАССИФИКАЦИИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВЕТОВЫХ ПРИБОРОВ

Кузнецов Евгений Александрович[1], Ашрятов Альберт Аббясович[2]
ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарева», г. Саранск
[1]kuzneczov_ea@mail.ru, [2]ashryatov@rambler.ru

Данная статья посвящена вопросу классификации многофункциональных световых приборов, обладающих несколькими функциями и применяемых в различных отраслях промышленности. Авторы разрабатывают классификацию, которая позволит обеспечить четкое понимание разнообразия многофункциональных световых приборов, что будет способствовать их более эффективному проектированию, производству и использованию.

**Ключевые слова:** многофункциональный световой прибор, источник света, классификация, спектр излучения, световой поток, функциональные возможности.

# ON THE ISSUE OF DEVELOPMENT OF CLASSIFICATION OF MULTIFUNCTIONAL LIGHTING DEVICES

Kuznetsov Evgeny Aleksandrovich[1], Ashryatov Albert Abbyasovich[2]
[1,2]National Research Mordovia State University, Saransk
[1]kuzneczov_ea@mail.ru, [2]ashryatov@rambler.ru

This article is devoted to the issue of classifying multifunctional lighting devices that have several functions and are used in various industries. The authors are developing a classification that will provide a clear understanding of the diversity of multifunctional lighting devices, which will facilitate their more efficient design, production and use.

**Keywords:** multifunctional light device, light source, classification, emission spectrum, luminous flux, functionality.

В современном мире технологического развития световые приборы играют важную роль в нашей повседневной жизни, поскольку они обеспечивают освещение, необходимое для нашего комфорта и безопасности. С развитием светотехнических технологий появились многофункциональные световые приборы (МФСП) – осветительные устройства, спроектированные и созданные с целью предоставления нескольких различных функций и возможностей освещения в одном компактном устройстве в зависимости от конкретных потребностей и задач [1].

Ввиду широкого разнообразия МФСП целесообразно составить их классификацию, которая будет иметь важное практическое значение, поскольку она позволит более точно определить, какие конкретные МФСП наилучшим образом соответствуют потребностям и целям конкретных

пользователей, а также будет полезна специалистам при выборе правильных компонентов для разработки таких МФСП. Кроме того классификация позволит обеспечить четкое понимание разнообразия МФСП, что будет способствовать их более эффективному проектированию, производству и использованию. Стандартизированные параметры и характеристики, включенные в классификацию, могут упростить сравнение и выбор подходящего МФСП для различных задач и сфер применения.

Классификация МФСП будет также служить основой для разработки стандартов, предназначенных для нормативного регулирования в данной области, что будет способствовать упорядочению и безопасности использования таких устройств в различных сферах деятельности.

Классификация МФСП может быть разработана на основе разнообразных светотехнических характеристик и функций, которые совмещают эти устройства.

**Тип источника света.** Среди наиболее распространенных типов источников света в МФСП можно выделить светодиоды, галогеновые лампы, люминесцентные лампы. Каждый из этих типов источников света имеет свои уникальные светотехнические характеристики и преимущества, что делает их подходящими для разных сфер применения [2].

**Назначение и область применения**. Классификация по данному типу определяет, для каких целей и задач предназначен тот или иной МФСП.

**Светотехнические характеристики.** В этой части классификации могут учитываться такие параметры, как световой поток, цветовая температура, кривая силы света, угол освещения, спектр излучения и другие технические характеристики, которые определяют спецификацию МФСП [3].

**Функциональные возможности.** Этот аспект описывает дополнительные функции и особенности, которые предоставляются световым прибором. Это может быть регулировка светового потока, изменение спектра излучения, кривой силы света, беспроводное управление и т. д.

**Способ подключения со смарт-устройствами.** Этот аспект описывает способы взаимодействия светового прибора с умными устройствами, такими как смартфоны, планшеты, компьютеры и системой умного дома, которые позволяют управлять ими с помощью смарт-приложений, голосовых команд или других средств удаленного управления. Это расширяет функциональность и удобство использования таких приборов.

**Размер и форма.** Также возможно классифицировать МФСП по размеру и форме, что может быть полезно при определении, как световой прибор будет сочетаться с окружающим пространством. Включение

размера и формы в классификацию позволяет пользователям лучше адаптировать световые решения к конкретным условиям и требованиям [4].

Дополнительно можно осуществить классификацию МФСП в соответствии с их мультимедийными возможностями, способом установки, а также типом электропитания.

Таким образом, разработка систематизированной классификации многофункциональных осветительных приборов имеет актуальное значение и может способствовать дальнейшему развитию данного направления.

## Источники

1. Поликанов Д.С., Байнева И.И. Исследование многофункционального светодиодного осветительного прибора // Международная выставка декоративного и технического освещения, электротехники и автоматизации зданий. М., 2018. С. 181–185.

2. Типы, конструкции, экологические аспекты применения современных энергосберегающих источников света / Д.Г. Осипов [и др.] // РОСТ – Развитие, Образование, Стратегии, Технологии: сб. матер. II Всерос. науч.-практ. конф. Чебоксары, 2019. С. 192–199.

3. Тукшаитов Р.Х. Алгоритмы предварительной оценки качества светодиодных светильников на этапе их приобретения // Энергетика Татарстана. 2014. № 1 (33). С. 48–50.

4. Нестеркина Н.П., Олейник И.А. О влиянии форм-фактора светодиодных ламп на характер их светораспределения // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VIII Нац. науч.-практ. конф. Казань, 2023. С. 672–674.

УДК 681

# ОСОБЕННОСТИ И ПРЕИМУЩЕСТВА ГИБКИХ СВЕТОДИОДНЫХ ЭКРАНОВ

Лапшов Михаил Олегович
ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва», г.Саранск
michaelapshov@yandex.ru

В последние годы гибкие светодиодные экраны стали одним из самых популярных и востребованных видов наружной рекламы и оформления интерьеров. Они обладают рядом преимуществ, таких как компактность, легкость монтажа и демонтажа, а также яркие и насыщенные цвета. В этой статье мы рассмотрим основные особенности, преимущества и сферы применения гибких светодиодных экранов.

**Ключевые слова:** светодиодный экран, светодиод, гибкий экран, цифровая реклама.

# FEATURES AND BENEFITS OF FLEXIBLE LED SCREENS

Лапшов Михаил Олегович
National Research Mordovian State University, Saransk
michaelapshov@yandex.ru

In recent years, flexible LED screens have become one of the most popular and sought-after types of outdoor advertising and interior decoration. They have a number of advantages, such as compactness, ease of installation and disassembly, as well as bright and saturated colors. In this article we will look at the main features, advantages and applications of flexible LED screens.

**Keywords:** led screen, led, flexible screen, digital advertising.

В последние годы гибкие светодиодные экраны стали одним из самых популярных и востребованных видов наружной рекламы и оформления интерьеров. Они обладают рядом преимуществ, таких как компактность, легкость монтажа и демонтажа, а также яркие и насыщенные цвета. В этой статье мы рассмотрим основные особенности, преимущества и сферы применения гибких светодиодных экранов.

Гибкие светодиодные экраны состоят из отдельных светодиодов, которые расположены на гибкой подложке. Это позволяет создавать экраны любых форм и размеров, а также облегчает их транспортировку и монтаж. Кроме того, гибкие экраны обладают высокой яркостью и контрастностью, что делает их идеальными для использования в рекламных целях.

Преимущества гибких светодиодных экранов:

1. Компактность и мобильность. Гибкие экраны легко складываются и упаковываются, что позволяет перевозить их на любые расстояния и устанавливать в любом месте.

2. Легкость монтажа и демонтажа. Установка и снятие экрана занимает минимальное количество времени и не требует специальных навыков.

3. Высокая яркость и контрастность. Гибкие светодиодные экраны обеспечивают яркое и четкое изображение, которое видно даже при ярком солнечном свете.

4. Долговечность. Светодиоды имеют долгий срок службы и не теряют своей яркости со временем.

5. Энергоэффективность. Гибкие экраны потребляют минимальное количество электроэнергии, что снижает затраты на их эксплуатацию.

Одним из главных преимуществ гибких светодиодных экранов является их компактность и легкость. Благодаря этому, их можно легко транспортировать и устанавливать в любых условиях. Гибкость конструкции позволяет создавать экраны различных форм и размеров. Это открывает новые возможности для дизайнеров и маркетологов. Еще одной особенностью гибких экранов является высокая яркость и контрастность изображения. Благодаря использованию светодиодов, экраны обладают отличной цветопередачей и могут быть использованы даже при ярком солнце. Это делает их идеальным решением для использования на улице.

Кроме того, гибкие светодиодные экраны обладают высоким уровнем энергоэффективности. Они потребляют меньше электроэнергии, чем традиционные экраны, что снижает расходы на их эксплуатацию. Также светодиоды имеют долгий срок службы, и яркость изображения не снижается со временем. Однако, стоит отметить, что гибкость конструкции может привести к некоторым недостаткам. Например, могут возникать проблемы с надежностью соединений между светодиодами и проводкой. Также могут возникнуть сложности с установкой экранов на неровных поверхностях.

Несмотря на эти недостатки, гибкие светодиодные экраны являются эффективным инструментом для создания рекламы и оформления интерьера. Благодаря своей гибкости, яркости и энергоэффективности, они позволяют создавать привлекательные и запоминающиеся рекламные объекты.

Применение гибких светодиодных экранов:

1. Реклама. Гибкие светодиодные экраны используются для создания рекламных баннеров, вывесок и указателей. Они могут быть установлены на фасадах зданий, в торговых центрах и на улицах города.

2. Оформление интерьеров. Гибкие экраны позволяют создавать уникальные и стильные интерьеры. Их можно использовать для оформления витрин магазинов, ресторанов и кафе, а также для создания мобильных стендов и выставок.

3. Спортивные мероприятия. Гибкие светодиодные экраны широко используются на спортивных мероприятиях для трансляции матчей и соревнований.

Гибкие светодиодные экран – это современное и эффективное решение для рекламы и оформления помещений. Благодаря своим особенностям и преимуществам, они становятся все более популярными среди предпринимателей и дизайнеров (см. рисунок).




Гибкий светодиодный экран, установленный в торговом центре

В заключение стоит отметить, что гибкие светодиодные экраны представляют собой инновационное решение для создания наружной рекламы и интерьера. Благодаря своим конструктивным особенностям, они обладают рядом преимуществ перед традиционными экранами, такими как компактность, яркость и энергоэффективность. Однако, чтобы использовать все возможности этих устройств, необходимо учитывать их особенности и подбирать оптимальное решение для каждого конкретного случая.

## Источники

1. Тютюков С.А. Проектирование современных печатных плат. Часть 2. Выбор структуры печатной платы // Компоненты и технологии. 2017. № 12 (197). С. 92–94.

УДК 621.45.018.2

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ СРЕДЫ, НА ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ С РАЗЛИЧНЫМИ ДЛИНАМИ ВОЛН НА БИОПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ

Малаева Ева Денисовна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
malaeva_eva01@mail.ru

В современном мире создание оптимальных условий для растений является ключевой задачей в земледелии и сельском хозяйстве. При этом одним из основных факторов, влияющих на рост и развитие растений, является свет. Однако для того, чтобы растение развивалось оптимально, важно не только наличие световой энергии, но и спектр света, а также длительность светового периода, когда растение бодрствует, и темного периода, когда оно отдыхает. Именно поэтому в ходе выполнения данной работы были проведены исследования влияния искусственного освещения с различными длинами волн на рост растений, с одинаковыми образцами. Проведенные исследования позволяют выявить наиболее благоприятный тип освещения и применить результаты в производственных масштабах.

**Ключевые слова*:*** фитолампы, искусственное освещение, лабораторная установка, реле времени.

# PROJECT PLANNING OF THE ENVIRONMENT BASED ON THE STUDY OF THE EFFECT OF ARTIFICIAL LIGHTING WITH DIFFERENT WAVELENGTHS ON THE BIOPRODUCTIVITY OF PLANTS

Malaeva Eva Denisovna
KSPEU, Kazan
malaeva_eva01@mail.ru

In the modern world, creating optimal conditions for plants is a key task in agriculture and agriculture. At the same time, one of the main factors affecting the growth and development of plants is light. However, in order for the plant to develop optimally, it is important not only the presence of light energy, but also the spectrum of light, as well as the duration of the light period when the plant is awake, and the dark period when it is resting. That is why, in the course of this work, studies were conducted on the effect of artificial lighting with different wavelengths on plant growth, with the same samples. The conducted research makes it possible to identify the most favorable type of lighting and apply the results on a production scale.

**Keywords*:*** phytolamps, artificial lighting, laboratory installation, time relay.

Современные технологии позволяют создавать среду, идеально подходящую для выращивания растений внутри помещений. Одним из основных факторов, влияющих на рост и развитие растений, является искусственное освещение, которое может имитировать естественный цикл света и темноты [1, 2].

Проектирование среды для выращивания растений внутри помещений должно учитывать различные факторы, включая тип и мощность искусственного освещения, длину волны света, продолжительность светового дня и температуру [3]. Важно также подбирать подходящие сорта растений для определенных условий.

В нашем проекте использовался практический метод, в котором проводились три эксперимента с различными растениями – горох, черенки традесканции и микрозелень. Мы создали лабораторную установку, которая состоит из фитоламп (3 шт.), опорной конструкции, светоотражающего материала (фольга алюминиевая), а также были использованы термометр и колориметр (рис. 1).

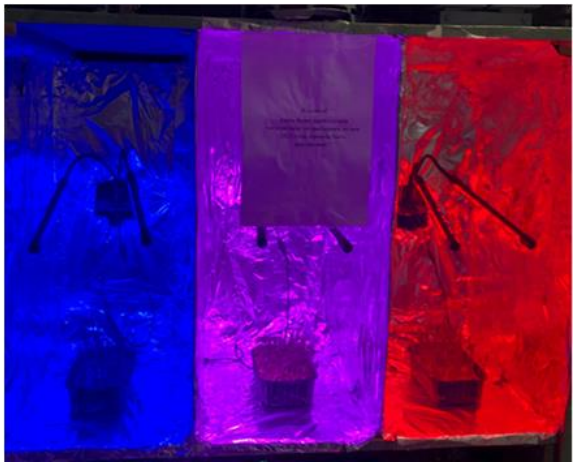


Рис. 1. Готовая лабораторная установка в КГЭУ

Для предотвращения смешения света фитоламп [4], расположенных рядом, были установлены вертикальные перегородки. На перегородки был прикреплен светоотражающий материал (фольга алюминиевая). Длительность воздействия фитоосвещения на образцы осуществлялось с помощью автоматического реле времени.

В результате каждого эксперимента было обнаружено, что все виды растений растут быстрее при синем спектре (460 нм). В работе поднимается актуальная агропромышленная проблема – при выращивании растений в осенний, зимний и весенний период при низком естественном освещении.

Исследования выполнены в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030»: соглашение № 075–15-2021-1087 от 30 сентября 2021 г.

## Источники

1. Поезжалов В.М., Нупирова А.М. Исследование эффективности светодиодного освещения для закрытого грунта // Достижения науки – агропромышленному производству: матер. LIV Междунар. науч.-техн. конф. Челябинск, 2017. Т. IV. С. 50–56.

2. Nitrogen and irradiance levels affecting net photosynthesis and growth of young coffee plants (Coffea arabica L.) / J.I. Fahl [et al.] // Journal of Horticultural Science. 1994. Vol. 69, Iss. 1. Pp. 161–169.

3. Федулов Ю.П., Подушин Ю.В. Фотосинтез и дыхание растений: учеб. пособие. Краснодар: КубГАУ, 2019. С. 3–7.

4. Свет для растений [Электронный ресурс]. URL: https://www.promgidroponica.ru/svet_dlja_rastenij?ysclid=lfsauakpd365139099 (дата обращения: 06.10.23).

УДК 621.382.2

# ПЕРСПЕКТИВЫ ОРГАНИЧЕСКИХ СВЕТОДИОДОВ

Меликянц Артем Андреевич[1], Микаева Светлана Анатольевна[2]
Журавлева Юлия Алексеевна[3]
[1,2,3]РТУ МИРЭА, г. Москва
[3]НИУ «МЭИ», г. Москва
[1]melik5009@mail.ru

В статье приводится сравнительный анализ технологии органических светодиодов. Описаны недостатки и преимущества исследуемой технологии.

**Ключевые слова:** органический светодиод, электролюминесценция, носители заряда, технология.

# PROSPECTS OF ORGANIC LIGHT-EMITTING DIODE

Melikyants Artem Andreevich[1], Mikaeva Svetlana Anatolyevna[2],
[3]Zhuravleva Yulia Alekseevna
[1,2,3]RTU MIREA, Moscow
[3]National Research University “MPEI”, Moscow
[1]melik5009@mail.ru

The article provides a comparative analysis of laser technology. The disadvantages and advantages of the technology are described.

**Keywords:** organic light-emitting diode, electroluminescence, charge carriers, technology.

Органический светодиод (OLED) состоит из нескольких тонкопленочных слоев различных материалов. Основным слоем для испускания световых волн является эмиттер (рис. 1).

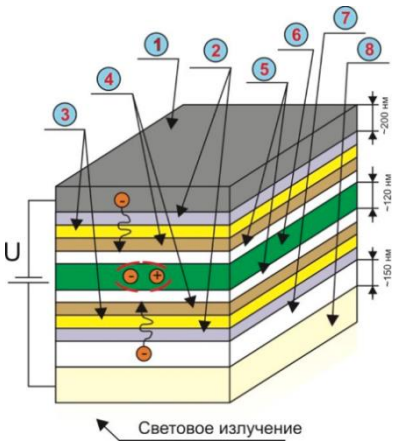



Рис. 1. Структура OLED

Буферный слой *2* необходим для регулирования проводимости частиц в инжекционный слой. Инжекционный слой *3* ускоряет носители заряда в транспортный слой. Транспортный слой соотносит заряды в эмиссионный слой от катода к аноду. Блокирующий слой *5* регулирует прохождение заряженных частиц [1].

В ходе работы были рассмотрены две технологии производства органических светодиодов: SM-OLED и POLED. SM-OLED (small molecular organic light emitting diode) – технология OLED, основанная на «малых молекулах». POLED (plastic/polymer organic light emitting diode) – технология OLED, основанная на полимерных материалах.

Электролюминесценция (процесс излучения света) основана на рекомбинации электронов и дырок. В зависимости от материалов, запрещенные зоны которых отличны друг от друга, меняется цвет, контрастность органического светодиода. В зависимости от выбранной технологии, вид и структура материала могут отличаться. К примеру, в технологии SM-OLED используется стеклянный субстрат. Это традиционный и более жесткий материал, который обеспечивает хорошую прочность и качество отображения. Во второй иначе, используются «пластичные материалы» [2].

Также меняется способ изготовления. При нанесении материала в эмиссионный и проводящий слои технология PLED используется центрифуга для нанесения плёнки, в технологии SM-OLED – термовакуумное напыление. Термовакуумное напыление – метод получения тонких пленок, основан на нагреве в вакууме вещества до его активного испарения и конденсации испаренных атомов на поверхности подложки [1].

Помимо вышеуказанных различий при производстве, существуют различия в использовании из-за свойств каждой технологии: гибкость: SM-OLED дисплеи предназначены для использования в плоских панелях, POLED дисплеи наоборот, могут быть изогнуты; толщина: SM-OLED дисплеи более толстые из-за стеклянного субстрата, который упоминался ранее, POLED более тонкие из-за свойств полимеров; качество изображения: SM-OLED обеспечивают лучшее изображение, так как стеклянный субстрат обеспечивает более равномерное распределение света.

Органические светодиоды активно используются в производстве смартфонов и телевизоров. Они применяются в дисплеях, а также в узкоспециализированных разработках, к примеру, для создания приборов ночного видения [4]. Органические светодиоды активно используются в производстве смартфонов и телевизоров. Они применяются в дисплеях, а также в узкоспециализированных разработках, к примеру, для создания приборов ночного видения.

Маленькие размеры светодиодов дают более контрастное и детальное изображение. Органические материалы требуют меньше энергии для достижения запрещённой зоны. За счет маленьких размеров дисплей на основе органических светодиодов становится тоньше. Гибкость обеспечивается с помощью технологии POLED.

В качестве недостатка органических светодиодов можно отметить высокую цену из-за стоимости оборудования для массового производства. Решение проблемы высокой стоимости на данный момент исправить невозможно из-за отсутствия улучшения технологических процессов и низкого масштаба производства. Светодиоды с синим цветом используют менее стабильные и более подверженные разложению органические материалы.

Каждый вид технологии для создания органических светодиодов имеет свои преимущества и недостатки. Это позволяют затрагивать все сферы использования оптических приборов. На данный момент коэффициент полезного действия OLED дисплеев высокий, но проблемы, указанные ранее, остаются. Для исправления проблемы со сроком службы исследователи создали излучатель на основе процесса термически активированной замедленной флуоресценции [2]. Так же, производители дисплеев на основе OLED используют меньше синего эмиттера для увеличения срока службы светодиодов. Для полного решения проблемы необходимо синтезировать новые материалы, которые меньше подвергаются разложению и влиянию окружающей среды.

## Источники

1. Васильев С. Технологические материалы для производства органических светодиодов // Степень интеграции. 2012. № 7. С. 28–30.

2. Майская В. Органические светодиоды. Удивительное рядом // Электроника НТБ. 2007. № 5. С. 39–46.

3. Highly Efficient Thermally Activated Delayed Fluorescence from an Excited-State Intramolecular Proton Transfer System / Masashi Mamada [et al.] // ACS Central Science. 2017. Vol. 3, Iss. 7. Pp. 769–777.

4. Самарин А. OLED-дисплеи: от мифов к реальности // Компоненты и технологии. 2007. № 2. С. 113–124.

УДК: 681.2: 682.9

# МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА ЛАМПАХ ДБ

Микаева Светлана Анатольевна[1], Абрамова Наталья Викторовна[2],
Шигапова Вера Александровна[3], Шушлебин Андрей Владимирович[4]
[1,2,3,4]РТУ МИРЭА, г. Москва
[3]shigapova@mirea.ru

В статье описание методики измерения ламп типа дуговая бактерицидная (ДБ), работающих при помощи электронных пускорегулирующих аппаратов (ЭПРА).

**Ключевые слова:** бактерицидная лампа, методика, измерения, значения, данные, напряжение, ток, мощность, неисправности.

# METHOD OF MEASURING VOLTAGE ON LAMPS DB

Mikaeva Svetlana Anatolyevna[1], Abramova Natalia Viktorovna[2],
Shigapova Vera Alexandrovna[3], Shushlebin Andrey Vladimirovich[4]
[1,2,3,4]RTU MIREA, Moscow
[3]shigapova@mirea.ru

The article describes the measurement technique for arc bactericidal lamps (BA), operating using electronic ballasts (ECG).

**Keywords:** germicidal lamp, technique, measurements, values, data, voltage, current, power, malfunctions.

Бактерицидные лампы эффективно помогают обеззараживать воздух. Корректное измерение напряжения в бактерицидных лампах проводится при помощи мультиметра UT71E, обеспечивающего измерение переменного напряжения с частотой около 100 кГц. Приборная погрешность для UT71E составляет ±2 В. После включения прибора UT71E необходимо перевести его в режим TrueRMS. Измерение напряжение проходит между клеммами № 1 и № 4 на ЭПРА. ЭПРА Л~220-1×120 предназначены для зажигания и обеспечения рабочего режима газоразрядных амальгамных ламп типа ДБ. ЭПРА работает в сетях однофазного переменного тока [1–3]. Отличительными особенностями данного типа ЭПРА являются:

1) работа в УФ установках водных, воздушных облучателях и рециркуляторах;

2) корпус исполнения 181 без верхней крышки и имеет степень защиты от проникновения IP-00;

3) выход (клеммы № 5, № 6) для подключения светосигнального индикатора «Работа» загорается при наличии тока лампы и её включении, гаснет при её выключении.

Источник расположенный в ЭПРА дает питание светодиодного индикатора током 5–10 мА, от источника. В случае технической невозможности измерить напряжение на ЭПРА допускается производить измерения в другом месте. При этом в отчете должно быть указано, в каком месте электрической цепи производилось измерение напряжения. Габаритные размеры ЭПРА, а также этикетка со схемой подключения (рис. 1).

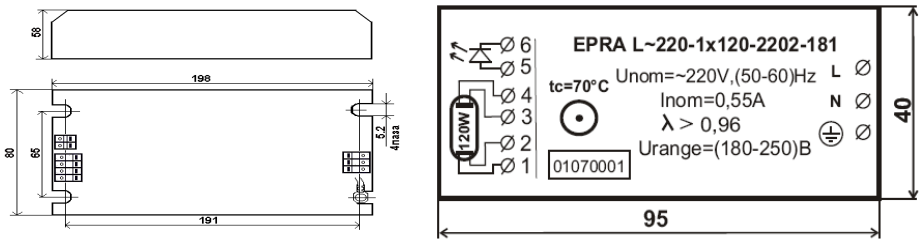



Рис. 1. Габаритные размеры и этикетка ЭПРА Л~220-1×120

Лампы рассчитаны для работы с электронными пускорегулирующими аппаратами, обеспечивающими необходимый разрядный ток лампы (в дальнейшем именуемыми ЭПРА) при питании как от сети переменного тока частоты 50±2 Гц с номинальным напряжением $220^{+15}_{-10}$ В, так и от сети постоянного тока с напряжением сети 80±2 В. Лампа должна соответствовать требованиям к ГОСТ 6825. Указанные параметры обеспечиваются при использовании рекомендуемых производителем ЭПРА. Общий вид и габаритные размеры лампы должны соответствовать указанным (рис. 2). Климатические факторы: для эксплуатации в рабочем состоянии при температурных значениях воздуха в интервалах от +10 °С до +40 °С и относительной влажности воздуха порядка 80 % при температуре + 25 °С; для эксплуатации в нерабочем состоянии – У, тип атмосферы II, категория размещения 2 по ГОСТ 15150.

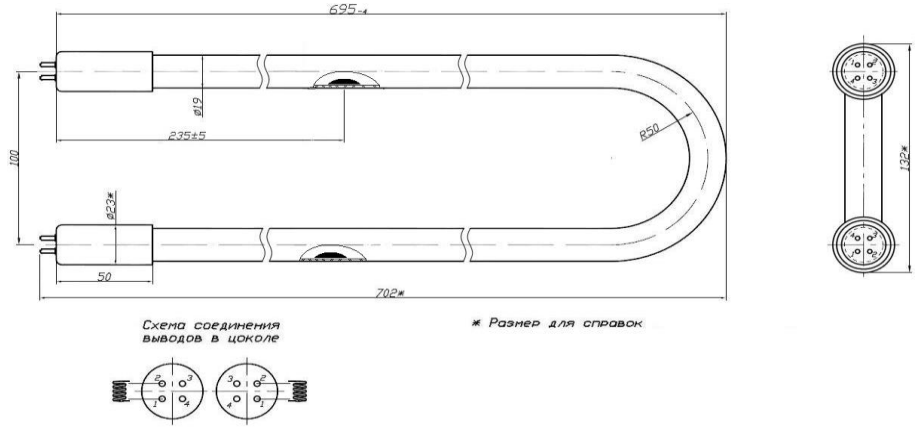



Рис. 2. Присоединительные размеры ламп

Общий вид и габаритные размеры лампы должны соответствовать указанным (рис. 2). Вышеперечисленные параметры обеспечивают долговечную и бесперебойную работу ЭПРА. Изоляция цоколей выдерживает приложенные 1500 В без пробоя и перекрытия в течение одной минуты. Значение сопротивления изоляции цоколей должно быть не менее 2 МОм во всем диапазоне климатических условий. При использовании других ЭПРА параметры лампы могут отличаться от указанных.

## Источники


1. Энергосберегающие ЭПРА управляющего типа для бактерицидных ламп большой мощности / С.А. Микаева [и др.] // Энергобезопасность и энергосбережение. 2023. № 3. С. 38–40.

2. Микаева С.А., Микаева А.С. Устройство для контроля характеристик энергосберегающих компактных люминесцентных ламп // Вестник Московского государственного университета приборостроения и информатики. Серия: Приборостроение и информационные технологии. 2012. № 38. С. 28–33.

3. Шигапова В.А., Микаева С.А. Калибровка датчиков ДИ-24 и ДИ-24-10 для промышленных установок по обеззараживанию воды с помощью УФ-излучения // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2023. № 9. С. 419–424.

4. Микаева С.А., Микаева А.С. Вопросы совершенствования ультрафиолетовых разрядных ламп низкого давления // Вестник Московского государственного университета приборостроения и информатики. Серия: Приборостроение и информационные технологии. 2012. № 41. С. 21–24.

УДК: 681.2: 682.9

# МЕТОДИКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ УФ-МОНИТОРА ДЛЯ РАБОТЫ УСТАНОВОК ПО ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЮ

Микаева Светлана Анатольевна[1], Микаева Анжела Сергеевна[2],
Шигапов Артём Эдуардович[3]
РТУ МИРЭА, г. Москва
shigapova@mirea.ru

В статье описана методика программирования УФ-монитора для работы установок по обеззараживанию воды, воздуха и поверхностей.

**Ключевые слова:** методика, УФ-монитор, программирование, обеззараживание, установки по обеззараживанию, импульсная техника.

# UV MONITOR PROGRAMMING TECHNIQUE FOR THE OPERATION OF DISINFECTION PLANTS

Mikaeva Svetlana Anatolyevna[1], Mikaeva Angela Sergeevna[2],
Shigapov Artem Eduardovich[3]
RTU MIREA, Moscow
shigapova@mirea.ru

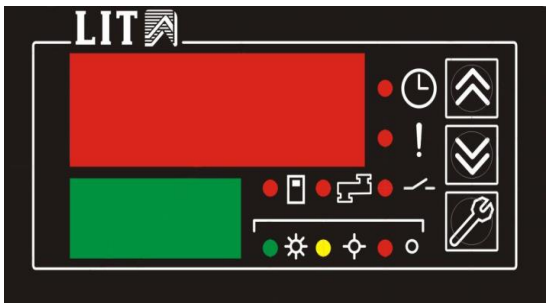
The article describes the method of programming a UV monitor for the operation of water, air and surface disinfection plants.

**Keywords:** methodology, UV monitor, programming, disinfection, disinfection installations, pulse technique.

При создании УФ-монитора в него была заложена возможность работы в составе пульта управления без платы автоматики для работы УФ установок по обеззараживанию воды, воздуха и поверхностей производства компании ЛИТ (ООО «Лаборатория импульсной техники», г. Москва).

В таком режиме УФ-монитор теряет ряд функций, но сохраняет свойство работать в режиме измерителя и счетчика времени наработки и числа включений установки. Для реализации такого режима работы необходимо изменение соответствующего программируемого параметра УФ-монитора (параметру ALr.0 из группы параметров inP.2 присвоить значение no) [1–3].

При подаче питания на установку на верхнем цифровом дисплее УФ-монитора в течение трех секунд отображается надпись Lit. На нижнем цифровом дисплее в это же время отображается версия программы прибора, например, b.002, методика программирования УФ-монитора (см. рисунок).




УФ- монитор

Затем измеритель переходит в режим «Работа», в котором на верхнем цифровом дисплее отображается текущее значение УФ интенсивности (или **«- - - -»,** если не включены УФ лампы), а на нижнем – младшие разряды времени наработки [4–6].

Для перехода в режим «Программирование» необходимо нажать и удерживать кнопку в течение 5 с. На верхнем цифровом дисплее появится мигающая надпись PASS. После чего, используя кнопки и , необходимо ввести пароль администратора (число 144), затем нажать и удерживать кнопку в течение 5 с.

На нижнем цифровом дисплее пробежит символ «–», означающий запись пароля и возможность доступа к изменению параметров. На верхнем цифровом дисплее появится надпись ACCS, а на нижнем – *none*.

Для перехода к параметру ALr.0 необходимо сначала дважды нажать кнопку (высветится inP2), затем кнопку (на верхнем дисплее загорится ALr.0, на нижнем -YES).

Для изменения параметра нажать кнопку (надпись ALr.0 замигает), затем кнопку (на нижнем дисплее появится надпись no); затем нажатием в течении 5 сек. кнопки записать значение параметра в память прибора (на нижнем дисплее должны пробежать символы «-»).

Для выхода из режима «Программирование» нажать 9 раз кнопку (появится надпись End), затем , затем 5 раз кнопку (снова появится надпись End***)*** и еще раз .

Процедуру выхода из режима программирования можно не делать – УФ-монитор автоматически возвращается из режима «Программирование» в режим «Работа» по истечении 300 с после последнего нажатия любой из кнопок на панели прибора.

## Источники

1. Характеристики комплекта мощная УФ лампа – ЭПРА / О.Ю. Коваленко [и др.] // Светотехника. 2021. № 3. С. 15–18.

2. Применение импульсного УФ излучения для обеззараживания воздуха и поверхностей / Л.М. Василяк [и др.] // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики: матер. XIII Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием в рамках IV Всерос. светотехнического форума с международным участием / отв. ред. О. Е. Железникова. Саранск, 2017. С. 75–88.

3. Дюкин А.А., Микаева С.А. Контроль УФ-излучения в установках по обеззараживанию воздуха // Российская научно-техническая конференция с международным участием. Информатика и технологии. Инновационные технологии в промышленности и информатике: сб. докл. конф. Москва, 2019. С. 228–234.

4. Шигапова В.А., Микаева С.А. Калибровка датчиков ДИ-24 и ДИ-24-10 для промышленных установок по обеззараживанию воды с помощью УФ-излучения // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2023. № 9. С. 419–424.

5. Установки для обеззараживания воздуха и воды ультрафиолетовым излучением / С.А. Микаева [и др.] // Промышленные АСУ и контроллеры. 2012. № 1. С. 63–68.

УДК: 681.2: 682.9

# АНАЛИЗ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИЗМЕРЕНИЯ ДУГОВЫХ БАКТЕРИЦИДНЫХ ЛАМП

Микаева Светлана Анатольевна[1], Шигапов Артём Эдуардович[2],
Шигапова Вера Александровна[3]
РТУ МИРЭА, г. Москва
shigapova@mirea.ru

В статье описана методика анализа неисправностей ламп типа дуговая бактерицидная (ДБ), работающих с помощью электронных пускорегулирующих аппаратов (ЭПРА).

**Ключевые слова:** анализ неисправностей**,** последствия, измерения, лампа, электронные пускорегулирующие аппараты (ЭПРА), диаметр, длина, методика, неисправности.

# ANALYSIS OF MALFUNCTIONS AS A RESULT OF MEASURING ARC GERMICIDAL LAMPS

Mikaeva Svetlana Anatolyevna[1], Shigapov Artem Eduardovich[2],
Shigapova Vera Alexandrovna[3]
RTU MIREA, Moscow
shigapova@mirea.ru

The article describes a method for analyzing malfunctions of lamps of the type arc bactericidal (DB), working with the help of electronic start-up devices (EPRA).

**Keywords:** malfunction analysis, consequences, measurements, lamp, electronic start-up devices (EPRA), diameter, length, methodology, malfunctions.

Измерения проводятся следующим образом. Включаем лампу и измеряем напряжение во время разогрева. Определяем максимальное значение (обычно достигается через 3–5 мин после включения лампы). После достижения максимума, напряжение должно начать падать. Фиксируем значение максимума в протоколе. Ждем 15 минут после включения лампы. Измеряем значение напряжения в установившемся режиме. Фиксируем установившееся значение напряжение [1, 2]. Полученные измеренные электрические значения дуговых бактерицидных ламп внесем в табл. 1.

Измеряем значение напряжения в установившемся режиме. Фиксируем установившееся значение напряжение. В результате измерения ламп ДБ могут возникнуть неисправности (табл. 2).

Таблица 1

## Электрические значения различных ламп типа ДБ

| Тип лампы | Ток ламп, А | Максимальное напряжение *U*, В | Установившееся значение напряжения *U*, В | Максимальная мощность лампы, Вт | Мощность лампы и ЭПРА *P*, Вт |
|---|---|---|---|---|---|
| DB-75-2 | 0,5±0,1 | 140±10 | | 70±5 | 77 |
| DB300H | 3,2 | 75±3 | 65–78 | 240±10 | 270 |
| DB300 | 1,85 | 127±5 | 120–132 | 235±10 | 265 |
| DB350 | 3,2 | 102±3 | 92–105 | 325±10 | 350/340 |
| DB 500V | 5 | 88±2 | 80–90 | 440±12 | 510/490 |
| DB600V | 3,2 | 160±5 | 140–165 | 510±15 | 550/540 |
| DB800V | 5 | 142±3 | 125–145 | 710±15 | 790/760 |

| Тип лампы | Мощность УФ, Р254, Вт | КПД, % | Длина лампы *L*, мм | Межэлектродное расстояние, мм | Диаметр колбы *D*, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| DB-75-2 | 26±3 | 33,8 | 1200 | | 19 |
| DB300H | 90±3 | 33,3 | 1220 | 1440 | 28 |
| DB300 | 87±3 | 32,8 | 1600 | 1460 | 19 |
| DB350 | 125±5 | 35,7/36,8 | 1600 | 1460 | 28 |
| DB 500V | 150±5 | 29,4/30,6 | 1600 | 1460 | 28 |
| DB600V | 200±10 | 36,4/37 | 2460 | 2325 | 28 |
| DB800V | 240±10 | 30,4/31,6 | 2460 | 2325 | 28 |

Таблица 2

## Анализ неисправностей

| Неисправность | Причина | Последствия |
|---|---|---|
| *1* | *2* | *3* |
| Максимальное напряжение на лампе соответствует ТУ, установившееся значение соответствует таблице | Лампа работает в штатном режиме. Возможно снижение интенсивности из-за разрушения защитного покрытия | Проверить (визуально) состояние защитного покрытия в середине лампы |
| Максимальное напряжение на лампе превышает указанное в ТУ | 1. Происходит постепенная разгерметизация лампы («натекание»).<br>2. Заканчивается эмитирующее покрытие на электроде | Со временем напряжение будет расти и ЭПРА перестанет зажигать лампу. Рекомендуется замена лампы |
| Максимальное напряжение на лампе не достигло максимума, указанного в ТУ. При этом установившееся через 15 мин значение и есть максимальное | Лампа «недогрета», интенсивность меньше номинальной | Установить лампу амальгамой вверх. Повторить измерения напряжения. Рекомендуется замена лампы |
| Напряжение на лампе достигло максимума, установившееся значение ниже указанного в таблице | Лампа «перегрета», интенсивность меньше номинальной | Проконтролировать установку лампы амальгамой вниз. Проверить, не нагрелась ли вода в установке. Рекомендуется замена лампы |

Окончание табл. 2

| *1* | *2* | *3* |
|---|---|---|
| Электроды нагреваются («краснеют»), но лампа не зажигается (или тухнет вскоре после включения) | 1. Произошла разгерметизация лампы (лампа «натекла»).<br>2. Закончилось эмитирующее покрытие на электроде | Замена лампы |
| Электроды не нагреваются | Обрыв электрода. Плохой контакт в разъеме. Обрыв в проводах. | Проверить электроды тестером («прозвонить»). Осмотреть разъем. Установить в гнездо заведомо рабочую лампу |

Измерения следует проводить при включенном протоке воды через установку. Допускается проводить кратковременные (до 30 мин) измерения на установке заполненной водой без протока. При этом необходимо контролировать, чтобы температура воды соответствовала рабочей температуре [3–5].

## Источники

1. Папян В.А., Микаева С.А., Журавлева Ю.А. Принципы функционирования полупроводниковых приборов // Наукосфера. 2023. № 4-2. С. 276–280.

2. Шигапова В.А., Микаева С.А. Исследование и калибровка датчиков ДИ-24 и ДИ-24-10 // Оптические технологии, материалы и системы: сб. докл. конф. М., 2022. С. 267–274.

3. Энергосберегающие ЭПРА управляющего типа для бактерицидных ламп большой мощности / С.А. Микаева [и др.] // Энергобезопасность и энергосбережение. 2023. № 3. С. 38–40.

4. Микаева С.А., Брысин А.Н., Журавлева Ю.А. Электроника и схемотехника: учеб. пособие. М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. 184 с.

5. Микаева С.А. Компактные люминесцентные лампы с применением амальгам // Инженерная физика. 2008. № 1. С. 43–44.

6. Анализ характеристик галогенных ламп накаливания / О.Ю. Коваленко [и др.] // Светотехника. 2021. № 2. С. 58–61.

УДК 628.9.041.8:616.36-008.5

# ИСТОЧНИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОТОТЕРАПИИ ЖЕЛТУХИ

Нестеркина Нина Петровна[1], Олейник Илья Алексеевич[2], Колтаева Оксана Алексеевна[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева», г. Саранск
[1]nesterkina.n@mail.ru, [2]oleynik_ilya0120@mail.ru, [3]koltaeva.o@yandex.ru

В статье представлен анализ современных источников оптического излучения, использующихся в медицинских облучательных приборах для лечения желтухи методом фототерапии.

**Ключевые слова:** фототерапия, желтуха, источник излучения, люминесцентная лампа, светодиод, спектр излучения, длина волны.

# OPTICAL RADIATION SOURCES FOR JAUNDICE PHOTOTHERAPY

Nesterkina Nina Petrovna[1], Oleynik Ilya Alekseevich[2], Koltaeva Oksana Alekseevna[3]
[1,2,3] National Research Mordovia State University, Saransk
[1]nesterkina.n@mail.ru, [2]oleynik_ilya0120@mail.ru, [3]koltaeva.o@yandex.ru

The article presents an analysis of modern sources of optical radiation used in medical irradiation devices for the treatment of jaundice by phototherapy.

**Keywords:** phototherapy, jaundice, radiation source, fluorescent lamp, led, radiation spectrum, wavelength.

Желтуха является визуальным проявлением гипербилирубинемии новорожденных. При данном заболевании уровень билирубина в крови превышает допустимые показатели, что может привести к патологиям печени, центральной нервной системы, головного мозга младенца. Для лечения подобного заболевания нередко используется фототерапия. Данный метод лечения заключается в облучении кожных покровов пациента специальными медицинскими приборами. Как правило, такие приборы содержат источники излучения со спектром в области 420–470 нм.

В современных медицинских облучательных приборах для лечения гипербилирубинемии используются разрядные лампы низкого давления и светодиоды [1].

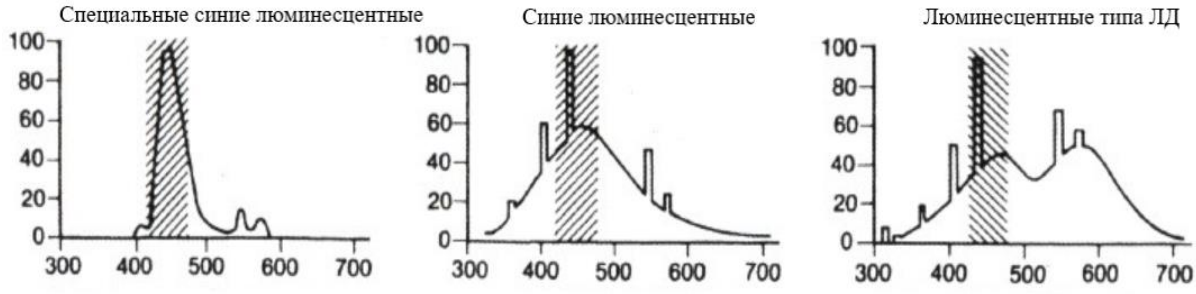
Специальные разрядные лампы низкого давления синего спектра практически не отличаются от базовых конструкций линейных люминесцентных ламп. Главной особенностью синих люминесцентных ламп является специальный люминофор, преобразующий излучение ртутного разряда низкого давления в излучение нужного цвета. В синих

люминесцентных лампах отечественного производства (ЛС, ЛГ) как правило, применяется люминофор марки ФЛ-447 (хлорфосфат стронция-бария, активированного европия). Длина волны в максимуме спектра излучения составляет 450±5 нм. Излучение ламп в области длин волн менее 400 нм практически отсутствует и составляет не более 1 % от излучения в области 400–500 нм. Номинальная продолжительность горения ламп, как в стартерных, так и в бесстартерных схемах включения составляет не менее 5000 ч. Часто при фототерапии желтухи синие люминесцентные лампы используются в комбинации с люминесцентными лампами дневного и холодного белого света.

Зарубежными аналогами отечественных ламп синего спектра являются лампы TL/52, PL/52, TL/03, TL/18, выпускаемые компанией «Philips».

Абсолютная спектральная интенсивность излучения синих люминесцентных ламп зависит от потребляемой мощности и как следствие от мощности ртутного разряда. Также на эффективность выходного синего излучения существенно влияет марка люминофора и его гранулометрический состав.

На рисунке приведены спектры излучения разрядных источников света низкого давления для лечения желтухи.




Спектры излучения разрядных ламп низкого давления применяемых для фототерапии

В современных медицинских приборах для фототерапии новорожденных большое распространение получили синие светодиоды на основе GaN и InGaN [2]. Данные полупроводниковые приборы способны излучать свет с высокими уровнями спектральной плотности более 200 мкВт/(см$^2$ · нм) при очень низком образовании тепла в пределах крайне узкого максимума спектра излучения (460–465 нм). При использовании светодиодов в качестве источников синего излучения в облучательных приборах для фототерапии значительно возрастает срок эксплуатации самих приборов – до 50000 ч. Приборы, оснащенные сверхъяркими светодиодными элементами имеют увеличенную интенсивность облучения

при значительно сниженном потребление энергии. В настоящее время светодиодные фототерапевтические системы для лечения желтухи представлены в основном кувезами и облучательными модулями на штативах.

Синие светодиоды испускают свет в диапазоне 420–490 нм (пиковая длина волны 440–470 нм) [3]. Этот диапазон соответствует спектральному максимуму поглощения излучения билирубином. Синие светодиоды не излучают в ультрафиолетовой и инфракрасной областях спектра, поэтому являются относительно безопасными при фотобиологическом воздействии на кожные покровы пациента.

Таким образом, на основании проведенного анализа можно заключить, что наиболее эффективными источниками излучения для фототерапии новорожденных являются цветные разрядные лампы низкого давления и синие светодиоды. Каждый из указанных источников имеет свои особенности при моделировании и построении систем фототерапии, однако они не снижают общей эффективности приборов в борьбе с гипербилирубинемией.

## Источники

1. Оборудование для фототерапии новорожденных [Электронный ресурс]. URL: https://meduniver.com/Medical/Akusherstvo/oborudovanie_dlia_fototerapii.html (дата обращения: 02.11.2023).

2. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю.Б. Айзенберга, Г.В. Бооса. 4-е изд. перераб. и доп. М., 2019. 896 с.

3. Ларюшин А.И., Хизбуллин Р.Н. Оптико-электронные приборы и биодозиметрический контроль в медицине: моногр. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. 248 с.

УУДК 628.9:621.84

# ПЛАН ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ ВОПРОСОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЙ УСЛОВИЙ ОСВЕЩЕНИЯ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЗРИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП

Смолин Константин Александрович[1], Ашрятов Альберт Аббясович[2]
ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева», г. Саранск
[1]smolin94@yandex.ru, [2]ashryatov@rambler.ru

Данная статья посвящена разработке плана эксперимента, который позволит исследовать, как различные возрастные группы реагируют на разные условия освещения. Авторы считают необходимым проведения эксперимента для выявления взаимосвязи между освещением и способностями человека в восприятии информации, ведь успешное выполнение визуальных задач в повседневной обстановке в значительной степени зависит от качества освещения.

**Ключевые слова:** качество освещение, индекс цветопередачи, зрительная работа, методика оценки, орган зрения, пожилые люди.

# EXPERIMENTAL PLAN FOR RESEARCHING THE EFFECTS OF LIGHTING CONDITIONS ON VISUAL PERFORMANCE FOR DIFFERENT AGE GROUPS

Smolin Konstantin Aleksandrovich[1], Ashryatov Albert Abbyasovich[2]
National Research Mordovia State University, Saransk
[1]smolin94@yandex.ru, [2]ashryatov@rambler.ru

This article is about developing an experimental design that will explore how different age groups respond to different lighting conditions. The authors consider it necessary to conduct an experiment to identify the relationship between lighting and human abilities in perceiving information, because successful performance of visual tasks in everyday situations depends largely on the quality of lighting.

**Keywords:** quality of lighting, color rendering index, visual work, assessment methodology, organ of vision, elderly people.

В современном мире, где использование электронных устройств и компьютеров стало повседневной реальностью, вопрос о влиянии условий освещения на производительность зрительных работ становится все более актуальным. Условия освещения, будь то яркость, цветовая температура или даже их изменение в течение дня, могут оказывать значительное влияние на работоспособность и концентрацию людей. Именно поэтому проведение эксперимента для исследования этой проблемы и определения связи между условиями освещения и производительностью зрительных работ для различных возрастных групп является невероятно важным и интересным направлением исследования [1].

В ходе эксперимента будет проведена:

– оценка функционального состояния органа зрения;

– оценка функциональных показателей состояния организма человека;

– интегральная оценка эффективности освещения.

План эксперимента представлен в таблице [2].

План эксперимента

| № п/п | Наименование процедуры | Время на одну процедуру | Технические средства обследования |
|---|---|---|---|
| *1* | *2* | *3* | *4* |
| 1 | Измерение площади проекции слепого пятна монокулярно (оба глаза) | 6 мин | Кампиметр |
| 2 | Измерение остроты зрения для дали монокулярно (оба глаза) | 1 мин | Таблица Головина-Сивцева |
| 3 | Измерение остроты цветоразличения (монокулярно) | 4 мин | Аномалоскоп АН-59 |
| 4 | Адаптация к исследуемым условиям освещения | до 15 мин | Экспериментальная исследовательская установка |
| 5 | Измерение диастолического и систолического артериального давления, ЧСС | 2 мин | Тонометр |
| 6 | Корректурная проба | 2 мин | Корректорские тесты |
| 7 | Измерение объема абсолютной аккомодации | 2 мин | Таблица для исследования остроты зрения вблизи |
| 8 | Измерение времени ахроматической адиспаропии | 0,5 мин | Тест-объект для измерения ахроматической адиспаропии |
| 9 | Измерение критической частоты слияния световых мельканий | 2 мин | Психомат |
| 10 | Зрительная нагрузка | 90 мин | Работа корректорского и умственного типа |
| 11 | Заполнение анкет субъективной оценки | 3 мин | Анкеты |
| 12 | Измерение диастолического и систолического артериального давления, ЧСС | 2 мин | Тонометры |
| 13 | Корректурная проба | 2 мин | Корректорские тесты |
| 14 | Измерение объема абсолютной аккомодации | 2 мин | Таблица для исследования остроты зрения вблизи |

Окончание таблицы

| *1* | *2* | *3* | *4* |
|---|---|---|---|
| 15 | Измерение времени ахроматической адиспаропии | 0,5 мин | Тест-объект для измерения ахроматической адиспаропии |
| 16 | Измерение критической частоты слияния световых мельканий | 2 мин | Психомат |
| 17 | Измерение площади проекции слепого пятна монокулярно (оба глаза) | 6 мин | Кампиметр |
| 18 | Измерение остроты цветоразличения (монокулярно) | 4 мин | Аномалоскоп АН-59 |

Цель данного исследования заключается в определении оптимальных условий освещения, которые способствовали бы повышению производительности работы зрительной системы в зависимости от возраста испытуемых.

Свет может стимулировать разум, эмоции и циркадный ритм. Это позволяет нам определять, когда что-то начинается и заканчивается, цвета и формы. Поскольку зрение ухудшается с возрастом, пожилым людям приходится справляться с последствиями недостаточного освещения. Возрастные проблемы со слухом часто компенсируются визуальной интерпретацией речи, например чтением по губам. 80-летнему человеку требуется больший уровень освещенности, чем для молодого человека. Также необходимо учитывать возрастные заболевания, такие как деменция. Пожилые люди и люди, страдающие деменцией, часто страдают проблемами зрения и восприятия. Исследования показали, что адекватное освещение является ключом к максимально возможной самодостаточной и безаварийной жизни. Профессиональный дизайн освещения может решить эти проблемы и повысить качество жизни пациента. Эффективное использование света помогает людям, страдающим заболеванием, лучше справляться с симптомами, а также способствует независимости и мобильности. Таким образом, освещение, отвечающее индивидуальным потребностям человека, важно для успешного и эффективного дизайна интерьера. Правильный и адекватный свет также может способствовать лучшему качеству жизни, несмотря на обстоятельства [3].

## Источники

1. Железникова О. Е., Ефремова О. А., Матвиенко Ю. А. Исследования условий светодиодного освещения // Светотехника, электротехника и метрология: сб. науч.-метод. тр. Саранск, 2012. С. 98–100.

2. Амелькина С.А., Железникова О. Е., Синицына Л. В. Эффективность светодиодного освещения: моногр. Саранск: Издатель Афанасьев В. С., 2014. 200 с.

3. Тукшаитов Р.Х. Новые подходы к проектированию и контролю светодиодных светильников // Актуальные вопросы образования и науки: матер. Междунар. заоч. науч.-практ. конф. Тамбов, 2013. С. 151–152.

УДК 628.9:621.382.2

# ЭЛЕКТРОННЫЙ СВЕТОДИОДНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ РАЗЛИЧЕНИЯ ЦВЕТОВ

Спиридонов Владислав Аркадьевич[1], Микаева Светлана Анатольевна[2],
Журавлева Юлия Алексеевна[3], Коваленко Ольга Юрьевна[4]
[1,2,3]РТУ МИРЭА, г. Москва
[3]ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», г. Москва
[4]ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева», г. Саранск
[1]irishulka@hotmail.com

Разработка устройства на базе платформы Arduino Uno с использованием RGB-светодиодов для обучения распознаванию цветов и практике использования палитры RGB.

**Ключевые слова:** Микроконтроллеры, Arduino Uno, светодиоды, распознавание цветов, RGB-светодиоды.

# ELECTRONIC DEVICE FOR STUDYING COLOR DISCRIMINATION BASED ON RGB LEDS

[1]Spiridonov Vladislav Arkadyevich, [2]Mikaeva Svetlana Anatolyevna
[3]Zhuravleva Yulia Alekseevna, [4]Kovalenko Olga Yurievna
[1,2,3]RTU MIREA, Moscow
[3]MPEI, Moscow
[4]National Research Ogarev Mordovia State University
[1]irishulka@hotmail.com

Development of a device based on the Arduino Uno platform using RGB LEDs to teach color recognition and practice using the RGB palette.

**Keywords:** Микроконтроллеры, Arduino Uno, светодиоды, распознавание цветов, RGB-светодиоды.

Умение различать цвета и понимать, как происходит смешивание цветов на основе базовых, являются важными навыками не только для профессии художника, но и для многих других.

В ходе работы был собран макетный образец электронного устройства на основе RGB-светодиодов, который может быть использован в лабораторных занятий для различения оттенков различных цветов. Отдельное подключение каждого кристалла RGB-светодиодов позволяет менять цветность свечения. С помощью микроконтроллеров можно управлять кристаллами и создавать различные световые эффекты. На основе микроконтроллеров и светодиодных источников излучения можно создавать различные электронные устройства, которые находят применения в повседневной деятельности [1–3].

В ходе работы была собрана схема, приведенная на рис. 1, в которой используется два RGB светодиода, подключенные через резисторы на 220 Ом и три потенциометра для установки интенсивности каждой из компонент цвета.

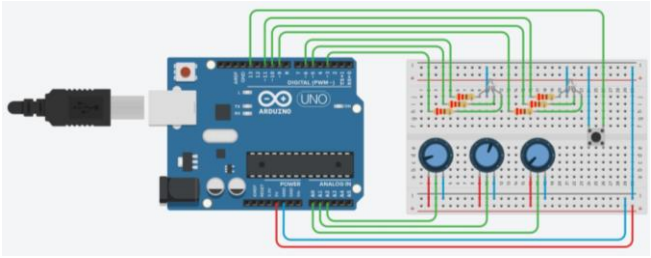


Рис. 1. Схема устройства

Алгоритм работы предложенного устройства, следующий: изначально выбирается три случайных целых числа в диапазоне от 0 до 255, они используются для выбора индикации цвета эталонного (правого) светодиода. Цвет светодиода, расположенного в левой части устройства, определяется положениями потенциометра.

По нажатию кнопки происходит автоматическое сравнение заданной цветности на цветности светодиодах: проверяется модуль разности соответствующих компонентов, и если каждая из них меньше параметра delta, то загорается зелёный светодиод на 2 с, и алгоритм начинается сначала, иначе загорается красный светодиод и есть возможность угадывать дальше.

Код программы приведен на рис. 2.

```
#define PIN_LED1_R 11
#define PIN_LED1_B 10
#define PIN_LED1_G 9
#define PIN_LED2_R 6
#define PIN_LED2_B 5
#define PIN_LED2_G 3
#define PIN_BUTTON 13
int r = 0;
int g = 0;
int b = 0;
int delta = 20;
void setup() {
    randomSeed(analogRead(2));
    pinMode(PIN_LED1_R, OUTPUT);
    pinMode(PIN_LED1_B, OUTPUT);
    pinMode(PIN_LED1_G, OUTPUT);
    pinMode(PIN_BUTTON, INPUT_PULLUP);
    pinMode(A0, INPUT);
    pinMode(PIN_LED2_R, OUTPUT);
    pinMode(A1, INPUT);
    pinMode(PIN_LED2_B, OUTPUT);
    pinMode(A2, INPUT);
    pinMode(PIN_LED2_G, OUTPUT);
    Serial.begin(9600);
    r = random(0, 255 + 1);
    g = random(0, 255 + 1);
    b = random(0, 255 + 1);
}
void loop() {
    analogWrite(PIN_LED1_R, r);
    analogWrite(PIN_LED1_B, b);
    analogWrite(PIN_LED1_G, g);
    int rCurrent = map(analogRead(A2), 1023, 0, 0,
255);
    int bCurrent = map(analogRead(A0), 1023, 0, 0,
255);
    int gCurrent = map(analogRead(A1), 1023, 0, 0,
255);
    analogWrite(PIN_LED2_R, rCurrent);
    analogWrite(PIN_LED2_B, bCurrent);
    analogWrite(PIN_LED2_G, gCurrent);
    if (digitalRead(PIN_BUTTON) == LOW) {
        Serial.println(r);
        Serial.println(g);
        Serial.println(b);
        Serial.println(rCurrent);
        Serial.println(gCurrent);
        Serial.println(bCurrent);
        if (abs(rCurrent - r) < delta && abs(bCurrent
- b) < delta && abs(gCurrent - g) < delta) {
            analogWrite(PIN_LED1_R, 0);
            analogWrite(PIN_LED1_B, 0);
            analogWrite(PIN_LED1_G, 255);
            analogWrite(PIN_LED2_R, 0);
            analogWrite(PIN_LED2_B, 0);
            analogWrite(PIN_LED2_G, 255);
            r = random(0, 255 + 1);
            g = random(0, 255 + 1);
            b = random(0, 255 + 1);
        } else {
            analogWrite(PIN_LED1_R, 255);
            analogWrite(PIN_LED1_B, 0);
            analogWrite(PIN_LED1_G, 0);
            analogWrite(PIN_LED2_R, 255);
            analogWrite(PIN_LED2_B, 0);
            analogWrite(PIN_LED2_G, 0);
        }
        delay(2000);
    }
    delay(10);
}
```

Рис. 2. Код программы

На основе разработанного устройства можно определить насколько испытуемый способен различить оттенки цвета. При проведении лабораторных экспериментов в дополнении к предложенному светодиодному устройству можно изменять уровень общей освещенности, усложняя эксперимент, тем самым проверив остроту зрения.

## Источники

1. Электронные устройства для отображения эмоций со светодиодной индикацией / М.А. Никитин [и др.] // Инновационные технологии в электронике и приборостроении: сб. докл. Рос. науч.-техн. конф. с междунар. участием. М., 2021. С. 246–251.

2. Электронное устройство для трансляции текстовой информации в код Морзе со светодиодной индикацией / О.Е. Железникова // Справочник. Инженерный журнал. 2021. № 5 (290). С. 48–52.

3. Управление цветностью прибора со светодиодной лентой в зависимости от температуры и влажности воздуха / О.Ю. Коваленко [и др.] // Справочник. Инженерный журнал. 2021. № 5 (290). С. 53–56.

УДК 628.9.069

# ФОРМИРОВАНИЕ БИОДИНАМИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ОСВЕЩЕНИЯ В ОФИСНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Трущенко Екатерина Евгеньевна[1], Гречкина Татьяна Валерьевна[2]
[1,2]НИ ТПУ, г. Томск
[1]tee11@tpu.ru, [2]greta_TV@tpu.ru

Настоящая работа направлена на исследование светоцветовой среды офисных пространств, с учетом проведения опроса и актуализации световых предпочтений для респондентов с выполнением разных зрительных задач в течение рабочего дня. Как известно, грамотно спроектированное освещение, особенно биодинамического характера способно повысить работоспособность человека. По результатам опроса студентов и офисных работников установлено, что в начале рабочего дня для них предпочтителен теплый или нейтральный свет, в середине дня – нейтральный и ближе к концу – теплый свет. Кроме того, большинство респондентов предпочитают бодрящую и настраивающую на работу световую атмосферу в офисе. На основе результатов опроса и рекомендациях по проектированию биодинамического освещения выполнена проработка проекта освещения офисного пространства бизнес-центра.

**Ключевые слова:** управление освещением, биодинамическое освещение, светодизайн, сцены освещения, светодиодное освещение.

# BIODYNAMIC LIGHTING ENVIRONMENT ORGANIZATION IN THE OFFICE SPACE

Trushchenko Ekaterina Evgenevna[1], Grechkina Tatyana Valeryevna[2]
[1,2]NR TPU, Tomsk
[1]tee11@tpu.ru, [2]greta_TV@tpu.ru

This paper describes research of light-color environment of office spaces, taking into account conducting a survey and updating respondents light preferences for performing visual tasks during the working day. As it known, well-designed lighting, especially human centric lighting, can improve human efficiency. Based on the results of a students and office workers survey it was found that at the beginning of the working day they prefer warm or neutral light, in the middle of the day – neutral and towards the end – warm light. In addition, the majority of respondents prefer an invigorating and work-oriented lighting atmosphere in the office. Based on the survey results and human centric lighting recommendations, office lighting design of a business center was developed.

**Keywords:** controlled lighting, human centric lighting, lighting design, lighting scenes, LED lighting.

Среди новых и современных проектов освещения на сегодняшний день следует отметить решения, связанные с применением биодинамических подходов в организации и планировании освещения внутренних пространств. В частности, для некоторых образовательных [1], медицинских [2]

учреждений и офисов [3] применение биодинамического освещения сопровождается изменением условий световой среды, что положительно влияет на самочувствие человека и его восприятие [4]. Согласно концепции биодинамического освещения, важная роль отводится подбору спектра для освещаемого пространства, так синяя составляющая спектра излучения оказывает бодрящее воздействие, а желтая – успокаивающее. Например, для стимулирующего эффекта цветовая температура освещения предпочтительна в 5000–6000 К, что соответствует нейтральному, переходящему в голубой оттенок белого цвета, а в часы отдыха – 2700 К, что относится свету мягких солнечных лучей [5]. Таким образом, помещения, освещенные более теплыми тонами, и воспринимаются теплыми, т.е. оказывают эффект расслабляющей атмосферы. Но такой эффект не всегда приветствуется в рабочие и активные часы продуктивной работы офиса, что в том числе диссонирует с циркадным ритмом. Целесообразно создавать такие осветительные системы – *human centric* lighting [1, 3, 5], которые бы учитывали сезонный и физиологический циркадный ритм работников.

Перед началом проектирования, были изучены потребности потенциальных потребителей, сопоставлены результаты опроса с рекомендациями по организации освещения и нормированными параметрами. Важно было понять влияние излучения с разной цветовой температурой на рабочие показатели и эмоциональное состояние человека в течение дня, провести анкетирование работников офиса и студентов и сформировать список актуальных рекомендаций, чтобы приступить к проекту биодинамического освещения модели реального объекта.

В ходе анкетирования (октябрь 2023 г.) приняли участие 88 человек (рис. 1), где среди предпочтений следует отметить несколько факторов состояния освещения. Большинству (70 %) в течение рабочего дня необходим естественный свет, следовательно, биодинамическое освещение не может полностью заменить его. 73 % респондентов хотели бы самостоятельно управлять освещением в течение дня в зависимости от возникающих зрительных задач.

Проект освещения выполняется для офисных помещений бизнес-центра в программе DIALux evo. Планировка офисного пространства является комбинированной, с наличием открытых зон и отдельных рабочих зон (кабинеты, переговорная с зоной отдыха, конференц-зал). Отличительная черта – это панорамные окна в круглой части здания. Анализ структуры и функциональной направленности помещений бизнес-центра позволило учесть характерные факторы по типу создаваемого искусственного освещения и сформировать результаты расчета (рис. 2).

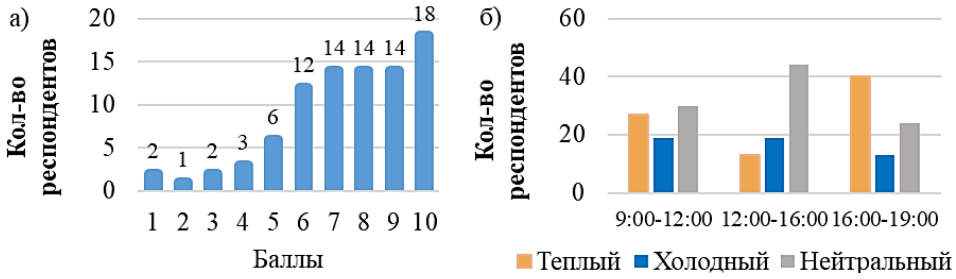



Рис. 1. Результаты опроса, октябрь 2023 г.: *а* – степень влияния освещения на самочувствие по 10-балльной шкале; *б* – предпочтительный свет в течении 3-х периодов (до 12:00, с 12:00 до 16:00, и после 16:00) рабочего дня



Рис. 2. Организация освещения офисного пространства бизнес-центра: зеленый контур – биодинамическое освещение, желтый – теплый свет 3500 К, синий – холодный свет 6500 К

Таким образом, выполнена организация освещения офисного пространства для обеспечения биодинамической среды освещения офисных помещений бизнес-центра с учетом в том числе результатов опроса целевой аудитории.

## Источники

1. Walercyk S. Human centric lighting // Arcitectural SSL. 2012. Pp. 20–26.

2. Медицинское освещение // Международная светотехническая корпорация. 2021. С. 8–13.

3. Проектирование офисного освещения с учётом Human Centric Lighting [Электронный ресурс]. URL: https://galad.ru/helpful/articles/4236795/ (дата обращения: 02.11.2023).

4. Li Y., Ru T., Chen Q. Effects of illuminance and correlated color temperature of indoor light on emotion perception [Электронный ресурс] // Scientific reports. 2021. Vol 11. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-021-93523-y (дата обращения: 23.10.2023).

5. Биодинамическое освещение рабочих мест [Электронный ресурс] // Современная светотехника. 2017. URL: http://lightingmedia.ru/uncategorized/biodinamicheskoe-osveshhenie-rabochih-mest/. (дата обращения: 07.10.2023).

УДК 621-313.3

# ХАРАКТЕРИСТИКА ОТДЕЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ СОВРЕМЕННЫХ СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП С ФИЛАМЕНТАМИ РАЗНОЙ ДЛИНЫ

ТукшаитовРафаил Хасьянович[1], Нургалиев Искандер Зульфатович[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]trh_08@mail.ru, [2]nyrgaliev@mail.ru

В работе на основе ряда типовых малоинформативных показателей филаментных светодиодных ламп новой конструкции определены те показатели, которые объективно их характеризуют: светоотдача и удельная цена светового потока. Показано, что увеличение длины филаментов и использование большего их количества в колбе способствуют увеличению ресурса ламп при условии сохранения номинального тока.

**Ключевые слова:** филамент, светодиодная лампа, длина филамента, светоотдача, удельная цена, ресурс, коэффициент энергоэффективности.

# CHARACTERISTICS OF INDIVIDUAL MODELS OF MODERN LED LAMPS WITH FILAMENTS OF DIFFERENT LENGTHS

TukshaitovRafail Hasianovich[1], Nurgaliyev Iskander Zul'fatovich[2]
KSPEU, Kazan
[1]trh_08@mail.ru, [2]nyrgaliev@mail.ru

In the work on the basis of a number of typical low-informative indicators of filament LED lamps of the new design, those indicators that objectively characterize them: the light output and the unit price of the luminous flux have been determined. It is shown that increasing the length of the filaments and using more of them in the bulb contribute to increase the service life of the lamps provided that the rated current is kept.

**Keywords:** filament, LED lamp, length of filament, light output, unit price, resource, energy efficiency factor.

Производство филаментных светодиодных ламп (ФСДЛ) в объемах их реализации, удовлетворяющих запросы потребителя, началось порядка 10 лет назад [1, 2]. Такие лампы нередко находят применение для декоративного освещения окружающего пространства, хотя по техническим условиям (ТУ) отечественного производителя «ЛИСМА» были предназначены для бытового освещения.

Благодаря стеклянному корпусу ФСДЛ имеет несколько большую световую отдачу, чем типовые светодиодные лампы (ТСДЛ), но в силу большой технологической сложности изготовления их стоимость превышает стоимость ТСДЛ.

До 2015–2020 гг. большинство филаментных ламп выпускались маломощными (не более 6 Вт) на основе применения филаментов в количестве до 6 штук. Во всех моделях ламп филаменты выполнялись длиной 30 мм с размещением на них порядка 30 светодиодов. Потребляемая мощность каждого филамента (ФМ) составляла около 1 Вт. В отдельных ФСДЛ с целью повышения светового потока допускалась токовая перегрузка ФМ, повышающая потребляемую мощность в 1,3–1,5 раза. За счет этого мощность отдельных моделях ФСДЛ увеличена до 7–9 Вт.

Естественно, при токовой перегрузке ФМ ресурс ламп должен сократиться. В немалой степени их работоспособность определяется также уровнем герметизации для сохранения содержащегося в стеклянной колбе газа гелия [2, 3].

Цель данной работы заключается в оценке технических характеристик ФСДЛ новой конструкции с длиной филаментов, равной 40 мм.

**Методика исследования.** Характерной особенностью конструкций ФСДЛ является то, что большинство из них выпускается с филаментами одной и той же длины в 30 мм. Это косвенно указывает на то, что разработчиком конструкции филаментов, используемых в ФСДЛ, является фактически одна фирма, результатом которой воспользовалась большая группа производителей ламп. Например, в трех торговых центрах города Казани выявлено наличие 17 моделей ФСДЛ с длиной филаментов, равной 40 мм, и 24 моделей с длиной филаментов в 30 мм.

В работе для более детального рассмотрения выбраны по две лампы с наибольшей, средней и наименьшей светоотдачей. На основе их технических характеристик вычислена светоотдача, а также удельная цена светового потока. Это обусловлено тем, что энергоэффективность ламп определяется не световым потоком, а светоотдачей [3]. В связи с этим представленные в табл. 1 ФСДЛ дифференцированы по уровню их светового потока, а в табл. 2 – по уровню светоотдачи.

**Результаты исследований.** В табл. 1 представлен ряд основных показателей шести ФСДЛ, заимствованных из их технических характеристик. Первоначально они расположены в последовательности по мере убывания величины светового потока. Мощность ламп находится в пределах 4–20 Вт, а световой поток составляет от 450 до 1800 лм.

Следует отметить, что за последние годы типовая мощность филаментных ламп возросла практически в 3 раза без существенного увеличения их светоотдачи, габаритов и массы. В представленной группе ламп также применяется только по 4 филамента, что не позволяет сохранить тепловой режим работы лампы на прежнем уровне и, соответственно, их ресурс.

Таблица 1

Значения ряда типовых показателей ФСДЛ с длиной филаментов, равной 40 мм

| № | Фирма | Наименование | Мощ-ность, Вт | Световой поток, лм | Цена ФСДЛ, руб. | Кол-во ФМ, шт. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Gauss | Gauss LED filamentbuld | 20 | 1800 | 625 | 4 |
| 2 | Gauss | Gauss LED filamentbuld | 15 | 1400 | 465 | 4 |
| 9 | Онлайт | Онлайт G95-8-230-2.7K-E27-GD | 8 | 810 | 555 | 4 |
| 10 | Smartbuld | day&night | 6 | 806 | 499 | 4 |
| 16 | Lexman | ledflexmanЭдис E27 470 лм | 4 | 470 | 204 | 4 |
| 17 | Gauss | ЛампаFil. Dimond E27 5W | 5 | 450 | 662 | 4 |

В табл. 2 представлены дополнительные показатели ФСДЛ с длиной филаментов 40 мм. Они позволяют более подробно охарактеризовать особенности каждой модели ламп. Вычислены два важных показателя: светоотдача (лм/Вт) и удельная цена единицы светового потока (руб./лм) [6]. Очевидно, в силу сложности обеспечения теплоотвода цоколь № 17, имеющий меньшие размеры, в рассмотренной группе моделей ламп не применяется.

Таблица 2

Значения ряда дополнительных показателей ФСДЛ с длиной филаментов, равной 40 мм

| № | Фирма | Наименование | Светоотдача, лм/Вт | Уд. цена, руб./лм | Уд. мощность Вт/ед. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 (5) | Gauss | Gauss LED filament buld | 90 (5) | 0,35 | 5 |
| 2 (4) | Gauss | Gauss LED filament buld | 93 (4) | 0,33 | 3,7 |
| 9 (3) | Онлайт | Онлайт G95-8-230-2.7K | 101 (3) | 0,69 | 2,0 |
| 10 (1) | Smartbuld | day&night | 134 (1) | 0,62 | 1,5 |
| 16 (2) | Lexman | ledflexmanЭдис E27 | 118 (2) | 0,43 | 1,0 |
| 17 (5) | Gauss | ЛампаFil. Dimond E27 | 90 (5) | 1,5 | 1,2 |
| Примечание – В скобках указан порядок расположения ламп по уровню их свето-отдачи | | | | | |

Как следует из данных табл. 2, расположение ламп по уровню светоотдачи позволяет провести более объективную оценку их возможностей. Так, ФСДЛ под № 10 и № 16 по уровню светоотдачи заняли первое и второе место. Что касается мощности, потребляемого ФМ, то она

у большинства ламп превышает значение 1 Вт и достигает 5 Вт. Представляется, что увеличение длины ФМ с 30 до 40 мм (на 33 %) полностью не компенсирует токовую перегрузку в них.

Еще в 2020 году в лаборатории кафедры КГЭУ началось исследование характеристик ФСДЛ новой конструкции модели DIALL, в которых ФМ были уже длиной 45 мм. Их испытания ведутся до полной потери светового потока. Уставлено что, по истечении 900 суток величина светового потока в условиях комнатной температуры уменьшилась до 30 % начального значения.

На сегодня уже 41 % реализуемых в Казани ФСДЛ имеют длину 40 мм. Одновременно с ними находит небольшое применение, сугубо для декоративных целей, эксклюзивные ФСДЛ с диаметром стеклянной колбы в 1,5 раза больше обычной (90 мм). Такая колба предназначена для отведения тепла и фактически выполняет роль радиатора. Этот прием отведения тепла, а также применение большего количества филаментов в колбе, позволяют уменьшить ее температуру с 35–38 °С до 25–30 °С.

**Выводы.** 1. Филаментные светодиодные лампы следует характеризовать не по величине светового потока, а по светоотдаче и удельной цене светового потока.

2. Завышение потребляемой мощности филамента до 3–5 Вт в новой конструкции филаментных ламп должно существенно сказаться на снижении их ресурса.

## Источники

1. Сравнительный анализ характеристик светодиодных филаментных ламп для бытового освещения / Н.П. Нестеркина [и др.] // Светотехника. 2020. № 5. С. 25–28.

2. Нестеркина Н.П., Кондрашин А.С. Энергоэффективность светодиодных филаментных ламп // Матер. XX науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов Национального исследовательского мордовского государственного университета им. Н.П. Огарева. В 3 ч. Саранск, 2016. Ч. 1. С. 124–129.

3. Тукшаитов Р. Конфиденциальность газового состава филаментной лампы. Зачем она нужна производителю // Полупроводниковая светотехника. 2017. № 6 (50). С. 38–40.

4. Тукшаитов Р. Результаты длительного испытания филаментных светодиодных ламп при нормальной и предельно допустимой температуре окружающей среды после демонтажа их колб // Полупроводниковая светотехника. 2020. № 1 (63). С. 18–20.

5. Тукшаитов Р., Загидуллин А. О большом ресурсе филаментной лампы новой конструкции DIALL при ее эксплуатации в условиях нормальной и предельно допустимой температуре окружающей среды // Полупроводниковая светотехника. 2021. № 4 (72). С. 26–29.

6. Электрический патрон для светодиодной лампы: п. м. 163832 Рос. Федерация № 2015146281/07; заявл. 27.10.2015; опубл. 10.08.2016, Бюл. № 22.

7. Как обеспечить заявленный срок службы светодиодных ламп / Р. Тукшаитов [и др.] // Полупроводниковая светотехника. 2016. № 2. С. 46–49.

УДК 621.3.049.77.017.7

# ПРИМЕНЕНИЕ ЖИДКОСТНЫХ ТЕРМОСТАТОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ МОЩНЫХ СВЕТОДИОДОВ

Шакиров Рустам Салихзянович[1], Фофонова Ольга Сергеевна[2],
Мальцев Алексей Александрович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань
[1]aka.aschot@yandex.ru, [2]aaa.flrqg@bk.ru, [3]malcev_@mail.ru

Рассмотрены вопросы повышения точности измерения тепловых параметров мощных светодиодов за счет применения жидкостных термостатов

**Ключевые слова:** тепловые параметры, мощные светодиоды, повышение точности, жидкостные термостаты.

# APPLICATION OF LIQUID THERMOSTATS FOR MEASURING THE THERMAL PARAMETERS OF HIGH-POWER LEDS

Shakirov Rustam Salikhzyanovich[1], Fofonova Olga Sergeevna[2],
Maltsev Alexey Alexandrovich[3]
KNRTU-KAI, Kazan
[1]aka.aschot@yandex.ru, [2]aaa.flrqg@bk.ru, [3]malcev_@mail.ru

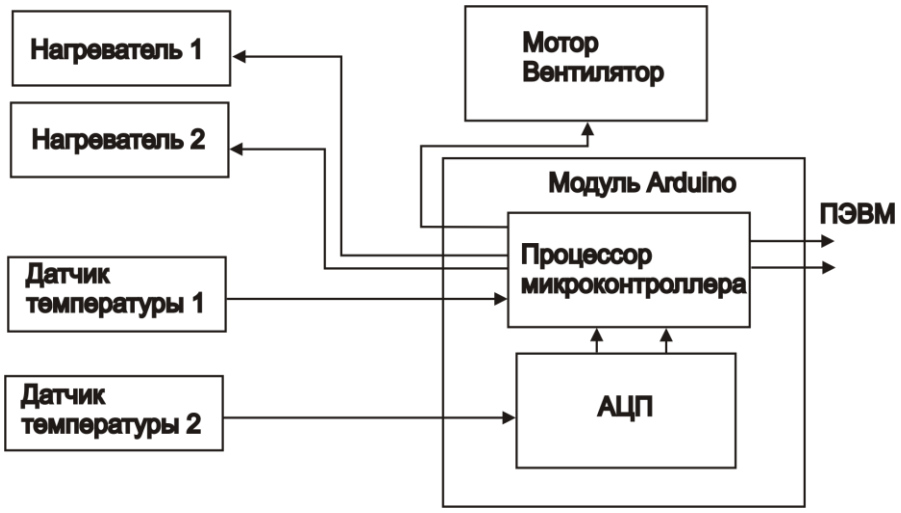
The issues of increasing the accuracy of measuring the thermal parameters of high-power LEDs due to the use of liquid thermostats are considered

**Keywords:** thermal parameters, high-power LEDs, accuracy improvement, liquid thermostats.

Вопросы диагностики светодиодных решения являются актуальной задачей на настоящее время [1]. Тепловые параметры светодиодов напрямую влияют на надежность, как самих светодиодов, так и светодиодных систем в целом. Измерения тепловых параметров мощных светодиодов, например, температуры *p-n*-перехода и теплового сопротивления переход-корпус проводится в 2 этапа по ГОСТ [2]. Первый этап измерения температурного коэффициента прямого напряжения (ТКН) светодиода. Второй этап измерения и расчет перегрева p-n и теплового сопротивления светодиода. Измерения ТКН проводят с применением термостатов и от их метрологических характеристик напрямую зависит точность измерения. Обычно для этой цели используют воздушные термостаты, которые имеют большое время выхода на режим.

Для уменьшения времени измерения и более точного определения ТКН светодиода, может быть осуществлен переход на жидкостные термостаты. Жидкости, обладая большой плотностью и теплоемкостью и сами по себе обладают хорошими термостатическими свойствами. Термостаты на основе сосудов с жидкостями имеет ряд серьезных преимуществ по сравнению с воздушными термостатами. Жидкостные термостаты обладают высокой стабильностью температуры и малым температурным градиентом по объему термостата. По точности поддержания температуры и температурному градиенту жидкостные термостаты имеют характеристики, которые существенно выше воздушных термостатов [3].

На рис. 1 приведена структурная схема жидкостного термостата. Вычислительным ядром схемы является модуль Arduino на микроконтроллере. Модуль управляет двумя нагревателям и мотором с вентилятором для перемешивания жидкости в термостате. В системе используются два датчика температуры. Цифровой датчик температуры DS1820 с разрешающей способностью ±0,5 °С. Датчик имеет цифровой выход и подключается к микроконтроллеру по шине 1-Wire. Датчик расположен на максимальном удалении от исследуемого светодиода и предназначен грубой регулировки температуры с точностью ±0,5 °С.




Функциональная схема жидкостного термостата для измерения ТКН мощных светодиодов

Второй датчик температуры аналогового типа К1019ЕМ1. Датчик имеет разрешающую способность ±0,1 °С. Конструктивно датчик расположен в непосредственной близости от исследуемого светодиода. Датчик предназначен для точного стабилизации температуры с точностью ±0,1 °С. Датчик подключен к аналоговому входу микроконтроллера. Для повышения точности в программе микроконтроллера применена статистическая

обработка сигналов датчика К1019ЕМ1. В термостате применена кремний органическая жидкость марки ПМС, которая обычно применяется в жидкостных термостатах [3]. В качестве нагревателей применены проволочные резисторы марки ПЭВ. В качестве мотора для перемешивания жидкости применяются двигатели постоянного тока ДПМ. Испытания жидкостного термостата показали, что выход на режим термостабилизации составляет не более 15 мин. Точность поддержания температуры по аналоговому датчику температуры составила ±0,2 °С.

**Заключение.** Применения жидкостных термостатов позволяет повысить точность и быстродействие измерения ТКН мощных светодиодов, тем самым повысить точность и быстродействие измерения температуры *p*-*n*-перехода и теплового сопротивления переход-корпус в целом. При использовании двух жидкостных термостатов, время измерения ТКН мощных светодиодов может быть сокращено и доведено до несколько секунд при сохранении высокой точности измерения [4].

## Источники

1. Тукшаитов Р., Гусманов М. Типовые и филаментные светодиодные лампы. Каким образом можно оценить их качество. Часть 2 // Полупроводниковая светотехника. 2018. № 5. С. 32–35.

2. ГОСТ 19656.15-84. Диоды полупроводниковые СВЧ. Методы измерения теплового сопротивления переход–корпус и импульсного теплового сопротивления. М.: Издательство стандартов, 1984. 21 с.

3. Никоненко В., Малышев Ю. Расширения диапазона жидкостного термостата для поверки контактных термометров // НМ-Оборудование. 2005. № 3. С. 14–16.

4. Мальцев И.А., Мальцев А.А. Способ быстрого измерения температурного коэффициента напряжения светодиодов // Полупроводниковая светотехника. 2015. № 2 (34). С. 36–38.

# Направление 7. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ ЖКХ

УДК 621.311

## ПРОБЛЕМЫ УЧЁТА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Гильмутдинова Зарина Альбертовна[1], Плотников Владимир Витальевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]z-gilmutdinova@bk.ru, [2]carpenter_wowa@mail.ru

В настоящей статье рассматривается актуальная проблема учёта энергоресурсов, играющая важную роль в обеспечении устойчивого энергетического развития. Автор проводит анализ существующих методов учёта, выявляя их преимущества и недостатки, а также предлагает рекомендации для совершенствования системы учёта энергоресурсов.

**Ключевые слова** энергоресурсы, учёт, устойчивое развитие, энергетика, методы учёта.

## ENERGY RESOURCE ACCOUNTING ISSUE

Zarina Albertyevna Gilyutdinova[1], Vladimir Vitalievich Plotnikov[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1] z-gilmutdinova@bk.ru, [2]carpenter_wowa@mail.ru

This article addresses the pressing issue of energy resource accounting, which plays a crucial role in ensuring sustainable energy development. The author calculates an analysis of existing accounting methods, identifying their advantages and disadvantages, and proposes recommendations for improving the energy resource accounting system.

**Keywords**: energy resources, accounting, sustainable development, energy, accounting methods.

Современные проблемы в учете энергоресурсов представляют собой серьезные вызовы для энергетической отрасли. Финансовая неэффективность внедрения цифровых технологий становится ключевым моментом, с учетом того, что всего 40 % предприятий выделяют специальные бюджеты на цифровую трансформацию в этой области [1]. Это ограничивает возможности внедрения передовых систем учета и мониторинга энергопотребления.

Не менее значимой проблемой является недостаток цифровых навыков у персонала. Институт *DEF* отмечает, что более 45 % компаний сталкиваются с проблемой кадров, что сдерживает эффективное использование цифровых

инструментов в учете энергоресурсов [2]. Это подчеркивает важность инвестиций в обучение и развитие персонала, чтобы улучшить их компетенции в области цифровых технологий.

Проблемы безопасности данных приобретают новый уровень значимости в свете увеличивающихся кибератак на энергетическую инфраструктуру. Исследование Института Информационной Безопасности указывает, что более 60 % предприятий сталкиваются с киберугрозами ежегодно [3]. Это подчеркивает потребность в создании более надежных систем безопасности для защиты данных об энергопотреблении.

Решение этих проблем требует не только финансовых инвестиций, но и тщательного планирования. Внедрение передовых технологий, таких как системы искусственного интеллекта для анализа больших данных, может повысить точность учета и оптимизировать энергопотребление [4]. Программы профессионального развития и обучения персонала становятся ключевым фактором для преодоления проблемы недостатка цифровых навыков [5].

Исходя из анализа статистики и исследований, можно заключить, что успешное решение проблем учета энергоресурсов требует комплексного подхода, включающего в себя сбалансированные инвестиции в технологии, обучение персонала и укрепление систем безопасности. Только такие комплексные меры смогут обеспечить энергетической отрасли эффективное управление ресурсами и устойчивое развитие в условиях современных вызовов.

В заключение, проблемы учета энергоресурсов, охваченные в данной статье, представляют собой сложный вызов для энергетической отрасли. Финансовые ограничения, недостаток цифровых навыков и растущие угрозы безопасности данных требуют комплексного и проработанного подхода. Необходимость в современных технологиях, инвестициях в обучение персонала и улучшении систем безопасности становится более чем явной. Однако, успешное преодоление этих проблем не только обеспечит точность учета энергоресурсов, но также создаст основу для устойчивого развития отрасли в условиях быстро меняющегося энергетического пейзажа.

## Источники

1. Автоматизированные системы коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ), которые экономят [Электронный ресурс] // Энергомарт: сайт. URL: http://en-mart.com/energouchet-askue/ (дата обращения: 22.10.2023).

2. Внедрение и эксплуатация АСКУЭ: проблемы и перспективы [Электронный ресурс] // Энергомарт: сайт. URL: http://www.e-m.ru/er/2005-10/22817/ (дата обращения: 28.10.2023).

3. Ерёмина М.А. Развитие автоматизированных систем коммерческого учета энергоресурсов (АСКУЭ) // Молодой ученый. 2015. № 3. С. 135–138.

4. Прошин И.А., Егоров С.В., Шепелев М.В. Автоматизация учёта электрической энергии как средство повышения энергетической эффективности // Технические науки – от теории к практике. 2014. № 33. С. 109–117.

5. Савельева Е.В. Автоматизированные системы контроля и учёта электрической энергии – решение проблемы управления энергопотреблением // Young science. 2014. № 2. С. 48–51.

УДК 620.92

# РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАЛОЙ ГЕНЕРИРУЮЩЕЙ ГАЗОПОРШНЕВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЕЙ, ОТНОСЯЩЕЙСЯ К ОБЪЕКТУ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Денисова Алина Ренатовна[1], Гурлихина Юлия Сергеевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]denisova_ar@mail.ru, [2]gurlikhina99@mail.ru

В статье рассмотрена малая генерирующая электростанция, относящаяся к объекту распределенной генерации, работающая на газопоршневой установке. Целью данной работы являлось создание надежной и эффективной системы управления малой генерирующей газопоршневой электростанцией, а так же оценка возможных технических решений, способствующих повышению надежности данной системы.

**Ключевые слова:** газопоршневая электростанция, распределенная генерация, малая генерирующая электростанция.

# DEVELOPMENT OF A CONTROL SYSTEM FOR A SMALL GAS-PISTON POWER PLANT RELATED TO A DISTRIBUTED GENERATION OBJECT

Denisova Alina Renatovna[1], Gurlikhina Yulia Sergeevna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]denisova_ar@mail.ru, [2]gurlikhina99@mail.ru

The article considers a small generating plant, related to the object of distributed generation, operating on a gas piston plant. The aim of this work was to create a reliable and efficient control system for a small gas piston power plant, as well as to evaluate possible technical solutions that increase the reliability of this system.

**Key words:** gas piston power plant, distributed generation, small generating power plant.

Современное развитие энергетики движется в сторону распределенной энергетики, происходит уход от традиционной централизованной энергосистемы. Драйверами развития становится старение оборудования крупных генерирующих электростанций, желание уменьшить потери при распределении электроэнергии на дальние расстояния, повысить надежность электроснабжения, а так же постоянный рост тарифов электроэнергии.

Распределенная энергетика позволяет за счет разбивания на малые генерирующие подстанции на различных источниках энергии решать подобные проблемы. Но данные системы так же сталкиваются с множеством проблем, которые необходимо решать, а именно создание подобных систем

электроснабжения требует решения научной проблемы управления процессами преобразования и распределения энергии, программным обеспечением, новых технических решений по его надежности.

Прежде чем планировать введение объекта малой генерации необходима технико-экономическая оценка данного нововведения. Исследования на данную тему нами проводились на примере предприятия аэрозолей «Хитон». Предприятие находится в пригороде Казани и существует с 1942 г. За время его существования, завод несколько раз модернизировался и расширялся, но в последние 25 лет не проводилось никаких мер по обновлению оборудования в соответствии с современными технологиями. В результате анализа технической документации предприятия, были выявлены основные характеристики необходимые для создания распределенной системы. С учетом всех тонкостей требующих внимание при выборе газопоршневой установки (ПГУ) путем сравнения стоимости и функциональности рынка выбор был остановлен на марке TEDOM CENTO. На каждой секции питающей подстанции устанавливаем  по два газопоршневых агрегата – 250 и 100 кВт (рис. 1).

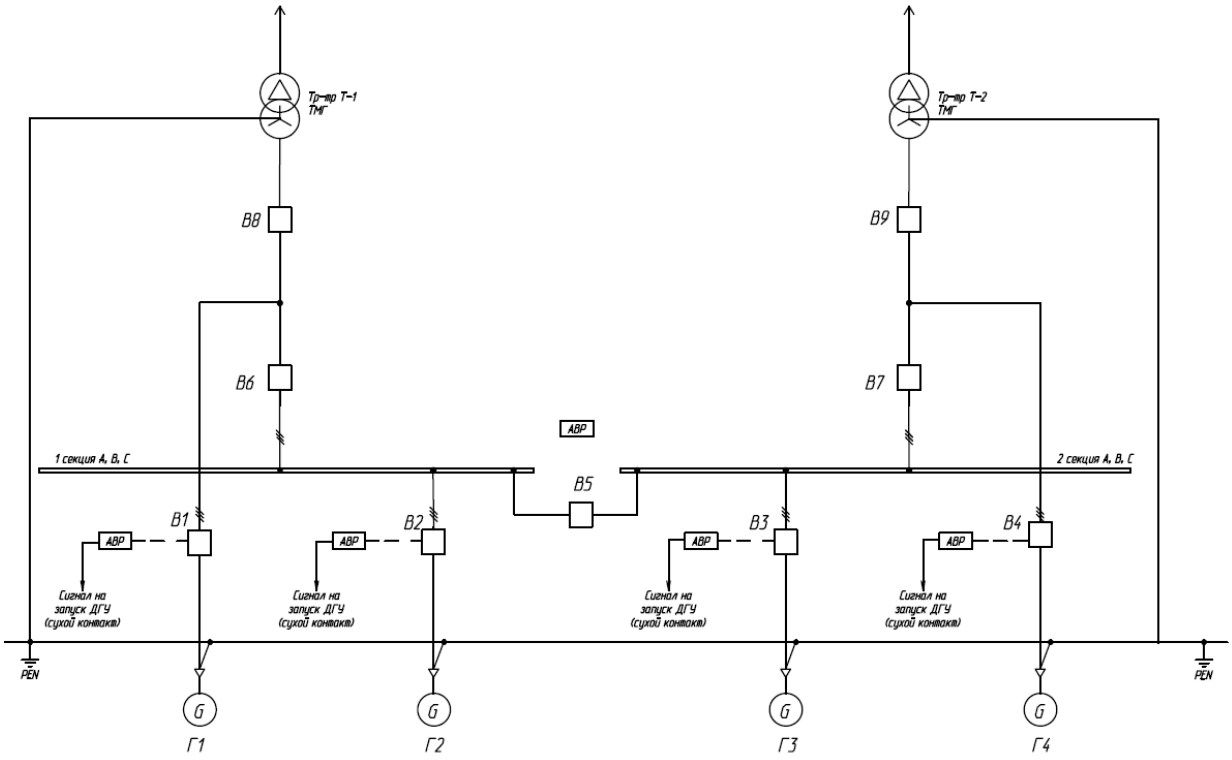



Рис. 1. Структурная схема подстанции с установкой газопоршневых агрегатов

Для того что бы работа подстанции была максимально эффективна, и надежна, разработан алгоритм основных режимов ее работы:

1) нормальный режим, при котором один генератор с каждой секции работает на нагрузку предприятия, а другие на выдачу мощности в сеть, т. е. его продажу;

2) в режиме пиковых нагрузок генераторы, работающие на отдачу электроэнергии, переключаются на основную нагрузку и таким образом, потребность собственных потребителей удовлетворяется;

3) аварийный режим со стороны внешней сети, когда на подстанции нет пиковой нагрузки. Если случилась авария со стороны внешней сети, то сначала срабатывает защита с высокой стороны, подается сигнал на отключение вводных автоматов, и отключаются автоматы ГПУ ранее работающих на продажу электроэнергии. Сами ГПУ переходят в горячий резерв – это состояние, в котором на агрегате выполнены и непрерывно поддерживаются все предпусковые условия, которые обеспечивают его немедленный запуск от кнопки «пуск», по сигналу контроллера или дисперческого пункта. Длительность нахождения в таком состоянии до 30 суток, после чего проводится техобслуживание. При восстановлении внешней сети, происходит обратный процесс;

4) аварийный режим со стороны внешней сети, когда подстанция работает в пиковом режиме. В этом случае не требуется отключение вводных автоматов, так как они уже выключены, а ГПУ для продажи электроэнергии в этот момент работает на общую нагрузку предприятия;

5) аварийный режим со стороны 0,4кВ во время нахождения подстанции в пиковых нагрузках. Если вышел из строя один из основных ГПУ (основная функция которого питать нагрузку предприятия в нормальным режиме), тогда отключается и второй ГПУ на этой секции, так как его мощности не хватит для покрытия пиковых нагрузок предприятия. После переключений ГПУ, включается вводной автомат на этой секции и подается питание из сети. Пиковые нагрузки этой секции обеспечены электроэнергией. В случае если авария случилась не на основном ГПУ, а на втором вспомогательном, алгоритм происходит аналогичным образом;

6) аварийный режим со стороны 0,4 кВ во время нахождения подстанции в нормальном режиме.

Для создания системы управления по предложенному алгоритму, была написана программа в ONI PLR Studio на языке функциональной блок-схемы FBD. Для построения систем визуализации и управления локальными установками и технологическими процессами была создана программа на базе емкостной панели оператора ONI ETC 9,7 (рис. 2).

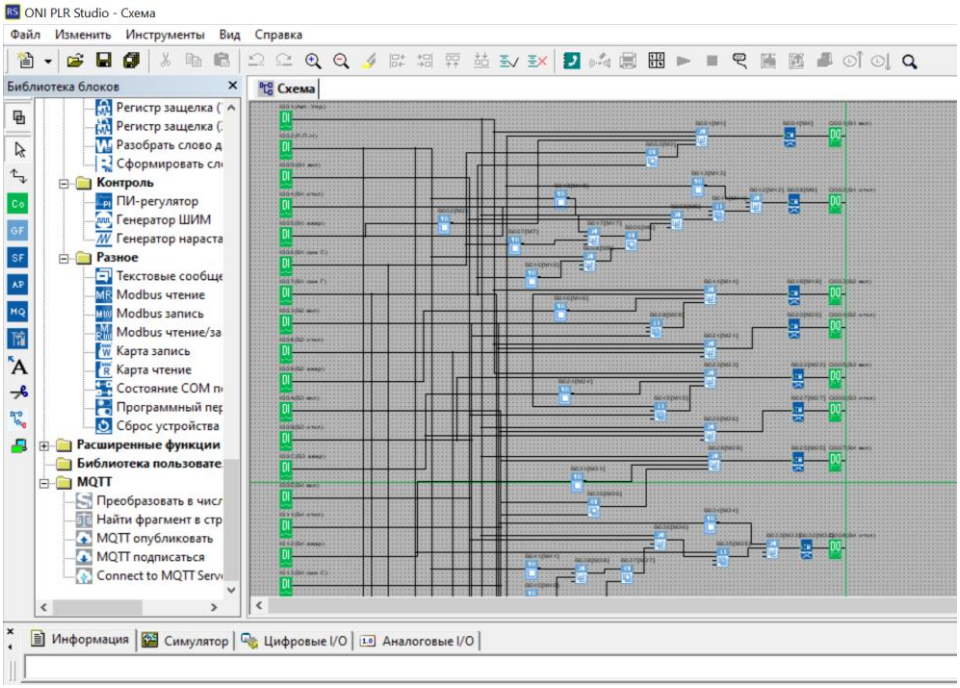



Рис. 2 Общий вид логической схемы

В результате внедрения объектов малой генерации вблизи с точками потребления электроэнергии позволит снизить потери при ее передаче и распределении, более гибко реагировать на изменение спроса, а также повысить надежность системы.

## Источники

1. Алгоритм оптимизации реконфигурации и суточных графиков нагрузки распределительной электрической сети / Е.В. Болоев [др.] // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2018. № 1. С. 25–34.

2. Марченко А.И., Денисов В.В., Мурашкина И.С. Средства и способы управления параллельной работой электрической станции малой генерации с электрической сетью // Системы анализа и обработки данных. 2019. № 1 (74). С. 77–90.

3. Режимы и автоматика Минигрид, работающих в составе распределительных электрических сетей ЕЭС / А.Г. Фишов [и др.] //Релейная защита и автоматизация. 2021. № 3. С. 22–37.

4. Кретов Д.А., Костюков В.Д., Гусарова О.М. Разработка методики расчета срока окупаемости собственного источника питания промышленного предприятия на основе газопоршневой установки // Фундаментальные исследования. 2019. № 8. С. 42–46.

УДК 621.31

# ВОЗДЕЙСТВИЕ ОТКЛОНЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ МЕДИЦИНСКОГО ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Денисова Алина Ренатовна[1], Семенова Ольга Дмитриевна[2],
Колесников Никита Евгеньевич[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «RU"E», г. Казань
[1]denisova_ar@mail.ru, [2]ollivka@bk.ru, [3]Nikita.kolesnikov.02@mail.ru

В данной статье рассмотрены основные аспекты, связанные с влиянием нарушений качества электроэнергии на надежность работы электрооборудования медицинских учреждений. Для медицинских учреждений, несмотря на важность соблюдения показателей качества электроэнергии, особые требования к их контрою отсутствуют. Однако, нарушения показателей качества электроэнергии приводят к снижению точности отображения результатов диагностики, что ведет к появлению искажений в исследовании и возникновению ошибок, которые в некоторых случаях могут быть фатальными.

**Ключевые слова:** Высшие гармоники, показатели качества электроэнергии, фильтокомпенсирующие устройства, нелинейная нагрузка, медицинское электрооборудование

# INFLUENCE OF DEVIATIONS OF ELECTRICITY QUALITY INDICATORS ON FUNCTIONING OF MEDICAL ELECTROTECHNICAL EQUIPMENT

Denisova Alina Renatovna[1], Semenova Olga Dmitrievna[2],
Kolesnikov Nikita Evgenevich[3]
[1,2,3]KSPEU, Kazan
[1]denisova_ar@mail.ru, [2]ollivka@bk.ru, [3]Nikita.kolesnikov.02@mail.ru

In this article the main aspects related to the influence of power quality violations on the reliability of electrical equipment of medical institutions are considered. For medical institutions, although it is important to meet the electricity quality indicators, there are no special requirements to counter them. However, disruptions in power quality results in less accurate display of diagnostic results, leading to study bias and errors that may be fatal in some cases.

**Keywords:** higher harmonics, electricity quality indicators, philt-compensating devices, nonlinear load, medical electrical equipment

Цифровизация и повсеместная автоматизация приводит к увеличению использования полупроводниковых нелинейных элементов в системах электроснабжения, что в результате приводит к искажению параметров электроэнергии. К нелинейной нагрузке относятся: силовое электронное

оборудование, частотные приводы переменного тока, приводы постоянного тока, выпрямители, источники бесперебойного питания, элементы, содержащие диодные мосты, освещение (люминесцентное, газоразрядное светодиодное), насыщаемые электромагнитные устройства (трансформаторы, двигатели) и т.д.

Наблюдение и ограничение электрических явлений основано на стандартизации электромагнитной совместимости в соответствии с ГОСТ 32144 и IEC 61000-xx [1].

Нарушения качества электроэнергии наносит вред потребителям электроэнергии и, в худшем случае, может представлять опасность для людей и имущества. При наличии высокочастотных гармонических стравляющих затрудняется компенсация реактивной мощности, сокращается срок службы изоляции электрических машин и аппаратов, возрастает аварийность в кабельных сетях. В этих случаях зачастую появляются сбои в работе систем релейной защиты, автоматики, телемеханики и связи. Высшие гармоники напряжения и тока оказывают влияние на значения коэффициента мощности и вращающего момента электродвигателей. Большой проблемой в электрических сетях, содержащих источники высших гармоник, является компенсация реактивной мощности с помощью батарей конденсаторов. Было выявлено, что подключение батарей конденсаторов совместно с вентильными преобразователями вызывает возникновение в этих сетях резонансных явлений. В этом случае оказывается невозможной нормальная эксплуатация конденсаторных установок без применения специальных мероприятий, направленных на устранение перегрузки конденсаторов [2-4].

Сбои в каналах передачи информации по силовым цепям при наличии гармоник приводят к подаче неправильных команд на управление коммутационной аппаратурой. Высокие уровни гармоник могут переноситься на соседние устройства в сети, что может вызывать проблемы с их работой, особенно если они не защищены от гармонических искажений.

Современные медицинские учреждения характеризуются:

– эксплуатацией значительного количества очень дорогого и технически сложного оборудования;

– высоким уровнем электроники и компьютеров;

– часто возникающей в сети во время работы высокой, но непродолжительной потребности в электроэнергии;

– высокой зависимостью жизни пациентов от качества функционирования электрооборудования.

Согласно ГОСТ 50571.28 (IEC 60364-7-710:2002) электроустановки медицинских помещений разделяются на группы 0, 1 и 2.

Наиболее требовательная группа 2 включает в себя медицинские помещения, в которых контактирующие части электрооборудования (непосредственно соприкасающиеся с телом человека наружно или внутренне) предполагается применять для выполнения внутрисердечных процедур, в операционных для показательных операций и при выполнении других жизненно важных лечебных процедур, когда прекращение (сбой) электроснабжения представляет опасность для жизни пациента. При этом первичная неисправность в цепи питания не должна приводить к отказу аппаратуры жизнеобеспечения. В помещениях группы 2 не предусматривается автоматическое отключение неисправностей, случившихся впервые. Существует жесткое требование для питания электроприемников медицинских помещений группы 1 и 2: при наличии операционных столов и флюорографических установок должны использоваться устройства защитного отключения (УЗО) с номинальным дифференциальным током срабатывания не более 30 мА. Так же повышаются требования к эффективности заземления.

Для защиты электрооборудования всех групп помещений запрещается использование предохранителей. Защита обеспечивается автоматическими выключателями каждой ветви электрической цепи с высокой степенью селективности.

При этом в помещениях, относящихся к нулевой группе, применяются стандартные автоматические выключатели, срабатывающие при превышении допустимого тока в контролируемой цепи электропитания.

Для первой группы обеспечивается двойная изоляция кабелей силовой проводки, применяются источники безопасного сверхнизкого напряжения (БСНН), системы заземлённых источников безопасного сверхнизкого напряжения (ЗСНН). Дополнительные меры для помещений этой группы предполагают использование резервных схем электроснабжения и систем уравнивания потенциалов.

Наивысшие требования к питанию электрооборудования у помещений второй группы, а именно: использование медицинской системы электропитания с изолированной нейтралью (IT); применение источников электропитания с автоматическим контролем сопротивления изоляции, уровня тока и температуры; двойная изоляция токопроводящих линий; ЗСНН; БСНН; бесперебойные источники питания, время активации которых не превышает 0,5 секунд; система уравнивания потенциалов; система аварийного электроснабжения, в том числе и для минимум 50 % светильников.

В медицинских помещениях предусматривается система дополнительного уравнивания электрических потенциалов на электрооборудовании, относящегося к «окружению пациента», а именно, защитных проводников, экранов от внешних электрических полей, сеток токопроводящих полов, металлических оболочек разделительных трансформаторов и т. д.

Система мониторинга за сопротивлением изоляции выходной обмотки трансформатора должна обнаруживать снижение данного параметра до уровня менее 50 кОм, но без автоматического отключения линии. Пульты дистанционного контроля (ПДК) должны монтироваться в корпусах со степенью защиты не менее IP54, поскольку в больничных помещениях постоянно выполняется влажная уборка и антисептическая обработка.

В медицинских помещениях используется следующие основные виды защиты от поражения электрическим током. При прямом прикосновении это основная изоляция, размещение оборудования вне зоны досягаемости, оболочка, кожух.

В палатах интенсивной терапии от источника питания систем безопасности (автономного электрогенератора или ИБП) должно быть запитано не менее 25 % общего освещения. В медицинских учреждениях особой группы по электробезопасности третий независимый источник питания должен поддерживать электропитание в течение не менее 24 ч. Приводиться в действие он должен при понижении напряжения на одном из вводов распределительного устройства, обслуживающего помещения группы 2 на 10 % на время более 3 с.

Несмотря на отсутствие в нормативных документах требований об обязательном контроле ПКЭ для медицинских учреждений особой группы, существует необходимость осуществления постоянного их мониторинга. Это обусловлено тенденцией по изменению структуры нагрузки, появлением все большого числа полупроводниковых нелинейных элементов, индуцирующих помехи, вступающих с ними в резонанс.

Практически все диагностическое оборудование является высокочувствительным к нарушениям ПКЭ, для которого изменение параметров питающей электроэнергии является критическим для нормального функционирования. Нарушения качества электроэнергии приводят к снижению точности отображения результатов диагностики, что ведет к появлению искажений в исследовании и возникновению ошибок, которые в некоторых случаях могут быть фатальными. Эти обстоятельства делают фильтрацию гармоник таких сетей всё более важной.

## Источники

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200104301 (дата обращения: 27.11.2023).

2. Моделирование влияния величины нелинейной нагрузки на качество электроэнергии промышленных электротехнических систем / Н.Н. Портнягин [и др.]. // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2017. Т. 60, № 1. С. 61–66.

3. Белашов В.Ю., Денисова А.Р. Моделирование напряжений и токов, возбуждаемых внешним ЭМ полем в кабельной линии // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2004. № 9-10. С. 47–57.

УДК 628.9

# О ЗАДАЧАХ И ПРЕИМУЩЕСТВАХ РЕАЛИЗАЦИИ СВЕТОДИОДНОЙ ПОДСВЕТКИ

Исламгулов Мурат Айратович, Иванова Вилия Равильевна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
muratislamgulov@gmail.com

В работе представлен анализ преимуществ использования светодиодной подсветки, указаны основные задачи декоративного освещения, а также представлен описание выбора основных элементов для реализации практической подсветки рабочих мест. Описана частичная реализация внутренней и внешней подсветки макета жилого дома.

**Ключевые слова:** подсветка, светодиоды, декоративное освещение, внутреннее освещение, наружное освещение.

# ABOUT THE CHALLENGES AND ADVANTAGES OF IMPLEMENTATION LED LIGHTING

Islamgulov Murat Airatovich
KSPEU, Kazan
muratislamgulov@gmail.com

The paper presents an analysis of the advantages of using LED lighting, indicates the main tasks of decorative lighting, and also provides a description of the selection of basic elements for the implementation of practical illumination of workplaces. The partial implementation of internal and external lighting of a residential building model is described.

**Keywords:** lighting, LEDs, decorative lighting, interior lighting, outdoor lighting.

В настоящее время для реализации интересных решений в декоративном освещении используются полупроводниковые источники света в различном исполнении. Последнее объясняется рядом преимуществ светодиодных источников света – малые размеры, малое энергопотребление, чистота цвета, долгий срок службы.

Известно несколько видов декоративного освещения: заливающее, контурное, локальное, фоновое и динамическое. Главной задачей декоративной подсветки является расстановка акцентов в деталях, не выходя за рамки общего стиля. У каждого вида подсветки свое назначение, так для заливающего освещения характерна гибкая подсветка по всей поверхности здания; для контурного освещения – «очерчивание» строения по контуру; для локального освещения – подсветка отдельных участков стен; для фонового – подсветка главных очертаний строений; для динамического – заливка разноцветными мерцающими светильниками.

Реализация светодизайна сопровождается решением следующих задач:

– расчетные работы;

– измерение рельефных изгибов;

– выбор мест прокладки проводки и установки щитов освещения;

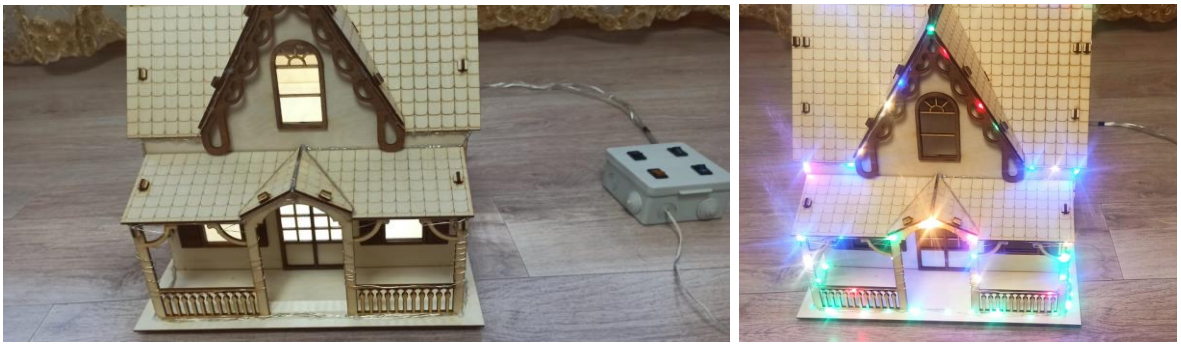
– реализация комфортного освещения;

– реализация системы управления.

Решение указанных задач регламентируется нормативными документами, учитываются такие параметры как кривая силы света, угол рассеивания света, яркость и др. В целях упрощения расчетных задач используют специальные компьютерные программы.

Помимо художественной подсветки широкое распространение получила применение практическая подсветка рабочих мест (шкафы, рабочие места на кухне и др.). Для этого используют герметичные светодиодные ленты, с их помощью осуществляется подсветка пространства над и под шкафами, внутренних функциональных пространств. При этом такая функциональная подсветка выполняется в дополнение к основному освещению и может регулироваться для удобства различными датчиками.

В работе предлагается экспериментальная реализация подобной подсветки для макета жилого дома (см. рисунок).



Внешний вид макета с реализованной светодиодной подсветкой

Здесь представлена контурная подсветка макета дома, подсветка по нижнему контуру макета, а также внутренняя подсветка с переключением белого света на два режима по параметру – цветовая температура, $T_{цв}$ и К («теплый» и «холодный» свет).

В ходе выполнения экспериментальной подсветки сделаны следующие выводы:

– при выборе светодиодных лент имеется необходимость обращать внимание на степень защиты от пыли влаги в целях обеспечения стойкости и безопасности эксплуатации;

– если управление подсветкой будет осуществляться с помощью контроллеров, то лучше в проекте использовать светодиодные ленты с напряжением питания от 24 В;

– для создания более комфортного освещения выбор лент осуществлять по качественным параметрам света (индекс цветопередачи, цветовая температура).

## Источники

1. Лин Ун С. Светодиодные решения для систем архитектурной подсветки // Полупроводниковая светотехника. 2010. Т. 5, № 7. С. 18–20.

2. Иванова В.Р., Багаутдинов А.И. Анализ организации светового комфорта рабочего пространства // Проблемы и перспективы развития электроэнергетикии электротехники: матер. IV Всерос. науч.-практ. конф. Казань, 2022. С. 250–253.

УДК 621.311.243

# АНАЛИЗ СИСТЕМ СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ НА СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

Кабиров Адель Альфредович[1], Иванова Вилия Равильевна[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
kabir2021@mail.ru

В данной работе рассматривается наиболее эффективный способ повышения выработки электроэнергии солнечными электростанциями – системы слежения за расположением солнца. Данные системы позволяют постоянно регулировать угол падения солнечных лучей на фотоэлектрический модуль, что повышает энергоэффективность, качество электроснабжения от солнечных электростанций, соответственно, рентабельность применения данных источников энергии в системах электроснабжения.

**Ключевые слова:** солнечный трекер, системы электроснабжения, системы ориентации по солнцу, солнечные электрические станции.

# ANALYSIS OF SUN TRACKING SYSTEMS IN SOLAR ELECTRIC PLANTS

Kabirov Adel Alfredovich[1], Ivanova Vilia Ravilyevna[2]
KSPEU, Kazan
kabir2021@mail.ru

This paper discusses the most effective way to increase electricity production from solar power plants – systems for tracking the location of the sun. These systems allow you to constantly adjust the angle of incidence of sunlight on the photovoltaic module, which increases energy efficiency, the quality of power supply from solar power plants, and, accordingly, the profitability of using these energy sources in power supply systems.

**Keywords:** solar tracker, power supply systems, solar orientation systems, solar power plants.

На сегодняшний день все большее распространение получают солнечные электрические станции (СЭС). Развитие данного направления электроэнергетики напрямую связано с уменьшением углеродного следа, а значит, является актуальным и востребованным. Однако данный вид генерации имеет стохастический характер выработки, что значительно снижает возможность интеграции данного источника электроэнергии в системы электроснабжения, так как невозможность регулирования и точного прогнозирования количества отпускаемой электроэнергии никак не позволяет обеспечить высокую надежность электроснабжения. На сегодняшний

день существуют различные способы повышения надежности электроснабжения от данных источников энергии, заключающиеся в использовании накопителей энергии, создании гибридных установок (дизель-ветрогенерация и солнечная генерация и др.). Однако большую роль в обеспечении бесперебойности питания играет коэффициент полезного действия используемого источника электроэнергии, в рассматриваемом случае использование систем слежения за солнцем может значительно повысить величину выработки электроэнергии фотоэлектрическими модулями (ФЭМ). Рассмотрим данные системы подробнее, а именно их классификацию.

Классификация данных систем бывает по следующим признакам: количество степеней свободы (одноосевые, двухосевые), ось вращения (горизонтальная, вертикальная, наклонная), тип привода (гидравлический и электрический), по роду тока в системе управления приводом (постоянный, переменный). Также существует классификация систем слежения за солнцем по типу управления (пассивная, превентивная, активная). Рассмотрим каждый тип.

При пассивном управлении корректировка положения фотоэлектрического модуля осуществляется за счет изменения температуры внешней среды – изменяется плотность рабочей жидкости в приводе.

Превентивная система управления отлично подходит для солнечных электростанций, так дает возможность исключения затенения фотоэлектрическими модулями друг друга в утренние и вечерние часы (в данное время модули находятся в горизонтальном положении). Наиболее эффективен для многорядных СЭС.

Активная система управления заключается в использовании внешних источников энергии для работы приводов. Рассмотрим ее виды.

1. Использование микроконтроллеров, работающих по заранее написанному алгоритму, позволяет изменять положение ФЭМ в зависимости от географического местоположения и времени суток. Изменение положения ФЭМ может выполняться как электрическим, так и ручным приводом. Данный тип управления – управление с разомкнутым контуром.

2. Управление с замкнутым контуром, подразумевает использование фоторезисторов, которые передают данные, используемые для расположения ФЭМ таким образом, что ток в фоторезисторах был уравновешен, что соответствует прямому углу между плоскостью модуля и плоскостью падения солнечных лучей.

3. Гибридное управление является наиболее эффективным, так как подразумевает использование как заранее написанных алгоритмов, так и сигналы с внешних датчиков. Как правило, это интеллектуальные системы, самостоятельно определяющие наиболее эффективное положение ФЭМ.

На сегодняшний день существует множество алгоритмов использующихся в работе системах слежения за положением солнца. Однако имеющиеся в открытом доступе результаты предназначены для лабораторных стендов, об использовании подобных систем в промышленных СЭС открытых данных нет. Однако улучшение точности работы данных систем является важным направлением развития солнечной энергетики.

## Источники

1. Обухов С.Г., Плотников И.А. Выбор параметров и анализ эффективности применения систем слежения за солнцем // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329, № 10. С. 95–106.

2. Фрид С.Е., Лисицкая Н.В. Анализ возможности увеличения коэффициента использования установленной мощности сетевых фотоэлектрических станций // Теплоэнергетика. 2022. № 7. С. 74–84.

3. Кугучева Д.К., Харитонов М.С. Система позиционирования фотоэлектрических панелей для условий застроенной среды «Солтрек» // Балтийский морской форум: матер. X Междунар. Балтийского морского форума: в 7 т. Калининград, 2022. Т. 1. С. 471–476.

4. Иванова В.Р., Габлрахманов А.Ф. Система солнечного электроснабжения // Научные перспективы XXI века: матер. Междунар. (заочной) науч.-практ. конф. / под общ. ред. А.И. Вострецова. Прага, 2018. С. 50–57.

УДК 621.31

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Колесников Никита Евгеньевич[1], Денисова Алина Ренатовна[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
Nikita.kolesnikov.02@mail.ru

В статье рассматривается вопрос использования современных систем искусственного интеллекта в электроэнергетике. Указываются области развития данного направления, такие как использование технологий в диагностике, управлении и мониторинге электрооборудования и линий электропередач.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, электроэнергетика, управление электросетями, нейросеть.

# THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE ELECTRICITY INDUSTRY

Kolesnikov Nikita Evgenevich[1], Denisova Alina Renatovna[2]
KSPEU, Kazan
Nikita.kolesnikov.02@mail.ru

The article deals with the use of modern artificial intelligence systems in the electric power industry. It specifies the areas of development of this direction, such as the use of technologies in the diagnosis, management and monitoring of electrical equipment and power lines.

**Key words:** artificial intelligence, electric power, power grid management.

Одной из самых новаторских и противоречивых технологий в современном мире, несомненно, является искусственный интеллект. Достижения науки и техники подарили человечеству совершенно другое направление в информатике в виде этой программы.

Для того чтобы точно раскрыть рассматриваемую тему, необходимо сначала раскрыть саму концепцию искусственного интеллекта. Искусственный интеллект – это система, которая может достигать желаемых результатов, устанавливая указатель цели. В этом случае система должна обладать навыками, позволяющими найти решение в рамках ограничений, заданных поставленной целью, в отличие от человека, создающего специальный метод для каждого набора входных параметров. Самой большой особенностью искусственного интеллекта является тот факт, что искусственный интеллект с меньшей вероятностью выносит ложные суждения, чем человек [1].

Искусственный интеллект выполняет множество функций, включая улучшение услуг по использованию возобновляемых источников энергии. Хорошим примером практического применения искусственного интеллекта является использование беспилотных летательных аппаратов, которые используются для улучшения профилактического обслуживания воздушных линий электропередачи, солнечных электростанций и ветряных электростанций.

Например, беспилотный летательный аппарат со встроенной камерой может снимать солнечные панели. Затем, сделав эти снимки с этого транспортного средства, искусственный интеллект может оценить их, и в случае обнаружения повреждений, направить нужных специалистов для их ремонта.

Кроме того, одной из функций искусственного интеллекта является мониторинг и оценка звука электрических машин, установленных на электростанциях. Основываясь на этих данных, искусственный интеллект может определить, работает ли оборудование нормально или находится под угрозой выхода из строя [2].

Сегодня существует множество проектов, использующих искусственный интеллект для целей прогнозирования и диагностики трафика, проектирования электрооборудования и его компонентов, управления сетью и оптимизации, а также оценки и мониторинга работы электрических сетей. Идеальной реализацией искусственного интеллекта была бы система распределения и передачи электроэнергии, предназначенная для прогнозирования потребления и выработки электроэнергии [3].

Кроме того, одной из наиболее перспективных областей применения искусственного интеллекта в энергетическом секторе является управление сетями. С помощью алгоритмов машинного обучения искусственный интеллект может анализировать данные о производстве и потреблении энергии, прогнозировать пиковые нагрузки и принимать оптимальные решения по распределению энергии для достижения максимальной эффективности. Более того, искусственный интеллект может управлять работой энергосистемы в автоматическом режиме, решая проблемы утечек и повреждений, сокращая время простоя и снижая риск возникновения аварийных ситуаций. [4]

Особенно интересным в рассмотрении данной темы является реализация искусственного интеллекта в автоматизации системы вентиляции. В частности это касается промышленных предприятий.

Данная система функционирования искусственного интеллекта реализуема в виде нейросетевого регулятора температуры воздуха в среде Matlab. В качестве входных параметров для нейросети выступают сигналы с ряда температурных датчиков.

В случае изменения параметров объекта, показатели качества системы с традиционным регулятором могут ухудшиться в результате нарушения обстоятельств оптимизации, которые заложены в инструмент регулирования на этапе проекта. При эксплуатации искусственного интеллекта система управления будет лишена данной проблемы и предоставит должное значение перерегулирования в случае преобразования параметров объекта в широком диапазоне. Исходя из этого, может прийти к выводу о том, что в числе главных плюсов использования интеллектуальных систем управления систем вентиляции на основе нейросетей и нечеткой логики является доступ к их использованию при кратком описании автоматизированных объектов или преобразовании их параметров в процессе их использования. Данный способ рационально эксплуатировать в жестких микроклиматических условиях. [5]

Задействование практики анализа данных и машинного обучения позволяет нам оптимизировать работу электроэнергетических систем, а также максимально уменьшить финансовые издержки, которые в обычной ситуации были бы выделены на обслуживание или ремонт оборудования. Более того, данная инновация способствует повышению качества производства энергии. При этом, нельзя забывать о всевозможных потенциальных рисках. Только строгий и четкий контроль над работой искусственного интеллекта может поспособствовать дальнейшей эволюции сферы электроэнергетических систем.

## Источники

1. Осипова К.Ю. ИИ для оптимизации работы электроэнергетических систем, управления нагрузками, прогнозирования и диагностики // Современные наука и образование: достижения и перспективы развития: сб. матер. XXX Междунар. науч.-практ. конф.: в 4 т. М., 2023. С. 28–30.

2. Гибадуллин А.А. Формирование модели повышения эффективности основных средств электроэнергетических компаний // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2018. № 3 (34). С. 20–25.

3. Денисова А.Р., Фахрутдинов А.Р. Внедрение систем интеллектуального учета электроэнергии и повышение наблюдаемости в высоковольтных сетях ПАО «ТАТНЕФТЬ» // Энергоэффективность и энергобезопасность производственных процессов: сб. тр. / отв. за выпуск В.В. Вахнина. Тольятти, 2019. С. 53–58.

4. Моргоев И.Д., Моргоева А.Д. Искусственный интеллект в решении задачи выявления безучетного потребления электроэнергии // Цифровые технологии и платформенные решения для управления развитием электроэнергетики: сб. науч. тр. I Всерос. науч.-практ. конф. Севастополь, 2023. С. 253–258.

5. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха / Е.С. Бондарь [и др.]. Киев: Изд-во «ТОВ “Видавничий будинок “Аванпост-Прим”», 2005. 560 с.

УДК 697

# ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА В ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ

Комар Константин Олегович
КНИТУ-КАИ, г. Казань
komarkostya2002@mail.ru

В современном мире вопросы энергосбережения и охраны окружающей среды становятся все более актуальными. Одним из ключевых направлений в этой области является использование энергосберегающих технологий в системах вентиляции и кондиционирования воздуха. Это не только позволяет снизить потребление энергии, но и улучшает качество воздуха в помещениях, что в свою очередь положительно сказывается на здоровье и комфорте жителей.

**Ключевые слова:** энергосберегающие технологии, энергосбережение, система вентиляции, кондиционирование воздуха, электроэнергия, окружающая среда.

# ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES IN VENTILATION AND AIR CONDITIONING SYSTEMS IN RESIDENTIAL BUILDINGS

Komar Konstantin Olegovich
KNRTU-KAI, Kazan
komarkostya2002@mail.ru

In the modern world, the issues of energy conservation and environmental protection are becoming more and more relevant. One of the key directions in this area is the use of energy-saving technologies in ventilation and air conditioning systems. This not only reduces energy consumption, but also improves indoor air quality, which in turn has a positive effect on the health and comfort of residents.

**Keywords:** energy-saving technologies, energy saving, ventilation system, air conditioning, electricity, environment.

В современном мире сбережение энергии является одной из основных задач, стоящих перед человечеством. Это связано с тем, что истощение природных ресурсов и глобальное потепление ставят под угрозу существование нашей планеты. В связи с этим, энергосберегающие технологии становятся все более актуальными для различных отраслей, в том числе для систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

**Энергосберегающие системы вентиляции.** Вентиляция играет важную роль в обеспечении комфортного микроклимата в жилых зданиях. Она обеспечивает удаление загрязненного воздуха и замещение его свежим,

благодаря чему жильцы могут дышать чистым воздухом. Однако, традиционные системы вентиляции часто потребляют значительное количество энергии, что делает их не очень энергоэффективными.

Современные энергосберегающие системы вентиляции используют различные технологии, позволяющие снизить затраты на электроэнергию.

К ним относятся:

1. Вентиляторы с регулируемой скоростью вращения. Они позволяют изменять объем прокачиваемого воздуха в зависимости от потребностей здания, что позволяет снизить потребление энергии.

2. Тепловые насосы. Они используются для нагрева или охлаждения воздуха перед его подачей в помещение. Тепловой насос работает по принципу холодильника, передавая тепло от одного источника к другому.

3. Вентиляционные системы с рекуперацией тепла. Эти системы извлекают тепло из удаляемого воздуха и используют его для нагрева свежего воздуха. Рекуперация тепла позволяет значительно сократить затраты энергии на отопление.

4. Системы вентиляции с переменным расходом воздуха. Они автоматически регулируют объем подаваемого воздуха в зависимости от уровня загрязнения воздуха внутри помещения.

5. Интеллектуальные системы управления вентиляцией. Они обеспечивают автоматическое регулирование работы системы вентиляции в зависимости от погодных условий, времени суток и других параметров.

**Энергосберегающие кондиционеры.** Кондиционирование воздуха также играет важную роль в создании комфортного микроклимата. Однако традиционные кондиционеры часто потребляют много энергии, особенно в жаркие летние месяцы.

Для снижения энергопотребления кондиционеров используются следующие технологии:

1) инверторные компрессоры, которые позволяют плавно регулировать скорость работы компрессора, что снижает потребление энергии и обеспечивает более стабильную температуру в помещении.

2) инфракрасные датчики присутствия, автоматически включающие и выключающие кондиционер при появлении и исчезновении людей в помещении, что снижает расход энергии при отсутствии людей;

3) тепловые аккумуляторы, накапливающие тепло или холод в течение дня, а затем отдающие его в ночные часы, когда кондиционер работает на обогрев или охлаждение;

4) интеллектуальные системы управления, которые могут автоматически регулировать температуру и скорость работы кондиционера в зависимости от температуры внутри и снаружи помещения.

Применение энергосберегающих технологий в системах вентиляции и кондиционирования позволяет значительно снизить затраты на эксплуатацию этих систем и уменьшить воздействие на окружающую среду. Однако для достижения максимального эффекта необходимо использовать комплексные решения, включающие различные технологии энергосбережения [1–5].

## Источники


1. Эффективные системы вентиляции для обеспечения качественного микроклимата помещений [Электронный ресурс] // АВОК: сайт. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=60 (дата обращения: 03.11.2023).

2. Энергосбережение в промышленных и коммунальных предприятиях: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений / А.Р. Денисова [и др. Казань: Казанский гос. энергетический ун-т, 2010. 247 с.

3. Панов Д.Ю., Денисова А.Р. Энергоэффективные мероприятия в административных учреждениях // Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологии: маер. V Всерос. науч.-техн. конф. Тольятти, 2017. С. 268–272.

4. Маркелова О.В., Сандаков В.Д. Разработка автоматизированной системы управления вентиляционной установкой // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: матер. XVI Всерос. откр. молод. науч.-практ. конф. Казань, 2022. С. 57–59.

5. Бодров В.И., Махов Л.М., Троицкая Е.В. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха производственных зданий сельхозназначения: учеб. пособие для вузов. М.: Изд-во АСВ, 2014. 240 с.

УДК 628.9

# О РАЗРАБОТКЕ УСТРОЙСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНЫХ КОНЦЕНТРАТОРОВ

Мухаметова Азалия Ренатовна[1], Гусамов Данияр Ильнарович[2],
Иванова Вилия Равильевна[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]mukhametova.15@mail.ru, [2]gusamovdaniar@gmail.com, [3]vr-10@mail.ru

В работе предлагается разработка установки для подогрева теплоносителя с использованием солнечных концентраторов.

**Ключевые слова:** солнечный концентратор, фокусное расстояние, энергоэффективность, установка.

# ABOUT THE DEVELOPMENT OF A DEVICE USING SOLAR CONCENTRATORS

Mukhametova Azaliya Renatovna[1], Gusamov Daniyar Ilnarovich[2], Ivanova Viliya Ravilevna[3]
[1,2,3]KSPEU, Kazan
[1]mukhametova.15@mail.ru, [2]gusamovdaniar@gmail.com, [3]vr-10@mail.ru

The work proposes the development of an installation for heating the coolant using solar concentrators.

**Keywords**: solar concentrator, focal length, energy efficiency, installation.

Солнечную энергию можно использовать разными способами. Она характеризуется двумя величинами: плотностью энергии излучения и плотностью потока излучения. Последняя зависит от места положения и является мгновенной плотностью энергии (кВт/м$^2$). Плотность энергии излучения является более простой характеристикой и характеризуется общим количеством солнечной энергии, получаемой определенной поверхностью в течение определенного периода времени (кВт·час/м$^2$).

Известно, что фокусировка и отражение способствуют повышению плотности потока излучения. Самым простым устройством фокусировки солнечных лучей стал гелиоконцентратор, который представляет собой жесткую несущую конструкцию с зеркальной или линзовой частью. Зеркальная часть может быть различной формы (параболоидной, конической, составной из отдельных плоских зеркал, плоским зеркалом и др.), при этом поверхность может быть прерывистой или гладкой (непрерывной) [1, 2].

По конструктивному исполнению солнечные концентраторы бывают параболического типа, тарельчатого устройства, башенные концентраторы, а также агрегаты на линзах Френеля. Идеального решения при выборе систем на основе концентраторов не существует. Для выбора подходящей модели необходимо сравнивать рабочие характеристики.

В работе предлагается организация работы установки нагрева воды с использованием солнечных концентраторов. Работа носит актуальный характер для дачных участков в летний период времени (май – август).

В отличие от фотоэлектрических панелей, использующих для производства электроэнергии солнечный свет, с помощью солнечных концентраторов теплоноситель может получать напрямую тепловую энергию.

На рисунке представлено схематичное исполнение установки.

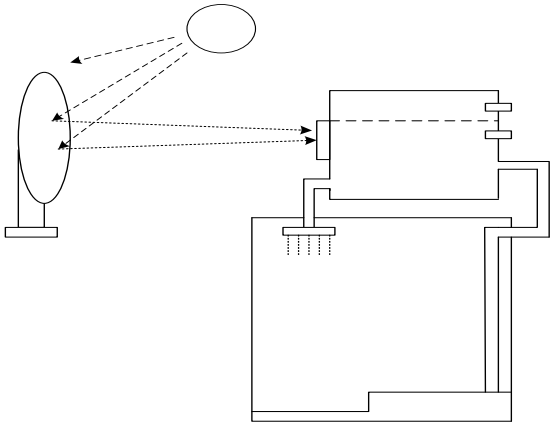


Схема установки

Она содержит сам концентратор тарельчатого типа, который покрыт светоотражающим материалом; бак с водой для душевой кабинки (приемный теплоноситель); два датчика; насос. Первый датчик является датчиком уровня, который осуществляют постоянный контроль за текущим положением верхней кромки измеряемой среды. Второй датчик – погружной датчик температуры. Алгоритм работы предлагаемой установки будет заключается в следующем: функцию водонагревателя будет выполнять солнечный концентратор, благодаря датчику температуры будет осуществлено поддержание определенного уровня температуры в баке, задача датчика уровня будет заключаться в поддержании заданного уровня заполняемости бака. Для организации водозабора из скважины и заполнения бака используется насос.

## Источники

1. Бобков А.А., Крючин П.В. Автономные солнечные установки с концентраторами солнечного излучения // Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. II Всерос. науч.-практ. конф. Самара, 2017. С. 75–79.

2. Стребков Д.С., Тверьянович Э.В. Солнечные электростанции: концентраторы солнечного излучения: учеб. пособие. 2-е изд. М.: Изд-во Юрайт, 2020. – 265 с.

УДК 621.311

# ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА СТОИМОСТЬ ОТОПЛЕНИЯ

Несмейко Анастасия Вячеславовна[1], Плотников Владимир Витальевич[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]nes.annastasia@gmail.com, [2]carpenter_wowa@mail.ru

Температура – один из основных факторов окружающей среды, влияющий на стоимость отопления. В качестве примера автоматизации работы технологических систем был рассмотрен погодозависимый счетчик, который корректирует температуру в помещениях в зависимости от изменения погодных условий и тем самым позволяет снизить затраты на отопление.

**Ключевые слова:** погодозависимый счетчик, стоимость отопления, энергопотребление, температура, автоматика, окружающая среда

# THE INFLUENCE OF AMBIENT TEMPERATURE ON THE COST OF HEATING

Nesmeyko Anastasia Vyacheslavovna[1], Плотников Владимир Витальевич[2]
KSPEU, Kazan
nes.annastasia@gmail.com

Temperature is one of the main environmental factors affecting the cost of heating. As an example of automation of technological systems, a weather-dependent meter was considered, which corrects the temperature in the premises depending on changes in weather conditions and thereby reduces heating costs.

**Keywords:** weather-dependent meter, heating cost, energy consumption, temperature, automation, environment

В наши дни существует проблема ограниченности природных ресурсов и учитывая стабильную динамику повышения тарифов на электроэнергию и прочие виды топлива, высокий интерес вызывает тема создания и ввода в эксплуатацию энергосберегающего оборудования, а также автоматизация работы технологических систем с целью оптимизации затрат на их эксплуатацию.

Стоимость отопления зависит от установленного тарифа и количества энергопотребления. Тариф на теплоноситель утверждается органами власти, а объем использованного тепла зависит от погодных условий. Таким образом, одним из основных факторов влияния на стоимость отопления является температура окружающей среды [1].

Использование тепловой энергии окружающей среды является одним из наиболее перспективных методов повышения энергетической эффективности зданий. Погодозависимая автоматика считывает температуру воздуха окружающей среды и определяет какой температуры теплоноситель подать в отопительные приборы. Настройка параметров измерительных приборов счетчика характеризуется согласно конкретному объекту и условиям вокруг него. Автоматическая система не требует дополнительного вмешательства человека, но для более точного измерения и сравнения температур необходимо установить датчик комнатной температуры [2]. С помощью датчика можно отследить динамику изменения температуры в помещении, что позволяет автоматике определить состояние системы и предпринять меры по стабилизации температуры. Автоматические погодозависимые счетчики позволяют без вмешательства человека корректировать работу системы и поддерживать заданную температуру в здании с учетом изменения погодных условий. Автоматика позволяет экономнее использовать энергоресурсы за счет точной подачи необходимой тепловой энергии, учитывая запрограммированный режим отопления.

Таким образом, погодозависимые счетчики являются эффективным устройством для автоматического регулирования температуры внутри помещения в зависимости от погодных условий, что позволяет снизить объем потребляемой энергии и минимизировать затраты на отопление.

## Источники

1. Кузьмин С.И., Куделькин Л.А. Модель стоимости системы отопления «тёплый пол» // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2021. № 8. С. 173–174.

2. Тернавский Д.Е., Тургенев И.А. Автоматизация работы отопительного оборудования с целью снижения затрат на его эксплуатацию // Аллея науки. 2017. Т. 1, № 12. С. 19–22.

УДК 66.074.5.094.3-926.214

# РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ С ТЕХНОЛОГИЕЙ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Сандаков Виталий Дмитриевич[1], Садыкова Лейсан Рашитовна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]vitalysandakov@gmail.com, [2]sadykova.lr@yandex.ru

В статье представлено описание разработанной системы вентиляции и очистки с технологией озонирования воздуха.

**Ключевые слова:** вентиляция, очистка воздуха, электрофильтр, фанкойл, приточная вентиляция, вытяжная вентиляция.

# DEVELOPMENT OF A VENTILATION SYSTEM WITH AIR PURIFICATION TECHNOLOGY BY ELECTROPHYSICAL METHODS

Sandakov Vitaly Dmitrievich[1], Sadykova Leisan Rashitovna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]vitalysandakov@gmail.com, [2]sadykova.lr@yandex.ru

The article describes the developed ventilation and cleaning system with air ozonation technology.

**Key words:** ventilation, air purification, electric filter, fan coil, supply ventilation, exhaust ventilation.

Для вентиляции и очистки циркулирующего воздуха целесообразно использовать устройство, которое будет работать в зависимости от качества воздуха внутри помещения и снаружи. Разработка такой системы показана на рисунке.

Принцип работы разработанной системы заключается в том, что она может работать в разных режимах, в зависимости от состояния воздуха в помещении и снаружи. Газоанализаторы в диффузоре *2* и клапане *22* анализируют качество воздуха, внутреннего и внешнего соответственно. Если качество воздуха на датчике *22* лучше по сравнению с показателями на датчике *2* – работает внешняя вентиляционная система ПВ. В обратном же случае – фанкойл, с перекрытыми при этом клапанами *4* и *7*. Фанкойл – устройство, состоящее из двух частей – вентилятора и теплообменника, которое используется для охлаждения или нагрева воздуха, циркулирующего в помещении.

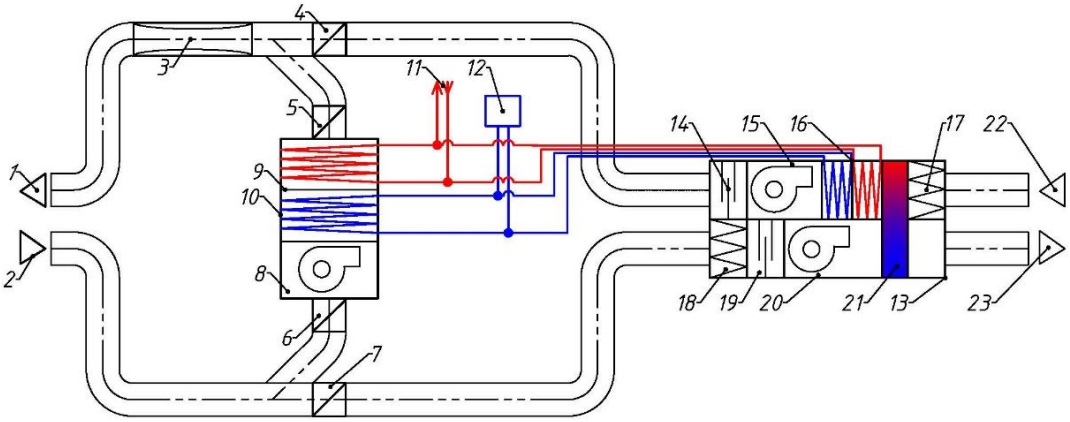



Схема системы вентиляции и кондиционирования с технологией озонирования воздуха: *1* – диффузор приточной вентиляции (ПВ); *2* – диффузор вытяжной вентиляции со встроенным газоанализатором; *3* – электрофильтр; *4*, *7* – дроссельный клапан; *5*, *6* – обратный клапан; *8* – вентилятор центробежный; *9* – четырехугольный блок теплообмена фанкойла; *10* – фанкойл; *11* – система водяного отопления здания; *12* – чиллер; *13* – приточно-вытяжная установка; *14*, *19* – шумогаситель; *15* – приточный вентилятор; *16* – блок теплообменника; *17*, *18* – механический фильтр; *20* – вытяжной вентилятор; *21* – блок роторного рекуператора; *22* – внешний приточный клапан с установленным газоанализатором; *23* – внешний вытяжной клапан

Очистка воздуха происходит в электрофильтре за счет озонирования. Под воздействием электрического разряда кислород преобразовывается в озон, который в последствии устраняет токсичные вещества или преобразует их в безвредные.

К преимуществам данной системы относится:

– меньший износ вентиляторов 15 и 20 за счет сокращения моточасов;

– необходимость замены кассетных механических фильтров в ПВ становится реже;

– более эффективное использование ресурсов за счёт тепловой рекуперации.

Недостатком являются дополнительные затраты в фанкойл.

Данную систему можно применять для предприятий, расположенных в зонах повышенного загрязнения атмосферного воздуха, а также для помещений с повышенными требованиями к чистоте [1–5].

## Источники

1. Тябина Д.А., Махонин П.Е. Приточно-вытяжная система вентиляции с рекуперацией тепла как способ энергосбережения // Современные научные исследования и разработки. 2018. Т. 1, № 12 (29). С. 587–591.

2. Королева Т.И., Широкова О.Н. Оптимальное размещение приточных воздухораспределителей и вытяжных воздуховодов общеобменной вентиляции // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В: Прикладные науки. Строительство. 2007. № 12. С. 73–78.

3. Ежов В.С., Семичев С.В. Повышение качества приточного воздуха в системах вентиляции // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2021. № 4 (1040). С. 22–23.

4. Пути повышения эффективности применения адаптивных систем вентиляции в общественных и жилых зданиях / Е.А. Наумова [и др.] // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 6. С. 40–45.

5. Сандаков В.Д., Подрезов А.Н. Повышение эффективности очистки газовых сред // Современные проблемы экологии: сб. докл. XIII Междунар. науч.-техн. конф. Тула, 2015. С. 3–5.

# Направление 8. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ. КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК, ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

УДК 628.356

## ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД

Акулич Татьяна Ивановна[1], Ильеня Евгений Сергеевич[2]
[1,2]Брестский государственный технический университет, г. Брест
[1]tigol1976@mail.ru, [2]Z.ilna@mail.ru

В статье рассмотрены мероприятия по повышению энергоэффективности работы городских очистных сооружений канализации.

**Ключевые слова**: энергопотребление, подача воздуха, аэротенки.

## ENERGY-SAVING ACTIVITIES IN WASTEWATER TREATMENT

Akulich Tatiana Ivanovna[1], Ilyenia Yauheni Sergeevich[2]
[1,2]Brest State Technical University, Brest
[1]tigol1976@mail.ru, [2]Z.ilna@mail.ru

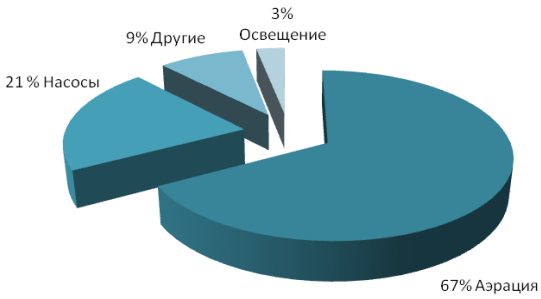
The article considers measures to improve the energy efficiency of urban wastewater treatment plants.

**Keywords:** energy consumption, air supply, aerotanks.

Очистка сточных вод является одним из крупных потребителей электроэнергии в сфере ВКХ. Главная причина повышенного расхода электроэнергии на очистку городских сточных вод – применение морально и физически устаревшего оборудования и технологий. Поэтому комплексное решение данных вопросов является в настоящее время приоритетной задачей.

В настоящее время на большинстве канализационных очистных сооружениях Республики Беларусь очистка городских сточных вод осуществляется по классической схеме с биологической очисткой сточных вод в аэротенках.

Согласно литературным данным и опыту эксплуатации очистных сооружений типичное распределение энергопотребления для сооружений с аэротенками показано на рисунке.




Типичное распределение энергопотребления
на канализационных очистных сооружениях [1]

Как видно из рисунка основное потребление электроэнергии связано с аэрацией сточной воды в аэротенках – 67 % , а в некоторых случаях может достигать 80 % от общего потребления электроэнергии [1].

К основным мероприятиям, направленным на оптимизацию энергопотребления при очистке сточных вод, относятся:

– замена насосного и воздуходувного оборудования;

– замена аэрационной системы с установкой аэраторов с высокими массообменными характеристиками;

– оснащение сооружений приборами контроля, учета и мониторинга состояния процесса очистки сточных вод;

– реализация эффективных энергосохраняющих технологий очистки сточных вод.

При проведении реконструкции очистных сооружений канализации г. Бреста была проведена реконструкция сооружений биологической очистки и модернизация воздуходувной станции. Для обеспечения глубокой очистки сточных вод от соединений азота и фосфора в существующих аэротенках внедрена технология по Йоханнесбургскому процессу (JHB).

В процессе реконструкции зоны нитрификации аэротенков были оборудованы мелкопузырчатой системой аэрации с дисковыми мембранными аэраторами. Мембранные аэраторы являются наиболее энергоэффективными, так как обладают наилучшей способностью к управлению, способны противостоять переменным нагрузкам, в значительно меньшей степени кальматируются, практически не подвержены биообрастанию. Для достижения энергосберегающего эффекта раскладка аэрационных элементов была выполнена по принципу 100%-го покрытия днища аэротенка.

При модернизации воздуходувной станции на Брестских канализационных очистных сооружениях была произведена замена 4 турбовоздуходувок ТВ-300-1,6 мощностью 400 кВт производительностью 18000 м$^3$/час воздуха каждая на 4 одноступенчатые турбокомпрессоры HV-TURBO

мощностью 355 кВт производительностью 17000 м$^3$/час воздуха [2]. Применение данных одноступенчатых центробежных управляемых редукторных воздухонагнетателей позволяет снизить расход энергии за счет регулирования мощности воздуходувки в зависимости от реальной загруженности очистных сооружений. Данное оборудование имеет широкий диапазон управления подачей воздуха и сохраняет высокий КПД при изменении подачи.

Управление воздуходувками и технологическим процессом очистки тесно связано с внедрением автоматизированной системы управления. Автоматизация подачи воздуха в реконструированных аэротенках осуществляется по концентрации растворенного кислорода, измеряемой кислородомерами, располагаемыми в индикаторных точках, также ведется учет расхода воздуха на каждом аэротенке.

В процессе реконструкции в аэротенках были выделены аноксидная зона, зоны нитрификации, денитрификации и биологического удаления фосфора. С точки зрения энергосбережения важна стадия денитрификации. В зависимости от продолжительности денитрификации можно восстановить до 63 % кислорода, потраченного на нитрификацию. Также некоторая часть кислорода, потраченная на нитрификацию, восстанавливается в аноксидной зоне вначале аэротенка при денитрификации возвратного активного ила. При внедрении данной технологии получается экологический (достижение ПДК по азоту аммонийному) эффект и экономический (энергосберегающий) эффект.

Таким образом, на очистных сооружениях канализации г. Бреста реализованы мероприятия (высокоэффективные системы аэрации, управляемые воздуходувки, внедрение АСУ ТП, реализация процесса глубокого удаления азота и т. д.), позволяющие осуществить процесс очистки сточных вод с максимальным энергосбережением и обеспечением стабильно высокого качества очистки.

## Источники

1. Lawrence J. Pakenas. Energy efficiency in municipal wastewater treatment plants: Technology assessment [Электронный ресурс] // Water and Wastewater Technical Reports. New York state Energy research and development authority. 1995. 23 p.

2. Березин С.Е. Управление воздуходувками – действенная мера энергосбережения в инфраструктуре водоотведения // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. № 3. С. 55-58.

УДК 621.316.545

# ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЦИФРОВОГО РАЗЪЕДИНИТЕЛЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Валиуллин Сабит Рамилевич[1], Валиуллина Дилия Мансуровна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]save1313@mail.ru, [2]valiullinadiliya@mail.ru

В работе представлены секционирующие устройства. На сегодняшний день практически все переключения штатных и послеаварийных режимов в распределительных сетях производятся вручную, что приводит к увеличению времени восстановления энергии. Мы предлагаем использование интеллектуальных автоматических устройств секционирования.

**Ключевые слова:** разъединитель, электроэнергетика, распределительные сети, электроснабжение потребителей, воздушные линии.

# APPLICATION OF AN INTELLIGENT DIGITAL DISCONNECTOR IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY

Valiullin Sabit Ramilevich[1], Valiullina Diliya Mansurovna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]save1313@mail.ru, [2]valiullinadiliya@mail.ru

In this paper, partitioning devices are considered. Today, almost all switching of regular and post-emergency modes in distribution networks is done manually. Consequently, the energy recovery time increases. We propose the use of intelligent automatic partitioning devices.

**Keywords:** disconnector, electric power, RIC, distribution networks, power supply to consumers, overhead lines.

Интеллектуальный цифровой управляемый разъединитель – это устройство, предназначенное для управления подачей электроэнергии в электрические системы. Он позволяет отключать и включать электрические цепи, а также контролировать уровень напряжения и тока в системе. Разъединители могут быть ручными или автоматическими и используются для обеспечения безопасности и надежности электрических систем.

Интеллектуальные цифровые управляемые разъединители имеют ряд преимуществ, таких как высокая точность и надежность, возможность автоматического управления и интеграции с другими системами, а также снижение времени восстановления энергоснабжения. Однако они также имеют некоторые недостатки, такие как высокая стоимость установки

и обслуживания, а также зависимость от надежности и стабильности компьютерных систем. Кроме того, использование таких устройств может потребовать изменения существующих систем управления и обучения персонала.

Присоединение распределительных сетей 6–10 кВ и их динамичное развитие в крупных населенных пунктах, а также снабжение удаленных потребителей по сетям 6–10 кВ существенно снижают надежность электроснабжения потребителей. В условиях эксплуатации это приводит к необходимости разработки эффективных мер по повышению надежности электроснабжения потребителей [1].

Если на воздушной линии произошла авария, в кратчайшее время нужно отделить поврежденный участок от неповрежденного. С этой целью в электроустановках устанавливают секционирующие устройства, функция которых заключается в разделении линий электропередачи на участки. Эти устройства представляют собой разъединители с ручным приводом. Поскольку управление ручным приводом требует больше времени, задача автоматизации коммутационных устройств является актуальной. Внедрение интеллектуальных автоматических пунктов отключения ВЛ является отличным решением этой проблемы [2].

На рис. 1 схематически изображена функциональная структура данного оборудования.

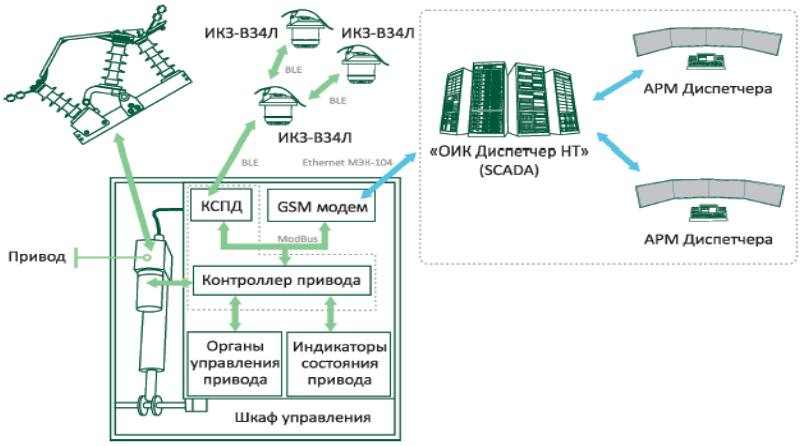



Рис. 1. Интеллектуальный цифровой управляемый разъединитель (РИЦ)

Блок КСПД оснащен радиоканалом ближнего действия, это позволяет получать информацию от ИКЗ и сохранять её во внутренней памяти. Также блок оснащен каналом передачи данных на GSM-роутер для передачи в центр управления. Данные по каналу GSM передаются напрямую в систему SCADA.

Каждый индикатор устанавливается на провод. Для установки/ демонтажа индикатора предусмотрен специальный инструмент, который устанавливается на монтажную штангу и помогает проводить работы, не выключая его.

Диспетчер передает сигналы на GSM-модем, затем сигналы передаются на блок управления приводом по Modbus. Затем информация о состоянии накопителя и его собственном состоянии отправляется по Modbus. Блок управления получает команды перехода, включает привод и ждет достижения концевого выключателя. Если движения по данным энкодера нет или ток превышает установленный допустимый порог, двигатель выключается и выводится сообщение об ошибке. Если привод не перейдет из одного состояния в другое в течение заданного времени, он выключится и отобразит сообщение об аварии [3].

Таким образом, интеллектуальные цифровые управляемые разъединители являются важными устройствами для управления и контроля электрических систем. Они позволяют автоматически управлять подачей электроэнергии, повышать надежность систем и оптимизировать энергопотребление. Несмотря на некоторые недостатки, такие как высокая стоимость и зависимость от компьютерных систем, их использование может принести значительные преимущества в управлении и контроле электрических систем.

## Источники

1. Интеллектуальный цифровой управляемый разъединитель РИЦ [Электронный ресурс]. URL: https://smartsnab.com/product/intellektualnyiy-tsifrovoy-upravlyaemyiy-razedinitel-rits/ (дата обращения: 08.10.2023).

2. Жилкина Ю.В. Цифровизация электроэнергетики как «окно возможностей» для повышения эффективности энергосистем государств-участников СНГ // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4 (56). С. 142–155.

3. Валиуллина Д.М., Енюшин В.Н. Применение тепловизионной съемки для выявления дефектов строительных ограждающих конструкций и энергетического оборудования // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2015. № 9-10. С. 29–33.

УДК 621.311.68

# КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ: ПРОБЛЕМЫ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ

Горячев Константин Игоревич[1], Куракина Ольга Евгеньевна[2]
[1,2]ФГБОУ «КГЭУ» г. Казань
[1]kostya.goryachev.1998@mail.ru, [2]Random_jj@mail.ru

В тезисе исследуется влияние альтернативной энергетики на качество электроэнергии и предлагаются некоторые методы решения этих проблем.

**Ключевые слова:** энергетика, возобновляемые источники, альтернативная энергия, аккумуляция.

# POWER QUALITY: PROBLEMS OF ALTERNATIVE ENERGY AND METHODS OF THEIR SOLUTION

Goryachev Konstantin Igorevich[1], Kurakina Olga Evgenievna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]kostya.goryachev.1998@mail.ru, [2]Random_jj@mail.ru

The thesis investigates the impact of alternative energy on the quality of electricity and suggests some methods of solving these problems.

**Keywords:** energy, renewable sources, alternative energy, accumulation.

Альтернативная энергетика – это энергетика, которая основана на использовании возобновляемых источников энергии. К таким источникам можно отнести: солнечную, ветровую, геотермальную, а также гидроэнергию. Возобновляемая энергетика может решить вопросы, связанные с увеличением потребления электроэнергии и экологичностью. Однако, помимо перечисленных преимуществ, данный вид энергии существенно сказывается на качестве электроэнергии.

Возможность децентрализации производства позволяет генерировать электроэнергию ближе к потребителю, что существенно снижает потери при передаче электроэнергии.

Солнечная и ветровая энергии серьезно зависят от погодных условий, из-за чего могут происходить колебания, просадки, а иногда и отсутствие поставки электроэнергии. Для решения этой проблемы используется аккумуляция – накопление энергии для ее дальнейшего использования.

Швейцарская компания Energy Vault предложила уникальное решение в сфере аккумуляции электроэнергии, а именно гравитационный накопитель. Принцип действия во многом схож с гидроаккумулятором, но в отличии от последнего, не требует установки гидроэлектростанции, а, следовательно, не зависит от местности. Гравитационный аккумулятор переводит электрическую энергию в кинетическую путем поднятия бетонных блоков на определенную высоту, где кинетическая энергия превращается в потенциальную. Первый в мире гравитационный накопитель был возведен в Китае, его мощность достигает 25 МВт, а емкость доходит до отметки в 100 МВт·ч. [1].

Однако аккумуляция не решает всех проблем возобновляемой энергетики, ведь при долгом отсутствии достаточной скорости ветра, накопители не будут использоваться, а потребитель не будет получать достаточного количества электроэнергии. Решением этой проблемы занялись Канадские инноваторы из компании Magenn. Так как скорость и направление ветра рознится на разной высоте, встал вопрос в изобретении мобильной ветроэлектростанции. С 1978 г. компания занималась разработкой дирижаблей, что способствовало идее о создании аэростата-ветряка. Благодаря его конструкцию «дирижабль с лопастями» смог изменять свою высоту от 600 до 2500 метров над уровнем земли [2].

В стороне не осталась и солнечная энергетика. Японские ученые разработали технологию передачи солнечной энергии прямиком из космоса. Идея состоит в генерации энергии в космосе с использованием специальных устройств, оснащенных солнечными панелями, и передаче этой энергии на Землю через микроволновые лучи. Благодаря отсутствию атмосферы этот метод обеспечивает стабильную генерацию энергии вне зависимости от погоды. Кольцевая система спутников вокруг Земли позволяет производить электроэнергию круглосуточно. Прогнозируется, что фотоэлектрические панели на геостационарной орбите будут получать в среднем в восемь раз больше света, чем на поверхности Земли, что значительно повысит эффективность системы [3].

В мире актуально не только улучшение производительности уже имеющихся альтернативных источников энергии, но и разработка совершенно новых. Так, британская компания Mocean Energy опубликовала прототип своей установки Blue X. Данная установка позволяет генерировать электроэнергию из морских волн путем преобразования кинетической энергии в электрическую. Принцип работы Blue X достаточно прост, установку с шарниром посередине помещают на поверхность воды и, за счет качения на волнах, шарнир приводится в движение, а затем приводит в действие генератор [4].

В заключении хотелось бы отметить, что, так называемая, зеленая энергетика становится все более распространенной, с 2010 года доля возобновляемых источников энергии в мировом энергетическом балансе увеличилась на 10 процентных пунктов и достигла отметки в 30 %. Такой подход решает проблему нехватки электроэнергии в странах, где преобладает нехватка топлива для использования традиционных методов, а также понижает ее цену. Однако переход на альтернативную энергетику может пагубно влиять как на систему, так и на качество электроэнергии. Ученые всего мира с каждым годом разрабатывают новые, более эффективные методы выработки электроэнергии без использования топлива и ущерба качества. В будущем переход на возобновляемые источники энергии будет неизбежен [5].

## Источники


1. Kennedy R. Energy Vault completes 25 MW/100 MWh gravity-based storage facility in China [Электронный ресурс]. URL: https://www.pv-magazine.com/2023/08/03/energy-vault-completes-25-mw-100-mwh-gravity-based-storage-tower-in-china/ (дата обращения: 10.11.2023).
2. Аэростаты-ветряки [Электронный ресурс] // Livejournal. 2007. March 22. URL: https://aerocrat.livejournal.com/8293.html (дата обращения: 12.11.2023).
3. Satoshi Kawahara Japan to try beaming solar power from space in mid-decade [Электронный ресурс] // Nikkei Asia. 2023. May 27. URL: https://asia.nikkei.com/Business/Science/Japan-to-try-beaming-solar-power-from-space-in-mid-decade (дата обращения: 12.11.2023).
4. Энергия из морских волн [Электронный ресурс]. URL: http://fortunaenergy.ru/tpost/ne1yxk7xu1-energiya-iz-morskih-voln (дата обращения: 12.11.2023).
5. Доля возобновляемых источников энергии в производстве электроэнергии [Электронный ресурс]. URL: https://energystats.enerdata.net/renewables/renewable-in-electricity-production-share.html (дата обращения: 11.11.2023).

УДК 621.314

# ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ТОКА ДЛЯ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

Гумерова Гузель Маратовна[1], Валиуллина Дилия Мансуровна[2],
Валиуллин Сабит Рамилевич[3], Габдуллин Амирхан Айдарович[4]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]gumerova_2002@inbox.ru, [2]valiullinadiliya@mail.ru, [3]save1313@mail.ru
[4]amir221101@icloud.com

В работе рассмотрены существующие проблемы электромагнитных трансформаторов тока, их недостатки, а также возможности использования новых принципов измерений для улучшения производительности цифровых устройств релейной защиты и автоматики.

**Ключевые слова:** измерительный преобразователь тока, SMART GRID, гальвамагнитный преобразователь, магнитотранзистор.

# CURRENT CONVERTERS FOR DIGITAL RELAY PROTECTION AND AUTOMATION DEVICES

Gumerova Guzel Maratovna[1], Valiullina Diliya Mansurovna[2], Valiullin Sabit Ramilevich[3],
Gabdullin Amirkhan Aidarovich[4]
[1,2,3]KSPEU, Kazan
[1]gumerova_2002@inbox.ru, [2]valiullinadiliya@mail.ru, [3]save1313@mail.ru
[4]amir221101@icloud.com

The paper examines the existing problems of electromagnetic current transformers, their shortcomings, as well as the possibilities of using new measurement principles to improve the performance of digital relay protection and automation devices.

**Keywords:** Current measuring transducer, SMART GRID, galvamagnetic transducer, magnetotransistor.

Исследования в области цифровых подстанций и введения сетей SMART GRID в эксплуатацию требуют более совершенных первичных преобразователей тока, потому как несмотря на долгий опыт работы с электромагнитными трансформаторами тока (ТТ), недостатки этих устройств до сих пор не были полностью устранены.

Одной из основных проблем является насыщение магнитопровода во время коротких замыканий, что приводит к искажению измеряемого сигнала. Кроме того, использование разомкнутых магнитопроводов приводит к снижению точности измерений. Эти недостатки могут привести к неправильной работе системы релейной защиты и автоматики, что может быть критически важно для безопасности энергосистемы [1].

Оптические трансформаторы тока на эффекте Фарадея представляют особый интерес для применения их в интеллектуальных сетях, но они, к сожалению, ограничены высоким напряжением. Измерительное преобразование тока на основе гальваномагнитных эффектов также представляет интерес, особенно для измерения переменного тока с апериодическими составляющими. И всё же выбор наиболее перспективных видов первичных преобразователей измерения тока остается актуальной задачей для энергетики.

В настоящее время активно разрабатываются измерительные преобразователи на абсолютно новых принципах, которые в ближайшем будущем будут способны потеснить трансформаторы тока с их позиций.

Для мониторинга и диагностики цепей используются различные типы преобразователей тока, такие как токовые шунты, волоконно-оптические преобразователи тока на эффекте Фарадея и преобразователи на основе поясов Роговского [2].

Оптические преобразователи электрического тока на основе эффекта Фарадея включают в себя оптический преобразователь в форме катушки с оптическим волокном, установленным на проводнике электрического тока. Но у них могут недостатки на фоне изменения физических свойств волокна.

Обширные возможности для измерения электрических токов с целью реализации релейной защиты обладает магнитотранзистор. Он является двухполюсным транзистором, структура и режим работы которого оптимизированы для достижения максимальной чувствительности коллекторного тока к магнитному полю. Полезный сигнал проявляется в сборном потоке при воздействии на МТ магнетическим полем. Самое важное внимание привлекают магнитотранзисторы с разделённой структурой, у них полезным сигналом является разность коллекторных токов [3].

В настоящее время алгоритмы релейной защиты не учитывают информацию, которая содержится в апериодической составляющей тока, так как классические электромагнитные трансформаторы тока практически не могут обрабатывать эту информацию. Внедрение новых преобразователей тока, способных работать с широким спектром частот, включая постоянную составляющую, открывает новые возможности для развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем. Это позволит учитывать апериодическую составляющую в алгоритмах релейной защиты и автоматики для более точного определения места короткого замыкания и локализации аварии.

## Источники

1. Измерительные преобразователи: справ. пособие / Пер. с англ. Е.И. Сычевой. М.: Энергоатомиздат, 1991. 144 с.

2. ГОСТ Р 52575-2021. Измерительные преобразователи тока для Цифровых устройств релейной защиты и автоматики. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2021. 8 с.

3. Фёдорова В.А., Кириченко В.Ф., Глазырин Г.В. Разработка системы автоматического включения генерирующего оборудования на параллельную работу с электроэнергетической системой // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2023. Т. 25, № 4. С. 3–17.

УДК 621.316.925.1

# МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ АНАЛИЗА ЕЕ РАБОТЫ

Гумерова Гузель Маратовна[1], Валиуллина Дилия Мансуровна[2],
Валиуллин Сабит Рамилевич[3], Габдуллин Амирхан Айдарович[4]
[1,2,3,4]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]gumerova_2002@inbox.ru, [2]valiullinadiliya@mail.ru, [3]save1313@mail.ru
[4]amir221101@icloud.com

В статье представлены ключевые особенности микропроцессорных устройств релейной защиты и приведен пример их моделирования в программе PSCAD.

**Ключевые слова:** микропроцессорные технологии, релейная защита, МУРЗ, PSCAD, надежность и безопасность, электроснабжение.

# MICROPROCESSOR RELAY PROTECTION AND MODERN POSSIBILITIES OF ANALYZING ITS OPERATION

Gumerova Guzel Maratovna[1], Valiullina Diliya Mansurovna[2], Valiullin Sabit Ramilevich[3],
Gabdullin Amirkhan Aidarovich[4]
[1,2,3,4]KSPEU, Kazan
[1]gumerova_2002@inbox.ru, [2]valiullinadiliya@mail.ru, [3]save1313@mail.ru
[4]amir221101@icloud.com

The article presents the key features of microprocessor-based relay protection devices and provides an example of their modeling in the PSCAD program.

**Keywords:** microprocessor technologies, relay protection, MDRP, PSCAD, reliability and safety, power supply.

Цель настоящей работы – представить общие сведения и ключевые особенности микропроцессорных технологий в области релейной защиты и автоматики (РЗА), а также рассмотреть возможность анализа их работы на примере модели дистанционной защиты (ДЗ), спроектированной в PSCAD.

Релейная защита и автоматика являются ключевыми элементами в обеспечении требований безопасности и надежности электроснабжения, а также в управлении электрическими сетями на различных объектах ТЭК.

В последние десятилетия микропроцессорные технологии стали играть ключевую роль в развитии систем РЗА, предоставляя новые возможности для улучшения их характеристик и функциональности [1]. Сегодня эксплуатация микропроцессорных устройств РЗА (МУРЗ) нередко сопровождается необходимостью анализа их работы современными

методами, например, с помощью использования компьютерных программных комплексов (ПК). Одним из эффективных инструментов такого анализа является ПК моделирования энергосистем под названием Power Systems Computer Aided Design (PSCAD) [2].

В основе микропроцессорной технологии лежит использование микропроцессоров, которые выполняют вычисления, обработку сигналов и управление исполнительными устройствами. Микропроцессоры обладают высокой степенью интеграции, что позволяет создавать компактные и надежные системы РЗА. МУРЗ, как правило, содержат следующие основные компоненты:

1) микропроцессор, выполняющий все вычисления и обработку данных;

2) аналого-цифровой преобразователь, преобразующий аналоговые сигналы от датчиков в цифровые данные, которые могут быть обработаны микропроцессором;

3) системы памяти, в которых хранятся данные и программы, использующиеся микропроцессором для выполнения необходимых функций;

4) интерфейсы связи, позволяющие устройствам РЗА обмениваться данными с другими устройствами и системами в электрической сети;

5) исполнительные устройства, включающие в себя реле, контакторы и другие устройства, которые непосредственно управляют работой электрической сети.

Преимущества МУРЗ:

1) обеспечение высокой точности измерений;

2) способность обрабатывать данные и принимать решения значительно быстрее, чем традиционные электромеханические реле;

3) возможность создания гибких систем с большим количеством настроек и функций адаптации к различным условиям работы;

4) высокая надежность и устойчивость к внешним воздействиям, таким как электромагнитные помехи или колебания напряжения питания;

5) возможность дистанционного управления и мониторинга;

6) интеграция с системами диспетчерского управления или АСУ ТП.

Недостатки МУРЗ:

1) зависимость от электропитания;

2) сложность обслуживания и настройки;

3) риск возникновения программных ошибок;

4) уязвимость к кибератакам [1].

По данным, представленным в публикации [3, 4], для анализа работы МУРЗ на примере ДЗ от коротких замыканий на землю в PSCAD была создана модель МУРЗ, позволяющая записывать замер сопротивления и сравнивать его с характеристикой ДЗ.

Основными элементами защиты являются два блока: Signal Processing и Protection Scheme, отвечающие за подготовку сигналов тока и напряжения для терминала МУРЗ и логическую схему для работы защиты соответственно. После создания основной модели МУРЗ PSCAD позволяет осуществлять моделирование аварийных режимов с целью проверки правильности срабатывания защиты. Кроме того, в данном ПК возможно произвести оценку времени срабатывания и возврата защиты, и, в случае недостаточного обеспечения требуемой степени последней, осуществить оптимизацию параметров или изменить ее конфигурацию [2].

Таким образом, применение микропроцессорных технологий в релейной защите является весьма перспективным направлением, актуальность которого сегодня поддерживается развитием ПК, открывающих новые возможности анализа работы МУРЗ.

## Источники

1. Применение унифицированных блоков микропроцессорной релейной защиты в задачах диагностики электрических машин / В.И. Полищук [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21, № 6. С. 93–100.

2. Михайлов М.А., Белоглазов А.В. Применение PSCAD для моделирования работы РЗиА участка электрической сети // Наука. Технологии. Инновации. 2019. № 1. С. 150–153.

3. Семенов М.Н. Улучшение точности замера дистанционной защиты от коротких замыканий на землю // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: матер. XVII Всерос. открытой молод. науч.-практ. конф. Казань, 2022. С. 42–45.

4. Рахмонов И.У. Автоматизированная система управления электропотреблением промышленных предприятий // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4 (56). С. 30–38.

УДК 621.311

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА В ОДНО- И ТРЕХПРОВОДНЫХ ЛИНИЯХ

Иркагалиева Илюза Ильнуровна[1], Хузяшев Рустэм Газизович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]irkagalieva2001@mail.ru, [2]142892@mail.ru

В работе представлено моделирование переходного процесса в линии электропередач. Приведено сравнение результатов расчетов схем трехфазного короткого замыкания в трехпроводной линии и короткого замыкания в однопроводной линии

**Ключевые слова:** трехфазное короткое замыкание, линия электропередач, программный пакет PSCAD

# SIMULATION OF THE TRANSIENT PROCESS IN ONE- AND THREE-WIRE LINES

Irkagalieva Iluza Ilnurovna[1], Khuziashev Rustem Gazizovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]irkagalieva2001@mail.ru, [2]142892@mail.ru

The paper presents a simulation of the transient process in a power line. The results of calculations of three-phase short circuit circuits in a three-wire line and short circuit in a single-wire line are compared

**Keywords:** three-phase short circuit, single-phase short circuit, power line, software package PSCAD.

Главная задача энергосистемы – обеспечение экономичного и надежного электроснабжения потребителей. Актуальность работы обусловлена необходимостью исследования моделируемых схем с целью интерпретации экспериментальных осциллограмм сигналов переходного процесса (СПП) в линиях электропередач (ЛЭП). Диагностика параметров СПП позволяет распознать причину и место возникновения повреждения. Для исследования проанализируем схемы трехфазного короткого замыкания (КЗ) [1] в трехпроводной (ТП) линии и сравним со схемой замыкания в однопроводной (ОП) линии. Внезапное и значительное изменение напряжения при КЗ инициирует образование в ЛЭП электромагнитной волны ступени напряжения и тока, которая распространяется в противоположных направлениях от данной точки и отражается от места КЗ и от ненагруженного конца линии с разными коэффициентами отражения. Наложение переотраженных бегущих волн формирует сигнал переходного процесса. Смоделируем схему КЗ в ОП линии в программном пакете PSCAD (рис. 1) [2].

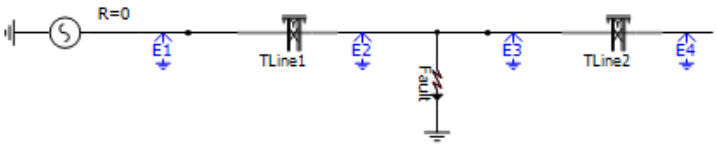



Рис. 1. Схема КЗ в однопроводной линии

Параметры схемы: фазное напряжение источника – 10 кВ, частота – 50 Гц; линия 1,2: 5 км, АС-50/8; сопротивление земли: 1E+9 Ом; время замыкания: 0,025 с. Результаты расчетов напряжения представлены на рис. 2.

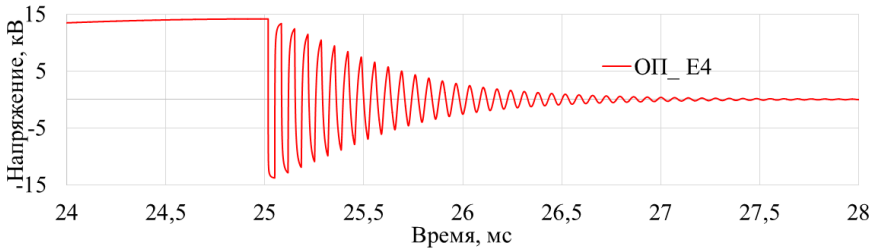



Рис. 2. График СПП при КЗ в однопроводной линии

Смоделируем схему трехфазного КЗ в трехпроводной линии (схема такая же, как на рис. 1). Результаты расчетов представлены на рис. 3.

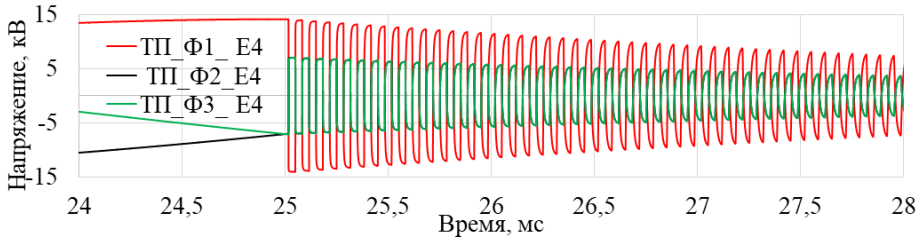



Рис. 3. График СПП при КЗ в трехпроводной линии

На рис. 4 и 5 представлены графики сравнения переднего фронта СПП, возникающего при трехфазном КЗ в трехпроводной линии и при замыкании в однопроводной линии.

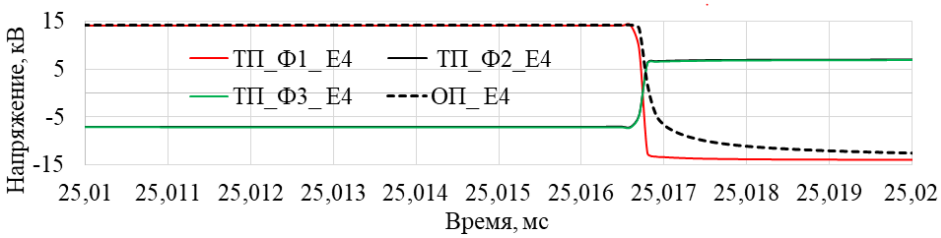



Рис. 4. Передний фронт СПП, малый масштаб времени

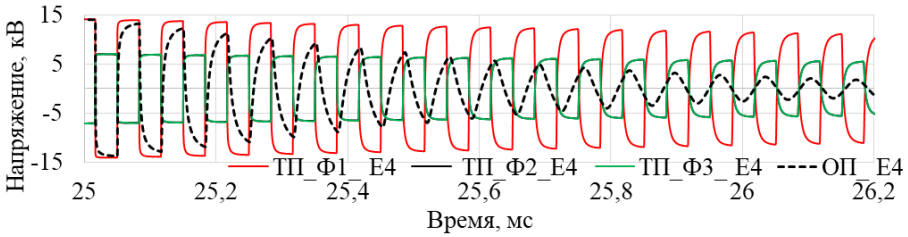



Рис. 5. Передний фронт СПП, большой масштаб времени

Постоянная затухания огибающей СПП в однопроводной линии равна 0,681 мс, в трехпроводной линии – 4,355 мс. Период колебаний для обоих случаев равен времени пробега бегущей волны учетверенной длины линии. Это определяется коэффициентами отражения бегущей волны напряжения от места КЗ и от конца ненагруженной линии. Найдем скорость распространения волны из рис. 5, подсчитав количество периодов на интервале времени 1,2 мс. В однопроводной линии скорость распространения бегущей волны напряжения равна 289,4 м/мкс, в трехпроводной – 298,2 м/мкс.

В однопроводной линии бегущая волна напряжения распространяется по земляному каналу, который обладает большим коэффициентом затухания и меньшей скоростью. В трехпроводной линии при трехфазном КЗ бегущая волна распространяется по межфазным каналам, характеризующимся меньшей величиной коэффициента затухания и большей скоростью.

## Источники

1. Трёхфазное короткое замыкание [Электронный ресурс]. URL: https://studfile.net/preview/16870535/page:4/ (дата обращения: 12.11.2023).

2. Программный пакет PSCAD [Электронный ресурс]. URL: https://www.pscad.com/ (дата обращения: 12.11.2023).

УДК 621-313

# МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В БЛОКЕ ГЕНЕРАТОР-ТРАНСФОРМАТОР НА ОСНОВЕ СОПРЯЖЕНИЯ

Кадырмятов Юлиан Ряшитович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
yulian.02@bk.ru

В данной статье представлен инновационный метод защиты зоны генератор-трансформатор, основанный на сопряженной концепции составляющей прямой последовательности. Традиционная защита такой зоны использует два реле, которые обычно используют двенадцать трансформаторов тока. В предлагаемом методе используется одно реле защиты и девять ТТ. Инновационный метод, основанный на сопряжении, защищает генератор и трансформатор как одно целое и идентифицирует неисправную зону.

**Ключевые слова:** реле, трансформатор тока, генератор, ттрансформатор напряжения.

# METHOD FOR DETECTING FAULTS IN THE GENERATOR-TRANSFORMER BLOCK BASED ON CONNECTION

Kadyrmyatov Julian Ryashitovich
KSPEU, Kazan
yulian.02@bk.ru

This article presents an innovative method of protecting the generator-transformer zone based on the conjugate concept of a direct sequence component. The traditional protection of such a zone uses two relays, which usually use twelve current transformers. The proposed method uses one protection relay and nine T. The innovative method based on coupling protects the generator and transformer as one and identifies the faulty zone.

**Keywords:** relay, current transformer, generator, voltage transformer.

Одним из распространенных методов защиты генераторов и трансформаторов является дифференциальная защита. ТТ (трансформаторы тока) уменьшают токи, чтобы они были пригодны для использования в дифференциальном реле. Если происходит внутренняя неисправность, дифференциальное реле подает сигнал отключения на выключатели, чтобы ограничить влияние неисправности [1]. Несмотря на это, насыщение ТТ может привести к тому, что дифференциальное реле неправильно классифицирует его и распознает как внутреннюю неисправность. Чтобы гарантировать бесперебойность и надежность электроснабжения, необходимо обнаружить неисправность и изолировать неисправную деталь в кратчайшие возможные сроки. Предотвращение неправильного отключения из-за внешних неисправностей имеет фундаментальное значение [1].

Было опубликовано множество исследований о методах защиты либо только трансформатора, либо только генератора. Также опубликовано несколько методик защиты генератора и трансформатора как единого устройства. Большинство из них были резервной защитой, но проблема в том, что большинство резервных реле работают с временной задержкой.

В этой статье представлен новый метод обработки сигналов, основанный на концепции сопряженности сигнала. Инновационный сигнал был использован в блоке защиты как генератора, так и трансформатора. Эта сопряженная защита обеспечивает адаптивные настройки даже для различных подключений трансформатора. Это также обеспечивает устойчивость к перепадам мощности, насыщению ТТ и запуску генератора с неисправностями и без них. Следовательно, надежность повышается благодаря предлагаемым успехам в защите от различных нормальных и ненормальных событий. Данная защита распознает неисправности внутри генератора, в обмотках трансформатора и вне блока генератор-трансформатор, используя девять трансформаторов тока вместо двенадцати.

Предлагаемая система защиты основана на создании двух отношений. Первое соотношение существует между сигналами, основанными на концепции сопряжения тока нейтрали-генератора и тока генератора-трансформатора. Второе соотношение между сигналами, основанными на сопряжении токов с обоих сторон трансформатора. Предлагаемая стратегия может быть реализована с использованием следующих шагов.

1. Подсчёт тока нейтрали генератора Ig, тока генератора- трансформатора Ip и вторичного тока трансформатора Is.

2. Вычисление токов прямой последовательности (Ig1, Ip1 и Is1) от генератора с нейтралью, тока генератора-трансформатора и вторичного тока трансформатора.

3. Расчёт сигналов, основанных на концепции сопряжения Igc, Ipc, Isc с токов прямой последовательности.

4. Аппроксимация адаптивных сигналов (Iga, Ipa, Isa) с точностью до двух десятичных знаков.

5. Усиливаем адаптивные сигналы после процесса аппроксимации.

С началом неисправности значения сигналов (Iga, Ipa, Isa) сильно меняется. Такая функция используется для эффективного обнаружения неисправностей за короткое время. Сигналы адаптивной ретрансляции (Iga, Ipa) сравниваются с заранее определенным пороговым значением [2].

Отношения между (Iga, Ipa, Isa) имеют определенные характеристики как в нормальных, так и в аварийных условиях. Для идентификации зоны разлома используются два соотношения:

1) соотношение между адаптивными сигналами тока генератора нейтрали (Iga) и тока генератора-трансформатора (Ipa);

2) соотношение между адаптивными сигналами тока генератора-преобразователя (Ipa) и вторичного тока трансформатора (Isa).

При неисправностях генератора сигнал 1-го отношения будет отличаться от своих пределов, в то время как сигнал 2-го отношения не превысит своего предела. При неисправностях трансформатора сигнал сигнала 2-го отношения будет отличаться от своих пределов, в то время как сигнал 1-го отношения не превысит своего предела. Для внешних неисправностей два сигнала связи будут соответствовать их пределам [3].

Сигнал 1-го отношения имеет признаки, которые могут выражать случаи работы генератора. Следовательно, сигнал 2-го отношения имеет признаки, которые могут выражать условия работы трансформатора.

В этой статье показан новый метод защиты генератора и трансформатора как единого целого. Он основан на построении функций, основанных на сопряженной концепции, которая извлекается из токов прямой последовательности генератора и обеих сторон трансформатора. Такой метод был основан на двух соотношениях и элементах детектора. Эти соотношения имеют признаки, которые используются для классификации условий зоны. Любая неисправность будет однозначно изменять форму таких связей и, соответственно, она распознает поврежденную зону. Представленная защита в равной степени применима к нескольким подключениям трансформатора, событиям перепада мощности и условиям запуска генератора. Одновременно он стабилен в случаях насыщения трансформаторов тока и чувствителен в случаях внутренних неисправностей.

## Источники

1. ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок. Издание 7 [Электронный ресурс]. URL: https://pue-7.ru/pue_7.pdf (дата обращения: 21.11.2023).

2. Laboratory investigation for power transformer protection technique based on positive sequence admittance approach / M.M. Eissa [et al.] // European Transactions on Electrical Power. 2012. Vol. 22, Iss. 2. Pp. 253–270.

3. Digital differential protection of the “Generator-Transformer” Block [Электронный ресурс] / N.S. Buryanina [et al.] // Proc. of the International Science and Technology Conference. 2019. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/8725341 (дата обращения: 23.11.2023).

УДК 621

# ОБЗОР БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ ДАТЧИКОВ И ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Кадырмятов Юлиан Ряшитович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
yulian.02@bk.ru

В этой статье представлена беспроводная сеть датчиков и исполнительных устройств (WSAN), предназначенная для автоматической интеллектуальной системы, основанной на интернете вещей, которая обеспечивает ответственное потребление энергии. Предлагаемая общая система осуществляет эффективное энергетическое управление устройствами, машинами и процессами, оптимизируя их работу для снижения общего энергопотребления в любой момент времени.

**Ключевые слова:** беспроводные сети, автоматизация, энергоэффективность, интернет вещей.

# OVERVIEW OF THE WIRELESS NETWORK OF SENSORS AND ACTUATORS FOR EFFICIENT USE OF ELECTRICITY

Kadyrmyatov Julian Ryashitovich
KSPEU, Kazan
yulian.02@bk.ru

This article presents a wireless network of sensors and actuators (WLAN) designed for an automatic intelligent system based on the Internet of Things, which ensures responsible energy consumption. The proposed general system provides efficient energy management of devices, machines and processes, optimizing their operation to reduce total energy consumption at any given time.

**Keywords:** wireless networks, automation, energy efficiency, Internet of Things.

Озабоченность промышленности по поводу эффективности побуждает принимать меры по оптимизации энергопотребления в промышленных процессах. Чтобы оптимизировать использование энергии, необходимо определить фактическую производительность оборудования и всех других потребителей энергии, распределенных внутри заводов. Также многие повседневные действия на работе, дома или во время отдыха можно выполнять со значительной экономией энергопотребления, и в большинстве случаев это становится возможным, приложив лишь очень небольшие усилия. Предлагаемая система интеллектуально управляет энергетическими потребностями конечных пользователей, чтобы они соответствовали энергетическим ресурсам, доступным в каждый момент. Однако

не все процессы или задачи могут подвергаться ограничению энергии без дальнейших последствий, и не всегда возможно отключить элементы по своему желанию. Поэтому элементы можно классифицировать в зависимости от их энергетических потребностей.

1. Все машины или устройства, которым требуется непрерывная и постоянная мощность; в общем, машины, связанные с непрерывными производственными процессами.

2. Устройства с энергетической инерцией.

3. Устройства с некоторой автономностью (например, работающие от аккумуляторов).

4. Устройства, способные выдержать отключение электроэнергии в любой момент.

Учитывая, что не все задания или действия используют ресурсы одного типа, системе придется различать процессы. Поскольку, в зависимости от применения и обстоятельств, некоторые процессы допускают разные изменения параметров питания. Необходимо выяснить энергетические потребности машин или процессов и их необходимую доступность. Кроме того, системе нужно своевременно получать данные из электросети о выработке энергии, потреблении энергии и затратах. Для этого должны собираться общедоступные данные в режиме реального времени через интернет, предоставляемые компаниями, управляющими сетью.

Благодаря адекватному анализу этой информации система становится способной автоматически решать, когда необходимо запустить процесс или остановить машину. Например, она может определить, когда можно предварительно разогреть промышленную печь с небольшими затратами энергии, чтобы она была готова при необходимости; или она может решить, когда и как заряжать некоторые батареи, максимально используя любой возможный избыток вырабатываемой энергии. Кроме того, система может выиграть от развития исследований по способам улучшения прогнозирования наиболее адекватных временных интервалов для потребления энергии с учетом стоимости и доступности, так как в неё заложены возможности обучения.

Рассматриваемая система разделена на две части:

– аппаратное обеспечение, которое управляет электропитанием и собирает информацию о реальном энергопотреблении и энергоэффективности оборудования;

– программное обеспечение, которое собирает информацию о работе электрических сетей, анализирует все собранные данные и принимает решения, исполняемые аппаратным обеспечением.

Предлагаемое общее решение имеет логическую платформу высокого уровня, которая отвечает за адекватную работу системы, а также за обеспечение возможностей принятия решений. Он находится в облаке, но его можно запускать в частично изолированных приложениях. Учитывая свою высокую сложность, данная программная платформа разделена на несколько модулей, выполняющих множество взаимосвязанных задач. Их основными функциями являются анализ энергоэффективности места, где работает система, сбор данных о рынке электроэнергии и принятие решений в соответствии с конкретными требованиями каждого приложения. Это программное обеспечение также включает в себя пользовательский интерфейс и хранилище данных.

Одной из основных целей предлагаемой системы является достижение оптимального энергопотребления. Для этого необходимо знать реальный расход и КПД установок и машин. Таким образом, информация, предоставляемая аппаратной сетью (WSAN), хранится в базе данных. Далее эта информация анализируется с учетом особенностей оборудования и процессов, в которых будет установлена система. Это делает возможным создание полной карты энергоэффективности объекта посредством энергетического аудита.

Часть конфигурации отвечает за общее управление пользователями, оборудованием и поставкой электроэнергии. Благодаря части описания установок пользователи могут создавать древовидные диаграммы компонентов, включая здания, помещения, процессы, машины, датчики и исполнительные механизмы, а также описывать отношения между ними, например, назначать датчики и исполнительные механизмы машине. Позже эти отношения могут использоваться в модуле правил энергетического проектирования. Часть базы данных поддерживает просмотр и управление всеми собранными данными из WSAN и Интернета, а также данными, генерируемыми всеми частями и модулями программного обеспечения. Часть правил энергетического проектирования позволяет пользователям вводить все энергетические предпочтения и характеристики машин, а также планировать задачи.

Преимущество всей системы заключается в быстрой адаптации и использовании пиков и избытков энергии, которые производятся регулярно. Такое поведение очень важно для электросетей со значительной долей возобновляемых источников энергии из-за присущей этим источникам нестабильности. Таким образом, широкое внедрение предлагаемой системы может легко способствовать увеличению доли возобновляемой энергии без дестабилизации энергосистемы.

С другой стороны, с точки зрения управления бизнесом, система помогает в полной мере использовать собранную информацию, позволяя выбрать наиболее подходящую политику или действия, а также принять решение о новых стратегиях для достижения значительной экономии энергии.

Еще одним преимуществом системы является то, что пользователи могут в режиме реального времени узнавать энергетическое состояние своих ресурсов и процессов. Также благодаря общению с электротехническими компаниями можно потреблять более дешевую энергию. Это позволит компаниям и пользователям снизить затраты на потребление энергии. Предлагаемая система автоматизирует все действия и процессы, необходимые для эффективного управления энергопотреблением.

## Источники

1. Design and Implementation of a Simulation System Based on Deep Q-Network for Mobile Actor Node Control in Wireless Sensor and Actor Networks / Tetsuya Oda // Proc. of the 31st International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops. Taipei, Taiwan, 2017. Pp. 195–200.

2. «Умные» среды, «умные» системы, «умные» производства: серия докладов (зеленых книг) в рамках проекта «Промышленный и технологический форсайт Российской Федерации» / В.Н. Княгинин [и др.]; Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад». СПб., 2012. Вып. 4. 62 с.

3. Сысоева С. Новые горизонты функциональной и системной интеграции датчиков механического движения // Компоненты и технологии. 2011. № 1 (114). С. 6–10.

УДК 621.322

# ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ НА ОБЪЕКТАХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Картузов Павел Никитич[1], Валиуллина Дилия Мансуровна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]pavel.kartuzov.02@mail.ru, [2]valiullinadiliya@mail.ru

В статье рассмотрены технологии дистанционного управления на объектах электроэнергетики – SCADA-системы, умные реле и автоматизированные системы, оптимизация нагрузки и управление в реальном времени, а также преимущества дистанционного управления на объектах электроэнергетики.

**Ключевые слова:** мониторинг, оптимизация работы, оптимизация нагрузки, умные реле, оперативное управление, устойчивость.

# REMOTE CONTROL AT ELECTRIC POWER FACILITIES

Kartuzov Pavel Nikitich[1], Valiullina Dilia Mansurovna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]pavel.kartuzov.02@mail.ru, [2]valiullinadiliya@mail.ru

The article discusses remote control technologies at power facilities – SCADA systems, smart relays and automated systems, load optimization and real-time control, as well as the advantages of remote control at power facilities.

**Keywords:** monitoring, performance optimization, load optimization, smart relays, operational control, sustainability.

Дистанционное управление электроэнергетическими объектами представляет собой важный аспект современных технологий, который способствует повышению эффективности, надежности и безопасности систем передачи и распределения электроэнергии. Основанные на использовании цифровых средств связи, системы дистанционного управления обеспечивают возможность мониторинга, управления, и оптимизации работы различных объектов в электроэнергетике [1].

**Технологии дистанционного управления. SCADA-системы.** Системы сбора, анализа и распределения данных (SCADA) используются для мониторинга и управления процессами на объектах электроэнергетики. Они позволяют операторам получать информацию о работе объектов, а также управлять ими из удаленных центров управления. SCADA-системы предоставляют операторам возможность наблюдать за оборудованием, контролировать параметры работы системы, а также быстро реагировать на возможные аварийные ситуации.

Умные реле и автоматизированные системы. Применение умных реле и автоматизированных систем позволяет осуществлять более точное и быстрое управление процессами на объектах электроэнергетики. Технологии такого рода могут автоматически реагировать на изменения в сети, оптимизировать нагрузку, а также проводить диагностику и предупреждать о потенциальных проблемах, что способствует улучшению надежности работы систем.

Оптимизация нагрузки и управление в реальном времени. Дистанционное управление обеспечивает возможность принятия решений и управления системой в режиме реального времени. Это позволяет операторам энергосистемы оптимизировать нагрузку в соответствии с актуальной потребностью, предотвращать перегрузки сети и минимизировать риски аварийных ситуаций, что в свою очередь обеспечивает непрерывность энергоснабжения [2].

**Преимущества дистанционного управления.** Дистанционное управление на объектах электроэнергетики представляет собой важный инструмент для повышения эффективности и надежности энергетических систем. Его преимущества:

1) мониторинг в реальном времени: возможность оперативно принимать решения на основе актуальной информации о работе объектов электроэнергетики;

2) улучшенная реакция на аварийные ситуации: оперативное управление и реагирование на возможные аварийные ситуации, включая отключение оборудования при обнаружении отклонений в работе;

3) оптимизация работы системы: возможность оптимизировать работу системы передачи и распределения электроэнергии для достижения максимальной эффективности;

4) увеличение надежности: предупреждение и устранение возможных проблем, что способствует повышению надежности работы энергетических систем [3–5].

Таким образом, дистанционное управление на объектах электроэнергетики является ключевым аспектом современных технологий в области энергетики. Применение таких технологий позволяет улучшить надежность системы, её эффективность и обеспечивает непрерывность электроэнергетических процессов. Использование современных средств дистанционного управления открывает новые возможности для оптимизации работы энергетических систем, что важно для обеспечения устойчивости и надежности энергоснабжения в современном мире.

## Источники

1. Константинов А.А., Султанов М.М. Разработка методики оценки и прогнозирования уровня надежности энергетического оборудования ТЭС на базе показателей технического состояния // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2021. Т. 13, № 1 (49). С. 134–140.

2. Дягилев А.А. Дистанционное управление в электроэнергетике // Молодой ученый. 2019. № 9 (247). С. 92–94.

3. Рябчицкий М.В., Амелькин С.С. Преимущества цифровых решений в электроэнергетике // Главный энергетик. 2021. № 8. С. 34–39.

4. Машковцев А.В., Педяшев В.Н. Возможности применения инновационных технологий // Образование – путь к успеху: матер. Междунар. форума «YEES-2012». М., 2012. С. 130–133.

5. Гурина Л.А. Методический подход для оценки киберустойчивости объектов информационной инфраструктуры в условиях цифровизации ЭЭС // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4 (56). С. 133–141.

УДК 621.315

# СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОИСКА ПОВРЕЖДЕНИЙ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

Кашафутдинова Тансылу Фаритовна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
tansylu.kashafutdinova2000@mail.ru

Выявление точного места повреждения на линиях электропередачи представляет собой сложнейшую и трудозатратную задачу. Современные методы, основанные на условиях аварийных ситуаций, приводят к ошибкам из-за неточных формул для определения расстояний до места повреждения и математических моделей самой линии электропередачи. Повышение точности определения местоположения повреждений и сокращение зоны определения являются актуальными и важными задачами для электросетевых компаний.

**Ключевые слова**: повреждение кабеля, линии электропередач, методы диагностики.

# MODERN METHODS FOR DETECTING DAMAGES IN CABLE LINES IN ELECTRICAL INSTALLATIONS

Kashafutdinova Tansilu Faritovna
KSPEU, Kazan
tansylu.kashafutdinova2000@mail.ru

Identifying the exact location of faults on power lines is a complex and time-consuming task. Modern methods based on emergency conditions lead to errors due to inaccurate formulas for determining distances to the location of damage and mathematical models of the power line itself. Increasing the accuracy of fault location determination and reducing the detection area are current and important tasks for power grid companies.

**Keywords:** cable damage, power lines, diagnostic methods

Повреждения кабельных линий могут иметь разные причины. Среди них: повреждение изоляционного слоя кабеля с замыканием одной фазы на землю; повреждение изоляционного слоя кабеля с замыканием двух или трех фаз на экранирующую оболочку, или замыкание между проводящими жилами. Эти повреждения, такие как межфазные нарушения, составляют около 20 % от всех случаев возникновения повреждений в кабельных линиях. Все эти факторы могут привести к нарушениям в работе кабельных линий электропередачи и потребовать внимательного осмотра и ремонта [1].

Для детального определения места нарушения в кабельных линиях применяют следующие методы:

– импульсный метод;

– импульсно-дуговой метод;

– метод колебательного разряда;

– петлевой метод;

– метод емкостного заряда;

– акустический метод.

Импульсный метод определения повреждений в кабельных линиях использует электрические импульсы для определения дальности до повреждения в кабеле. Этот метод обеспечивает точность локализации и применяется для диагностики и ремонта кабельных линий. Данные работы выполняются при помощи приборов, называемых рефлектометрами [2].

Импульсно-дуговой метод – это метод, который использует генерацию электрической дуги на месте повреждения. Путем анализа характеристик этой дуги, таких как ее продолжительность и характерные сигналы, можно выявить и точно локализовать повреждение в кабеле [3].

Методика переменного разряда – это метод, при котором измеряются изменения в электрическом сигнале и анализируются отражательные волны на предмет выявления повреждений [2].

Петлевой метод поиска – это метод, при котором подаются электромагнитные петли вокруг кабеля. Затем измеряются изменения в этих петлях, вызванные повреждениями кабеля. По анализу этих изменений можно определить внешний вид повреждения и его характеристики. Измеряется соотношение сопротивления при помощи измерительного моста от начала до места повреждения, и измерении от места повреждения по обратной петле [2].

Метод емкостного заряда – это метод диагностики кабельных линий, при котором используется процесс заряда и разряда емкости кабельного изолятора. Путем анализа времени заряда и разряда можно выявить нарушения в работе, такие как пробы или утечки. Этот метод позволяет определить состояние кабельных изоляторов без их физической проверки.

Акустический метод – это метод диагностики кабельных линий, при котором используется измерение звуковых волн, возникших на месте повреждения или нарушения кабельной неисправности. При возникновении повреждений, таких как разрыв или короткое замыкание, это может привести к возникновению звуковых сигналов, которые передаются по кабелю. С помощью акустического визуализатора можно определить местонахождение и характер повреждения, а также оценить его серьезность. Этот метод часто используется для устранения повреждений в подземных и подводных кабелях.

Основные шаги по поиску и обнаружению мест повреждения кабельной линии включают в себя следующие этапы:

1. Проведение технических мероприятий по обеспечению безопасности работ, включая отключение напряжения.
2. Использование мегаомметра или омметра с выбором метода определения характера повреждения и определения зоны и точного места повреждения.
3. При необходимости применения высоковольтной установки для прожига кабеля.
4. Определение области повреждения кабельной линии.
5. Точное определение места повреждения кабеля.
6. Устранение выявленного повреждения.

## Источники

1. Попов Е.В. Методы поиска и локализаций повреждений в кабельных линиях // Научный журнал. 2017. № 6-2 (19). 5 с.
2. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Горлов А.Н. Применение системы нечеткого вывода для оценки состояния изоляции кабельных линий // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2021. Т. 13, № 1 (49). С. 191–203.
3. Костинский С.С. Обзор состояния отрасли трансформаторного производства и тенденций развития конструкции силовых трансформаторов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. Т. 20, № 1-2. С. 14–32.

УДК 621.3.01

# ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НЕСИММЕТРИЧНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Макумби Рональд[1], Маклецов Александр Михайлович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО КГЭУ, г. Казань
[1] ronaldmukumbi@gmail.com, [2]mac.am@mail.ru

Статья рассматривает важность обеспечения качества электрической энергии для надежной и безопасной работы электрических устройств и оборудования. Особое внимание уделяется асимметричным режимам работы электрических сетей, дисбалансу напряжения, гармоническим искажениям, фазовым углам, переходным процессам, мерцанию, нелинейным нагрузкам и провалам напряжения.

**Ключевые слова:** качество электрической энергии, асимметричные режимы работы, дисбаланс напряжения, гармонические искажения, фазовые углы, переходные процессы, нелинейные нагрузки.

# INDICATORS OF THE QUALITY OF ELECTRICAL ENERGY OF ASYMMETRIC MODES OF OPERATION OF ELECTRICAL NETWORKS

Makumbi Ronald[1], Makletsov Alexander Mikhailovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]ronaldmukumbi@gmail.com, [2]mac.am@mail.ru

The article considers the importance of ensuring the quality of electrical energy for reliable and safe operation of electrical devices and equipment. Particular attention is paid to the asymmetric mode of operation of electrical networks, voltage imbalance, harmonic distortion, phase angles, transients, flickering, nonlinear loads and voltage dips.

**Keywords:** electrical energy quality, asymmetric operating modes, voltage imbalance, harmonic distortion, phase angles, transients, nonlinear loads.

Электричество является жизненно важным компонентом современной жизни, питающим наши дома, промышленность и инфраструктуру. Обеспечение качества электрической энергии имеет важное значение для гарантии надежной и безопасной работы электрических устройств и оборудования. В то время как электрические сети часто работают в сбалансированных условиях, не менее важно понимать и оценивать качество электрической энергии при асимметричных или несбалансированных режимах работы. В этой статье мы рассмотрим показатели качества электрической энергии.

**Понимание ассиметричных режимов работы.** Асимметричные режимы работы в электрических сетях возникают, когда возникает дисбаланс напряжения или тока между тремя фазами трехфазной системы. Этот дисбаланс может быть вызван различными факторами, включая неравномерную нагрузку, неисправности и наличие гармоник.

Одним из ключевых показателей является дисбаланс напряжения, который относится к разнице в величине или фазовом угле между тремя фазами. Важно поддерживать дисбаланс напряжения в допустимых пределах, чтобы предотвратить чрезмерную нагрузку на электрооборудование [1].

В асимметричных режимах гармоники часто становятся более выраженными. Гармонические искажения указывают на наличие частот, не входящих в основную частоту (обычно 50 или 60 Гц). Высокие уровни гармоник могут привести к перегреву оборудования и снижению энергоэффективности.

Контроль фазовых углов между фазами имеет решающее значение, поскольку значительные отклонения могут привести к сбоям в работе оборудования и снижению стабильности системы

Асимметричные условия могут привести к кратковременным колебаниям напряжения и тока, что может привести к мерцанию в системах освещения. Высокий уровень мерцания может вызывать раздражение и влиять на работу чувствительного оборудования.

Важно знать, как долго сохраняется асимметричное состояние. Длительные периоды дисбаланса могут привести к повреждению оборудования и нарушению общего качества электроснабжения.

Асимметричные режимы часто усугубляют воздействие нелинейных нагрузок, таких как приводы с регулируемой скоростью вращения и компьютеры.

Провалы напряжения (кратковременное снижение напряжения) и скачки (кратковременное повышение напряжения) могут быть более частыми в асимметричных условиях.

Переходные процессы и мерцание: Асимметричные условия могут привести к кратковременным колебаниям напряжения и тока, что может привести к мерцанию в системах освещения. Высокий уровень мерцания может вызывать раздражение и влиять на работу чувствительного оборудования [2].

**Смягчение эффектов асимметричного режима.** Для обеспечения качества электрической энергии при асимметричных режимах работы могут быть приняты различные меры.

Балансировка нагрузок: равномерное распределение электрических нагрузок между фазами позволяет свести к минимуму дисбаланс напряжения.

Внедрение активных фильтров: активные фильтры могут смягчать гармоники и улучшать качество электроэнергии.

Устройства регулирования напряжения: регуляторы напряжения и компенсатор могут помочь поддерживать стабильные уровни напряжения.

Обнаружение неисправностей и защита: механизмы быстрого обнаружения неисправностей и изоляции могут уменьшить влияние неисправностей на качество электроэнергии [3].

Решения для накопления энергии: внедрение систем накопления энергии может помочь стабилизировать электросеть во время переходных процессов.

Качество электрической энергии при асимметричных режимах работы электрической сети имеет решающее значение для безопасного и эффективного функционирования электрооборудования и систем. Мониторинг и управление такими показателями, как дисбаланс напряжения, гармонические искажения, фазовые углы и переходные процессы, необходимы для поддержания качества электроэнергии. Решая эти проблемы с помощью соответствующих мер, мы можем обеспечить надежность и производительность нашей электрической инфраструктуры даже в далеко не идеальных условиях эксплуатации.

## Источники

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. 9-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1996.

2. Вагин Г.Я. Комментарий к новому стандарту на качество электрической энергии ГОСТ Р 54149-2010 и сопровождающим его стандартам // Промышленная Энергетика. 2013. № 1. С. 39–43.

3. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. 16 с.

УДК 621.315.62.027:537.52

# МЕТОД КОНТРОЛЯ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ИЗОЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ ИМПУЛЬСНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Мытников Алексей Владимирович[1], Стругов Вячеслав Владимирович[2]
[1,2]Томский политехнический университет, г. Томск
[1]mytnikov66@mail.ru, [2]sv_altai@mail.ru

Установлена принципиальная возможность контролировать частичные разряды (ЧР) в высоковольтной изоляции путем анализа результата взаимодействия различных типов импульсов с ЧР. Показано, что результат взаимодействия двух импульсных процессов – внешнего импульса и импульса ЧР зависит от интенсивности ЧР, степени его развития и может быть оценен по осциллограммам. При использовании прямоугольных импульсов, подаваемых на участок изоляции содержащей частичный разряд, критерием оценки наличия и степени развития частичного разряда является степень искажения исходной прямоугольной формы зондирующего импульса, пропорциональная интенсивности частичного разряда.

**Ключевые слова:** частичный разряд, высоковольтная изоляция, ионизационный процесс, старение изоляции, импульсный метод, зондирующий импульс.

# METHOD OF PARTIAL DISCHARGES CONTROL IN HIGH VOLTAGE INSULATION BASED ON THE OF PULSED INTERACTIONS

Mytnikov Alexey Vladimirovich, Strugov Vyacheslav Vladimirovich
Tomsk Polytechnic University, Tomsk
mytnikov66@mail.ru, sv_altai@mail.ru

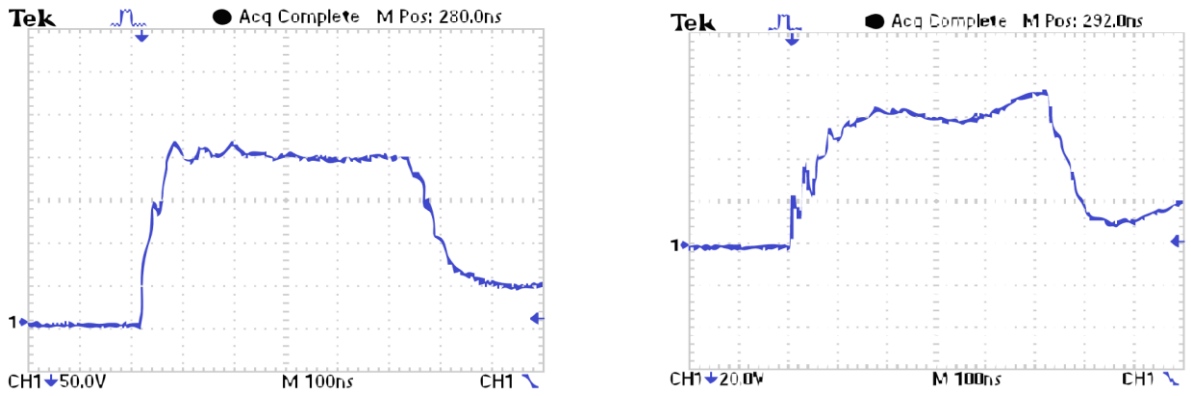
The fundamental possibility of controlling the partial discharges (PD) in high-voltage insulation by analyzing the result of the interaction of various types of pulses with the PD has been established. It is shown that pulses generated by a special generator, can be used to control the PD. The result of the interaction of two impulse processes – an external impulse and a PD impulse - depends on the intensity of the PD, the degree of its development, and can be estimated from waveform analysis. When using rectangular pulses, the criterion for assessment is the presence and degree of development of a partial discharge is the degree of distortion of the initial rectangular shape of the probing pulse, which is proportional to the intensity of the partial discharge.

**Keywords:** partial discharge, high-voltage insulation, ionization process, insulation aging, pulsed method, probing impulse.

Частичные разряды (ЧР) вызывают разрушение изоляции высоковольтного энергетического оборудования в результате неконтролируемого и интенсивного развития [1]. Деструкция высоковольтной изоляции

энергетических систем в силовых трансформаторах и электрических машинах часто становится причиной аварий с серьезными последствиями [2–5].

Для исследования и подтверждения эффективности импульсного метода и его применимости к диагностике ЧР, были выполнены эксперименты, в которых использовались прямоугольные импульсы длительностью 520 нс. Данный подход предполагает подачу импульса на участок изоляции с возможным ЧР. В экспериментах применялись импульсы длительностью 520 наносекунд. Элемент, имитирующий ЧР, представлял собой латунный электрод, в форме острия, вставленный в ячейку из органического стекла. Напряжение 6 кВ подавалось на ячейку от испытательного трансформатора. Таким образом, был организован ЧР типа "неполного пробоя" на поверхности органического диэлектрика. Схема эксперимента выглядит следующим образом: генератор импульсов генерирует зондирующий импульс наносекундной длительности, который подается на детекторную ячейку. Осциллограф измеряет зондирующий импульс, подаваемый на ячейку. Сначала зондирующий импульс длительностью 520 нс подается на ячейку без ЧР. Затем в схему помещается ячейка с ЧР в виде короны. Форма волны импульса, подаваемого на ячейку без ЧР, показана на рисунке слева, с активным ЧР – на рисунке справа.




Частичный разряд отсутствует (*слева*), частичный разряд активен (*справа*)

Физической основой подобной деформации прямоугольного импульса является взаимодействие импульсов ЧР с зондирующим импульсом. Оба сигнала содержат большое количество высокочастотной составляющей. Взаимодействие двух частотных диапазонов при прохождении импульса через участок, содержащий ЧР, приводит к деформации исходной формы импульса. Таким образом, импульсное зондирование позволяет обнаруживать ЧР в высоковольтной изоляции за счёт деформации формы зондирующего импульса.

## Источники

1. Богомолов В.С., Касаткина Т.Е., Кустов С.С. Анализ причин повреждений и результаты обследования технического состояния трансформаторного оборудования // Вестник ВНИИЭ. 1997. С. 25–32.

2. Чичинский М.И. Повреждаемость маслонаполненного оборудования электрических сетей и качество контроля его состояния // Энергетик. 2000. № 11. С. 29–31.

3. Хренников А.Ю. Оценка технического состояния электрооборудования энергосистем и определение перспектив надежной работы ЭЭС России // Электрические станции. 1999. № 8. С. 67–70.

4. Mechanism of partial discharges in free helium bubbles in transformer oil / S.M. Korobeynikov [et al.] // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. 2019. Vol. 26. Pp. 1605–1611.

5. Diagnostic of transformer winding deformation fault types using continuous wavelet transform of pulse response / Q. Cheng [et al.] // Measurement. 2019. Vol. 140. Pp. 197–206.

УДК 534

# ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИЙ НА РАБОТУ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Несмейко Анастасия Вячеславовна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
nes.annastasia@gmail.com

Вибрация является одной из причин разрушения механического оборудования. Из-за износа и повреждения деталей снижается эффективность энергетических систем, что приводит к негативным последствиям. Для предотвращения данных проблем необходимо использовать более качественные конструкции контролировать уровень вибрации, чтобы продлить срок службы оборудования и повысить производительность предприятий.

**Ключевые слова:** вибрация, механическое оборудование, усталостные разрушения, износ, системы крепления, энергия

# INFLUENCE OF VIBRATIONS ON THE OPERATION OF MECHANICAL EQUIPMENT IN ENERGY SYSTEMS

Nesmeyko Anastasia Vyacheslavovna
KSPEU, Kazan
nes.annastasia@gmail.com

Vibration is one of the reasons for the destruction of mechanical equipment. Due to wear and damage to parts, the efficiency of energy systems decreases, which leads to negative consequences. To prevent these problems, it is necessary to use better designs and control the vibration level in order to extend the service life of equipment and increase the productivity of enterprises.

**Keywords:** vibration, mechanical equipment, fatigue failure, wear, fastening systems, energy.

Энергетика является одной из ключевых отраслей в современном мире. Надежность и эффективность энергетических систем во многом зависит от стабильной работы механического оборудования, которое играет главную роль в процессе производства энергии. При их правильной работе обеспечивается непрерывное снабжение потребителей энергией, а также минимизируются затраты на обслуживание и эксплуатацию.

Стабильность работы может быть нарушена из-за множества различных причин. Большинство аварий на энергетических предприятиях связано с усталостными разрушениями деталей, которые вызывает техническая вибрация [1]. Также она изменяет силу трения во вращающихся механизмах, вызывает самопроизвольное откручивание винтов и болтов, увеличивает люфт подвижных деталей и снижает точность измерительных приборов.

Источниками вибрации являются высокоскоростные и мощные механизмы [2]. Причинами возникновения вибрации при работе механического оборудования могут быть: неравномерная нагрузка на элементы оборудования, износ или повреждение механических элементов, например, подшипников или муфты, дисбаланс вращающихся деталей таких как валов или роторов, ошибки при проектировании или монтаже оборудования. Во время разгрузки различных энергоблоков происходят скачки мощности разнообразных установок турбин. Газовая турбина оказывает влияние на мощностные характеристики паровой турбины. Следовательно, это приводит к снижению экономичности паровой турбины и парогазового блока в целом. Кроме того, изменение мощности оказывает влияние на трубопроводы, паропроводы [3], что приводит к накоплению остаточной деформации, что в свою очередь снижает срок службы основного и вспомогательного оборудования не зависимо от режима работы.

Таким образом, для предотвращения негативных последствий, создаваемых вибрацией, необходимо улучшать качество и надежность механического оборудования, например, улучшение систем крепления, балансировка движущихся деталей конструкции и использование материалов более высокого качества помогут избежать более быстрого износа оборудования от технической вибрации. Также можно использовать детали, которые помогут уменьшить передачу вибрации от одного компонента к другому, например, антивибрационные прокладки, амортизаторы или пружины. С помощью датчиков на оборудовании, которые улавливают вибрацию, можно контролировать ее уровень и предотвращать потенциальные проблемы, которые могут возникнуть в будущем.

## Источники

1. Пушкарев И.А. Структурная схема средств виброзащиты строительных конструкций с подвижными нагрузками // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. 2022. Т. 25, № 4. С. 27–36.

2. Баранов А.А., Халиева А.М Влияние переменных нагрузок на работу вспомогательного оборудования парогазовых установок // Энергия-2021: матер. XVI Всерос. (VIII Междунар.) науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Иваново, 2021. С. 144.

3. Акчулпанов Р.И., Сайфуллина Э.И. Сравнительный анализ тепловых насосов // Тинчуринские чтения – 2021: Энергетика и цифровая трансформация: матер. Междунар. молод. науч. конф. В 3-х т. / под общ. ред. Э.Ю. Абдуллазянова. Казань, 2021. Т. 2. С. 169–172.

УДК 621.311

# ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА СТОИМОСТЬ ОТОПЛЕНИЯ

Несмейко Анастасия Вячеславовна[1], Плотников Владимир Витальевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]nes.annastasia@gmail.com, [2]carpenter_wowa@mail.ru

Температура – один из основных факторов окружающей среды, влияющий на стоимость отопления. В качестве примера автоматизации работы технологических систем был рассмотрен погодозависимый счетчик, который корректирует температуру в помещениях в зависимости от изменения погодных условий и тем самым позволяет снизить затраты на отопление.

**Ключевые слова:** погодозависимый счетчик, стоимость отопления, энергопотребление, температура, автоматика, окружающая среда.

# THE INFLUENCE OF AMBIENT TEMPERATURE ON THE COST OF HEATING

Nesmeyko Anastasia Vyacheslavovna[1], Plotnikov Vladimir Vitalievich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]nes.annastasia@gmail.com, [2]carpenter_wowa@mail.ru

Temperature is one of the main environmental factors affecting the cost of heating. As an example of automation of technological systems, a weather-dependent meter was considered, which corrects the temperature in the premises depending on changes in weather conditions and thereby reduces heating costs.

**Keywords:** weather-dependent meter, heating cost, energy consumption, temperature, automation, environment.

В наши дни существует проблема ограниченности природных ресурсов и учитывая стабильную динамику повышения тарифов на электроэнергию и прочие виды топлива, высокий интерес вызывает тема создания и ввода в эксплуатацию энергосберегающего оборудования, а также автоматизация работы технологических систем с целью оптимизации затрат на их эксплуатацию.

Стоимость отопления зависит от установленного тарифа и количества энергопотребления. Тариф на теплоноситель утверждается органами власти, а объем использованного тепла зависит от погодных условий. Таким образом, одним из основных факторов влияния на стоимость отопления является температура окружающей среды [1].

Использование тепловой энергии окружающей среды является одним из наиболее перспективных методов повышения энергетической эффективности зданий. Погодозависимая автоматика считывает температуру воздуха окружающей среды и определяет какой температуры теплоноситель подать в отопительные приборы. Настройка параметров измерительных приборов счетчика характеризуется согласно конкретному объекту и условиям вокруг него. Автоматическая система не требует дополнительного вмешательства человека, но для более точного измерения и сравнения температур необходимо установить датчик комнатной температуры [2]. С помощью датчика можно отследить динамику изменения температуры в помещении, что позволяет автоматике определить состояние системы и предпринять меры по стабилизации температуры. Автоматические погодозависимые счетчики позволяют без вмешательства человека корректировать работу системы и поддерживать заданную температуру в здании с учетом изменения погодных условий. Автоматика позволяет экономнее использовать энергоресурсы за счет точной подачи необходимой тепловой энергии, учитывая запрограммированный режим отопления.

Таким образом, погодозависимые счетчики являются эффективным устройством для автоматического регулирования температуры внутри помещения в зависимости от погодных условий, что позволяет снизить объем потребляемой энергии и минимизировать затраты на отопление.

## Источники

1. Кузьмин С.И., Куделькин Л.А. Модель стоимости системы отопления «тёплый пол» // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2021. № 8. С. 173–174.

2. Тернавский Д.Е., Тургенев И.А. Автоматизация работы отопительного оборудования с целью снижения затрат на его эксплуатацию // Аллея науки. 2017. Т. 1, № 12. С. 19–22.

УДК 621.3.017

# МЕТОДЫ УСТРАНЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Олейник Филипп Юрьевич[1], Куракина Ольга Евгеньевна[2]
[1,2]ФГБОУ «КГЭУ», г. Казань
[1]jrekt@bk.ru, [2]Random_jj@mail.ru

В данном тезисе рассматриваются проблемы потерь электроэнергии и современные методы их устранения.

**Ключевые слова:** потери электроэнергии, передача электроэнергии, технические потери, трансформаторы, коммерческие потери.

# METHODS FOR ELIMINATING ELECTRICITY LOSSES

Oleynik Filipp Yurievich[1], Kurakina Olga Evgenievna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]jrekt@bk.ru, [2]Random_jj@mail.ru

This thesis discusses the problems of electricity losses and modern methods for eliminating them.

**Keywords:** electricity losses, electricity transmission, technical losses, transformers, commercial losses.

В современном мире электроэнергия играет решающую роль в обеспечении устойчивости социально-экономического развития. Однако, несмотря на значительные усилия в области производства и передачи энергии, существенная часть ее теряется в процессе передачи и распределения. Проблема потерь электроэнергии становится все более актуальной в условиях растущего спроса на энергию и стремительного развития технологий.

Потери электроэнергии – это явление, при котором часть электрической энергии, произведенной в генераторах электростанций, теряется в процессе передачи и распределения до места её фактического потребления [1].

Потери электроэнергии в сетях представляют серьезную проблему, охватывающую технические и коммерческие аспекты. Технические потери возникают из-за сопротивления проводов и компонентов сети, что приводит к неэффективной передаче энергии. Коммерческие потери, в свою очередь, включают кражи и несанкционированное потребление электроэнергии, ведущие к финансовым убыткам для энергокомпаний. В свете этого становится неотложной задачей разработка и внедрение методов, направленных на устранение потерь электроэнергии [2].

Есть множество способов устранения технических потерь, среди которых можно выделить основные, например, оптимизация работы трансформаторов и оборудования. Регулирование рабочей нагрузки трансформаторов в соответствии с актуальным спросом на энергию, а так же регулярное техническое обслуживание, позволяет избежать излишних потерь.

Также сюда относят внедрение высокоэффективных материалов в электрооборудование. Традиционные материалы могут обладать высокими уровнями сопротивления, что приводит к дополнительным тепловым потерям и снижению эффективности передачи энергии, а применение новых, более эффективных материалов в производстве проводов, трансформаторов и других ключевых компонентов, снизит эти потери.

Здесь еще стоит упомянуть про улучшение системы мониторинга и диагностики сети. Внедрение современных технологий, позволяющих контролировать состояние, проводить диагностику и обслуживание оборудования удаленно, минимизируя время простоя и улучшая эффективность обнаружения неисправностей [3].

Что касается коммерческих потерь, то они возникают по большому счету из-за жадности и нечестности людей, значит и противодействие к ним будет состоять в основном из учета и должного контроля отпуска электроэнергии. К ним относят установку смарт-счетчиков и дистанционный мониторинг. Внедрение интеллектуальных счетчиков, позволяют снизить потери на 10–30 %, а так же более точно измерять и учитывать энергопотребление, предотвращать недостоверные показания и устранять ошибки в учете. Возможность мониторинга энергопотребления в режиме реального времени улучшает управление ресурсами и выявление потенциальных проблем [4].

Среди коммерческих потерь, отдельно можно выделить, кражу и несанкционированное потребление энергии. Для выявления подобных случаев внедряют системы анализа данных и тепловизионные технологии. Использование аналитических систем данных для выявления аномалий в потреблении, позволяет узнать о краже электроэнергии. В свою очередь, применение тепловизионных технологий помогают обнаружить незаконные подключения и выявить места с повышенной тепловой активностью, что может указывать на несанкционированное потребление [5].

В развивающемся мире, где энергия становится все более ценным ресурсом, снижение потерь электроэнергии играет ключевую роль в создании устойчивых и эффективных энергетических систем. Все выше перечисленные методы помогают снизить коммерческие и технические потери, улучшают точность учета, обеспечивают быстрое выявление

случаев кражи или незаконного использования электроэнергии и повышают эффективность энергосистемы в целом. С уменьшением коммерческих потерь компании будут иметь возможность инвестировать в себя, для будущего развития энергетической инфраструктуры. Следовательно, продолжение инноваций в этой области станет ключом к устойчивому развитию и обеспечению доступности энергии для всех.

## Источники


1. Артемьев А.В., Савченко О.В. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях: руководство для практических расчетов. М.: Изд-во НЦ «ЭНАС», 2004. С. 5–20.

2. Железко Ю.С. Инструкция по нормированию, анализу и снижению потерь электроэнергии в электрических сетях и энергоснабжающих организациях. М.: РАО «ЕЭС России», 2001. 53 с.

3. Об организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям [Электронный ресурс]: утв. приказом Минэнерго России от 30 декабря 2008 г. № 326 // Доступ из СПС «КонсультантПлюс» (дата обращения: 27.11.2023).

4. Современные методы и средства расчета, нормирования и снижения технических и коммерческих потерь электроэнергии в электрических сетях: информ.-метод. матер. Междунар. науч.-техн. семинара. М., 2000. 192 с.

5. Тепловизионные камеры: вклад в повышение энергоэффективности промышленного производства [Электронный ресурс] // Энергетика и промышленность России. 2023. № 13-14 (465-466). URL: https://www.eprussia.ru/epr/465-466/8548684.htm (дата обращения: 27.11.2023).

УДК 336.13

# РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Саданбеков Кутман Эдилович[1], Воркунов Олег Владимирович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]sadanbekovkutman@gmail.com

В статье рассмотрены способы регулирования напряжения в электрической сети а также результаты исследования и принципы работы поперечной и продольной компенсации реактивной мощности.

**Ключевые слова:** реактивная мощность, компенсация реактивной мощности, компенсирующие устройства, электрическая эффективность системы.

# VOLTAGE REGULATION USING COMPENSATING DEVICES

Sadanbekov Kutman Edilovich[1], Vorkunov Oleg Vladimirovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]sadanbekovkutman@gmail.com

The article discusses methods for regulating voltage in the electrical network, as well as the results of the study and the principles of operation of transverse and longitudinal compensation of reactive power.

**Keywords:** reactive power, reactive power compensation, compensating devices, electrical efficiency of the system.

Регулирование напряжения с помощью компенсирующих устройств является важным аспектом электроэнергетической системы. Оно выполняется для поддержания стабильного напряжения на необходимом уровне в электрической сети.

Сущность регулирования напряжения за счет воздействия на потоки реактивной мощности по элементам электрической сети заключается в том, что при изменении реактивной мощности изменяются потери напряжения в реактивных сопротивлениях. Так, для схемы сети (см. рисунок) связь между напряжениями начала $U_1$, и конца $U_2$ можно записать в виде:

$$U_2 = U_1 - \Delta U = U_1 - \frac{P_2 R + \left(Q_2 \mp Q_k\right) X}{U_2}.$$

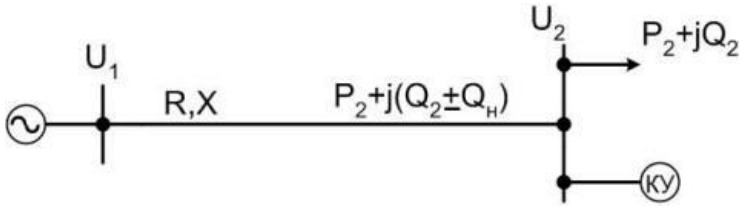



Схема сети с компенсирующим устройством

Поперечная компенсация реактивной мощности мощности является процессом улучшения электрической эффективности системы путем снижения реактивных компонентов тока. В электрических системах нагрузка может потреблять активную мощность и реактивную мощность. Реактивная мощность вызывает потери в системе, увеличивает токи и напряжения на проводах и устройствах, также снижает эффективность работы электрооборудования.

Поперечная компенсация реактивной мощности осуществляется с помощью специальных устройств, называемых компенсационными батареями или конденсаторными батареями. Эти батареи подключаются параллельно к нагрузке и поставляют реактивную мощность, компенсируя ее.

Основной принцип работы поперечной компенсации реактивной мощности заключается в том, что конденсаторы в компенсационной батарее создают емкостное сопротивление, которое компенсирует индуктивность нагрузки. Это приводит к уменьшению общего реактивного сопротивления в системе, улучшает коэффициент мощности и повышает эффективность использования электроэнергии.

Значение поперечной компенсации реактивной мощности заключается в следующем:

1) увеличение электрической эффективности системы, что приводит к снижению потерь энергии и повышению производительности;

2) снижение нагрузки на электрическую сеть и оборудование, что увеличивает их срок службы и надежность;

3) уменьшение токов и напряжений на проводах и устройствах, что снижает риск перегрузок и повреждений;

4) снижение платежей за энергопотребление, так как многие энергоснабжающие компании взимают штрафы за низкий коэффициент мощности;

5) соответствие нормам и требованиям энергетических регуляторов.

Принцип работы продольной компенсации реактивной мощности заключается в использовании специальных компенсационных устройств, таких как серии компенсационных конденсаторов или синхронных

компенсаторов. Эти устройства подключаются в серии с линиями передачи и создают емкостное или индуктивное сопротивление, которое компенсирует реактивные компоненты напряжения.

Сущность продольной компенсации реактивной мощности состоит в том, чтобы регулировать реактивные компоненты напряжения на линиях передачи и поддерживать их в пределах заданных значений. Это позволяет увеличить передаваемую активную мощность, снизить потери энергии и обеспечить стабильное напряжение в системе.

Значение продольной компенсации реактивной мощности заключается в следующем:

1) увеличение эффективности передачи электроэнергии путем снижения потерь энергии и повышения переносимой активной мощности;

2) стабилизация напряжения на линиях передачи и снижение падения напряжения;

3) улучшение надежности и качества электроэнергии, предотвращение перегрузок и снижение риска возникновения сбоев в системе;

4) повышение энергетической эффективности и снижение эксплуатационных расходов;

5) соответствие требованиям и нормативам энергетических регуляторов и стандартам качества электроэнергии.

## Источники

1. Топливно-энергетический комплекс России, 2000–2008 гг. (справочно-энергетический обзор) / под общ. ред. В.В. Бушуева, А.М. Мастепанова, А.И. Громова. М.: ИАЦ «Энергия», 2009. 408 с.

2. Полковниченко Д.В., Булгаков А.А, Гуляева И.Б. Основные вопросы эффективной эксплуатации электроэнергетических систем: учеб. пособие. М.; Вологда: Инфра- инженерия, 2023. 376 с.

3. Полковниченко Д.В., Гуляева И.Б. Введение в электроэнергетику и электротехнику: учеб. пособие. М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. 204 с.

4. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: руководство для практических расчетов. М.: ЭНАС, 2009. 456 с.

5. Корнилов Г.П., Лыгин М.М., Абдулвелеев И.Р. Энергосберегающие технологии в электроэнергетике: учеб. пособие. М.; Вологда: Инфра-инженерия, 2023. 109 с.

УДК 621.314.213.3

# СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАТУРАЛЬНЫХ ЭФИРОВ И МИНЕРАЛЬНЫХ МАСЕЛ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В КАЧЕСТВЕ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ В ТРАНСФОРМАТОРАХ

Субханова Алина Магасумовна[1], Куракина Ольга Евгеньевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]alina8sub@gmail.com, [2]Random_jj@mail.ru

Обычно считается, что изоляционная жидкость должна удовлетворять нескольким условиям эксплуатации, таким как соответствующие диэлектрические и тепловые свойства, низкая воспламеняемость, низкая вязкость, совместимость с другими трансформаторными материалами, смешиваемость с другими жидкостями, экологичность и, последнее, но не менее важное, низкая стоимость.

В данной работе сравниваются диэлектрические жидкости, которые могут использоваться в качестве охлаждающих жидкостей в маслонаполненных трансформаторах: минеральные масла и натуральные эфиры.

**Ключевые слова:** трансформатор, натуральный эфир, трансформаторное масло, изоляционная жидкость, диэлектрик, экологичность, минеральное масло.

# COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF NATURAL ESTERS AND MINERAL OILS USED AS INSULATING FLUIDS IN TRANSFORMERS

Subkhanova Alina Magasumovna[1], Kurakina Olga Evgenievna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]alina8sub@gmail.com, [2]Random_jj@mail.ru

It is generally considered that the insulating liquid must meet several operating conditions, such as appropriate dielectric and thermal properties, low flammability, low viscosity, compatibility with other transformer materials, miscibility with other liquids, environmental friendliness and, last but not least, low cost.

In this paper, dielectric fluids that can be used as coolants in oil-filled transformers are compared: mineral oils and natural esters.

**Keywords:** transformer, natural ether, transformer oil, insulating liquid, dielectric, environmental friendliness, mineral oil.

Минеральное масло – это ископаемое топливо, получаемое из нефти. В силовых трансформаторах можно использовать несколько типов минеральных масел, таких как парафиновое, нафтеновое и ароматическое. Все они содержат разное соотношение компонентов [1]. Обычно минеральные масла сочетают в себе соединения, которые выбираются таким образом, чтобы обеспечить ожидаемое соотношение вязкости и температуры.

Несмотря на положительные характеристики минерального масла и его признание на протяжении многих лет, хорошо известны его огнеопасные недостатки. Это взрывоопасная жидкость, и если из трансформатора вытекает минеральное масло, это потенциально может привести к возгоранию [2].

К минеральному маслу можно отнести и некоторые другие недостатки, поскольку при разливе оно загрязняет окружающую среду, а небольшое количество воды быстро ухудшает его изоляционные свойства [3].

Благодаря экологическим свойствам эфиров в последнее время активизировались исследования жидкостей на основе натуральных эфиров. В распределительных трансформаторах малой мощности и напряжения часто используются сложноэфирные жидкости, но наблюдается устойчивая тенденция к увеличению их номинальной мощности и номинального напряжения [4]. В настоящее время трансформаторы, использующие эфиры, достигают номинального напряжения 400 кВ.

В таблице представлена сравнительная характеристика двух видов трансформаторных масел: на основе натурального эфира и минерального масла.

Сравнение характеристик жидкости на основе натурального эфира и минерального масла

| Свойства | Жидкость Biotemp FR™ | Минеральное масло марки ГК (ТУ 38.101.1025) |
|---|---|---|
| *1* | *2* | *3* |
| Физические | | |
| Температура вспышки в закрытом тигле по ГОСТ 6356-75, не ниже | 315 | 135 |
| Температура воспламенения, °С | > 330 | 160 |
| Температура застывания, °С | –21 | –48 |
| Плотность при 20 °С, г/см$^3$ | 0,92 | 0,895 |
| Вязкость при:<br>100 °С<br>40 °С<br>0 °С | <br>8<br>34<br>215 | <br>3<br>12<br>76 |
| Внешний вид | Чистая, без примесей | Чистая, без примесей |
| Биоразлагаемость в водной среде, % | > 95 | 25,2 |

| *1* | *2* | *3* |
|---|---|---|
| Электроизоляционные | | |
| Напряженность пробоя, кВ | 56 | 30 |
| tgβ, % при 25 °С | 0,08 | < 0,05 |
| Относительная диэлектрическая проницаемость | 3,2 | 2,2 |
| Химические | | |
| Устойчивость к окислению | Да | Да |
| Содержание воды, мг/кг | 50 | Отсутствует |

В целом, выбор между минеральным маслом и натуральными эфирами в качестве изоляционных жидкостей в трансформаторах зависит от конкретных требований и условий эксплуатации. При выборе изоляционной жидкости необходимо учитывать баланс между экологической безопасностью, стабильностью работы, стоимостью и долговечностью трансформатора.

## Источники

1. Electrical Transformers Containing Electrical Insulation Fluid Comprising High Oleic Acid Oil Compositions: Pat. 5,949,017 US Appl. No.: 08/778,608; Filed: Jan. 6, 1997; Date of Patent Sep. 7, 1999.

2. Исследование работоспособности и качества функционирования трансформаторного оборудования электротехнических систем / А.Р. Денисова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 3. С. 23–35.

3. Козлов В.К., Валиуллина Д.М., Туранов А.М. Механизмы старения трансформаторных масел // Актуальные научные исследования в современном мире. 2021. № 11-9 (79). С. 95–103.

4. Аникеева М.А., Коробейников С.М. Исследование растворимости газов в рапсовом масле как электроизоляционном материале // Теплофизика высоких температур. 2020. Т. 54, № 1. С. 108.

УДК 621.316.1

# МОДОВЫЕ КАНАЛЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СИГНАЛА БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Тухфатуллин Искандер Радикович[1], Хузяшев Рустэм Газизович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]iskander.tukhfatullin@mail.ru, [2]142892@mail.ru

В тезисе рассматривается формирование сигналов переходного процесса в простейших линиях среднего с помощью пакета PSCAD с целью реализации волнового метода определения мест повреждения в линиях среднего класса напряжения. Демонстрируется преобразование фазных напряжений в напряжения модовых каналов.

**Ключевые слова:** сигнал переходного процесса, волновой метод определения места повреждения, PSCAD, модовые каналы.

# MODE CHANNELS OF TRAVELLING WAVE SIGNAL PROPAGATION IN POWER DISTRIBUTION NETWORKS

Tukhfatullin Iskander Radikovich[1], Khuzyashev Rustem Gazizovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]iskander.tukhfatullin@mail.ru, [2]142892@mail.ru

The thesis examines with the generation of transient signals in simple medium lines using the PSCAD package in order to realise the wave method of fault location in medium voltage class lines. The conversion of phase voltages into mode channel voltages is demonstrated.

**Keywords:** transient signal, wave method of fault location, PSCAD, modal channels.

Волновой метод определения места повреждения (ВМОМП) основан на регистрации бегущей волны, генерируемой в месте повреждения, на концах фидера в единой спутниковой шкале времени с минимальной погрешностью. Зная разницу времени прихода в эти концы, мы можем определить место возникновения этого сигнала [1]. С целью модернизации программно-аппаратного комплекса (ПАК) ВМОМП мы изучаем процессы формирования сигналов переходного процесса (СПП), обладающие большей информационной ценностью, чем сигналы аварийно-установившегося режима, которые иногда не отличить от нормального режима.

Переход к волновым (модовым) каналам позволяет эффективнее исследовать высокочастотные СПП за счет получения независимых друг от друга n систем тока и напряжения в n-проводной системе. Число фаз сети соответствует числу модовых каналов [2]. В работе Э. Кларка [4] демонстрируется переход напряжения и тока от фазовых координат ($a$, $b$, $c$) в модовые координаты ($m_0$, $m_1$, $m_2$) согласно формулам:

$$\begin{cases} U_{m1} = \dfrac{2}{3}\left(U_a - \dfrac{U_b + U_c}{2}\right), \\ U_{m2} = \dfrac{1}{\sqrt{3}}\left(U_b - U_c\right), \\ U_{m0} = \dfrac{1}{3}\left(U_a + U_b + U_c\right). \end{cases} \quad (1)$$

На рис. 1 показана однолинейная схема трехфазной линии, состоящей из 8 одинаковых участков длиной 1,25 км и двухобмоточных трансформаторов по концам линии с номинальными напряжениями, указанными над соответствующей обмоткой. При замыкании фазы *A* на землю в середине линии сигналы напряжения регистрируются на шинах трансформаторов и на удалении 1,25 км от шин трансформаторов. Нас интересуют сигналы нулевой моды (контур «земля-фазы») и первой моды (контур «средняя фаза-крайние фазы») – рис. 2.

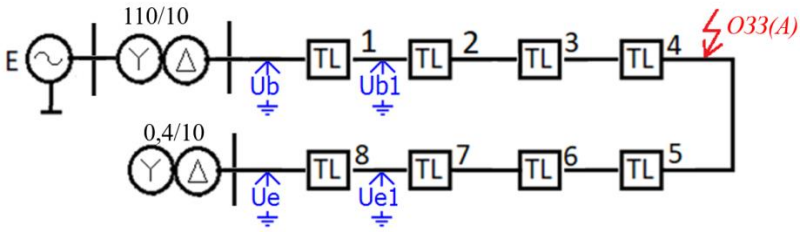



Рис. 1. Схема трехфазной линии, моделируемой в пакете PSCAD [5]

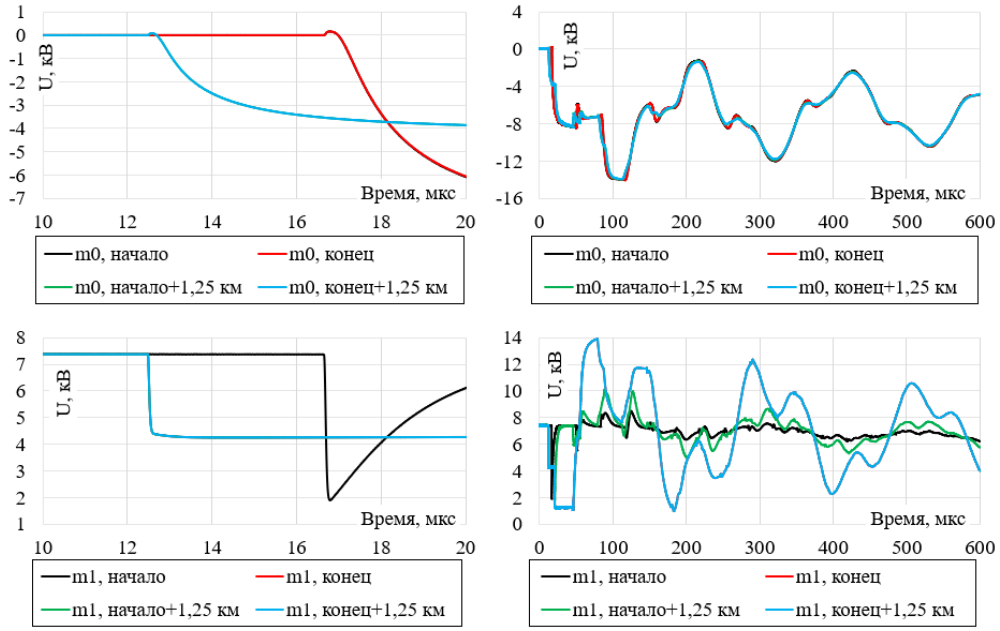



Рис. 2. Экспериментальные результаты моделирования в модовых координатах

Большей информационной ценностью обладает сигнал 1-го модового канала из-за его крутизны, что позволяет более точно определять время прихода сигнала. Это необходимо учитывать в алгоритмах обработки СПП в программно-аппаратных комплексах ВОМП.

## Источники


1. Практическая реализация волнового метода определения места повреждения в разветвленных распределительных электрических сетях 6(10) кВ / Р.Г. Хузяшев [и др.] // Электроэнергия. Передача и распределение. 2019. № 2 (53). С. 98–107.
2. Волновые процессы и электрические помехи в многопроходных линиях высокого напряжения / Костенко М.В. [и др.]. М.: Энергия, 1973. 271 с.
3. Clarke E. Circuit analysis of AC systems, symmetrical and related components General Electric. New York J. Wiley, 1950. 566 p.
4. PSCAD [Электронный ресурс]: сайт. URL: https://www.pscad.com (дата обращения: 10.11.2023).

УДК 681.5

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК С ЦЕЛЬЮ УМЕНЬШЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Фаизов Нарис Наилович
ФБГОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
naris.faizov@yandex.ru

В данной статье рассматривается проблема автоматизации электроустановок с целью увеличения генерации электроэнергии на промышленных объектах. В свете растущего спроса на энергию и стремления к устойчивому развитию, автоматизация играет ключевую роль в повышении эффективности процессов производства электроэнергии, для решения этих проблем рассматривается использование автоматических систем управления.

**Ключевые слова:** автоматизация, электроэнергия, электроустановка, потери энергии, процесс, система управления.

# AUTOMATION OF ELECTRICAL INSTALLATIONS TO REDUCE ELECTRICITY LOSSES

Faizov Naris Nailovich
KSPEU, Kazan
naris.faizov@yandex.ru

This article discusses the problem of automating electrical installations in order to increase electricity generation at industrial facilities. In light of the growing demand for energy and the desire for sustainable development, automation plays a key role in improving the efficiency of power generation processes, and the use of automatic control systems is being considered to solve these problems.

**Keywords:** automation, electricity, electrical installation, energy losses, process, control system.

В последние годы автоматизация электроустановок стала актуальной темой в свете не только увеличивающегося спроса на электроэнергию, но и стремления к эффективному использованию энергетических ресурсов и устойчивому развитию. Одной из основных целей автоматизации электроустановок является уменьшение потерь электроэнергии, что позволяет снизить экономические затраты и негативное воздействие на окружающую среду [1].

Для эффективной автоматизации электроустановок необходимо управлять множеством параметров, таких как напряжение $U$, сила тока $I$, энергия $E$, температура $T$ и др. Однако, традиционные методы контроля

и управления электроустановками, такие как ручное измерение и регулировка, ограничивают возможности точного и эффективного мониторинга процессов производства электроэнергии. В этой статье представлены примеры использования различных приборов и систем отечественного производства для автоматизации сбора и анализа данных в электроустановках.

Одним из таких приборов является датчик уровня, который позволяет контролировать уровень электролита в аккумуляторных батареях и предотвращать их перегрев и повреждение. Российским производителем уровнемера является компания COMMENG (ООО «Комменж», Санкт-Петербург). Другим примером является сетевой анализатор энергетических параметров, который осуществляет непрерывный мониторинг и анализ энергопотребления, позволяя оптимизировать работу электроустановок и минимизировать потери электроэнергии, например, на отечественном рынке выделяется серия анализаторов качества электроэнергии METREL, содержащая в себе приборы качества электроэнергии, которые объединяет высокое качество и значительный функциональный потенциал, позволяющий осуществлять контроль показателей качества электроэнергии в соответствии с ГОСТ 30804.4.30, ГОСТ 30804.4.7 [2]. Особое внимание уделено использованию систем сбора и обработки данных в автоматизации электроустановок. Программное обеспечение для управления и анализа данных позволяет собирать и визуализировать информацию о работе электроустановок, а также проводить детальный анализ и оптимизацию параметров энергетических систем – *ITIL* (Удобные расширения  позволяют эффективно и с минимальными затратами расширить стандартные возможности Service Desk «коробочной» версии 1С:ITIL) [3, 4].

Результатом автоматизации электроустановок является повышение эффективности генерации электроэнергии, снижение затрат на энергию, обеспечение надежной работы и сокращение негативного воздействия на окружающую среду. Примеры использования отечественных приборов и систем в автоматизации электроустановок подтверждают их высокую эффективность и надежность в решении данных задач. В заключение, автоматизация электроустановок с использованием современных приборов и систем является неотъемлемой частью комплексного подхода к увеличению генерации электроэнергии, обеспечению стабильности энергетической системы и достижению устойчивого развития. Примеры использования отечественных приборов и систем демонстрируют важность и эффективность автоматизации в этой области [5].

## Источники

1. Основы ресурсоэффективности: учеб. пособие / И.Б. Ардашкин [и др.]; под ред. А.А. Дульзона и В.Я. Ушакова. Томск: Изд-во ТПУ, 2012. 286 с.

2. Макаров И.Н., Макаров О.А. Эффективность рынка электроэнергетики как фактор экономического развития России // Российское предпринимательство. 2015. № 16 (16). С. 2651–2662.

3. Макаров О.А., Барбашина Е.А. Анализ проблем современной электроэнергетической отрасли и стратегические пути их решения в соответствии с концепцией Энергетической стратегии до 2035 года // Вестник ВГУИТ. 2016. № 44 (2). С. 366–373.

4. АСКУЭ и АИИС КУЭ: преимущества системы и применение [Электронный ресурс]. URL: https://www.meters.taipit.ru/info/askueh-i-aiis-kueh-preimushchestva-sistemy-i-primenenie (дата обращения: 12.11.2023).

5. Установка и внедрение АСКУЭ (АИИС КУЭ) [Электронный ресурс]. URL: https://www.energo-konsultant.ru/sovets/elektrosnabgenie/yuridicheskim_licam/sistema_ASKUE_AIISKUE/ustanovka_i_vnedrenie_ASKUE_AIISKUE/ (дата обращения: 23.11.2023).

УДК 681.5

# КОНТРОЛЬ И УЧЁТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСТАНЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Фаизов Нарис Наилович
ФБГОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
naris.faizov@yandex.ru

В данном тезисе рассматриваются вопросы контроля и учета электроэнергии с применением дистанционных технологий, исследуются существующие методы и системы, используемые для мониторинга и учета потребления электроэнергии, и анализируются их преимущества и недостатки. Также предоставляются рекомендации по дальнейшим исследованиям и применению дистанционных технологий в сфере электроэнергетики.

**Ключевые слова:** автоматизация, контроль, электроэнергия, потеря, дистанционный электросчётчик.

# CONTROL AND ACCOUNTING OF ELECTRIC ENERGY USING REMOTE TECHNOLOGIES

Faizov Naris Nailovich
KSPEU, Kazan
naris.faizov@yandex.ru

This thesis examines the issues of monitoring and accounting for electricity using remote technologies, examines existing methods and systems used for monitoring and accounting for electricity consumption, and analyzes their advantages and disadvantages. Recommendations for further research and application of remote technologies in the electricity sector are also provided.

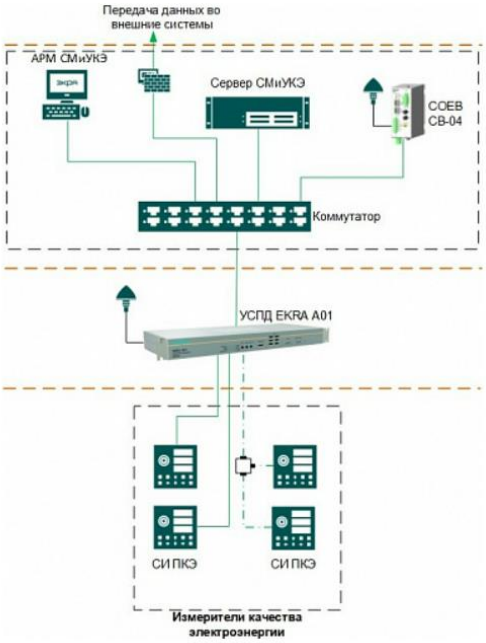
**Keywords:** automation, control, electricity, loss, remote electricity meter.

Контроль и учет электроэнергии являются важными аспектами для энергетической эффективности и экономии затрат. В настоящее время, современные технологии позволяют проводить контроль и учет электроэнергии с помощью дистанционных методов, что обеспечивает максимальную удобство и эффективность процесса [1, 2].

Одним из вариантов внедрения дистанционных технологий для контроля и учета электроэнергии может быть использование смарт-счетчиков. Смарт-счетчики являются устройствами, которые автоматически считывают данные о потреблении электроэнергии и передают их на центральный сервер. Это позволяет операторам электросетей и потребителям получать информацию о расходе электроэнергии в режиме реального времени,

а также анализировать и прогнозировать энергопотребление. Примером такого устройства является умный счетчик электроэнергии с полностью российским дизайном на базе отечественного микроконтроллера производства НИИ электронной техники (АО «НИИЭТ») в рамках программы по обеспечению импортозамещения в промышленности Российской Федерации, которая реализуется в стране. Новый счетчик, который произвела компания «Булат», получил название «Булат 24» реализован на Дальнем Востоке страны [3].

Другим вариантом внедрения дистанционных технологий может быть использование системы мониторинга электроэнергии. Эта система позволяет осуществлять удаленный контроль и учет электроэнергии в реальном времени. Она предоставляет возможность оптимизации энергопотребления, выявления и устранения потенциальных проблем и снижения затрат на энергию. Такая система может использоваться как в жилых домах и офисах, так и в промышленных предприятиях. Например, система мониторинга и управления качеством электроэнергии СМиУКЭ. ПТК «ЭКРА-Энергоучет» («EKRA-EnergyMetering») – совокупность аппаратных и программных средств, предназначенных для создания многоуровневых систем коммерческого и технического учета электроэнергии, а также различных видов энергоресурсов, мониторинга и управления качеством электроэнергии, она позволяет потребителю создавать открытые для модернизации и развития системы учета любого типа и назначения, с любым составом оборудования и инженерных систем (см. рисунок) [4].




Компонентная (модульная) структура ПТК «ЭКРА-Энергоучет»

Стоимость внедрения дистанционных технологий для контроля и учета электроэнергии может различаться в зависимости от конкретного варианта реализации и объема работ. В смету внедрения следует включить затраты на закупку и установку оборудования, настройку программного обеспечения, обучение персонала и возможные расходы на подключение к сети интернет. Также необходимо учесть операционные затраты, такие как оплата абонентской платы и обслуживание системы [5].

В целом, внедрение дистанционных технологий для контроля и учета электроэнергии является перспективным направлением развития энергетического сектора. Позволяя получать актуальную информацию о потреблении электроэнергии и принимать оперативные решения по оптимизации энергопотребления, эти технологии способствуют экономии ресурсов и сокращению затрат на энергию. Однако, внедрение таких систем требует детального анализа и планирования, включая разработку сметы и оценку возможных выгод для конкретных организаций или потребителей.

## Источники

1. Осика Л.К. Коммерческий и технический учет электрической энергии на оптовом и розничном рынках: Теория и практические рекомендации. СПб.: Политехника, 2019. 362 с.

2. Макаров О.А., Барбашина Е.А. Анализ проблем современной электроэнергетической отрасли и стратегические пути их решения в соответствии с концепцией Энергетической стратегии до 2035 года // Вестник ВГУИТ. 2016. № 44 (2). С. 366–373.

3. Березовский В.С., Тульский В.Н., Олесюк Б.В. Исследование структур мониторинга качества электроэнергии, с учетом зарубежного опыта // Энергетика глазами молодежи: тр. VI Междунар. науч.-техн. конф. Иваново, 2015. Т. 2. С. 439–442.

4. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Стандартинформ, 2014. 10 с.

5. Жусупова А.Б., Белякова С.А. Современные тенденции цифровизации инновационного процесса // Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. ст. VI Междунар. науч.-практ. конф. Пенза, 2019. С. 155–158.

УДК 621.313

# ПУТИ ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Филина Ольга Алексеевна[1], Михайловский Антон Евгеньевич[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]olga_yuminova83@mail.ru

Данная статья посвящена проблеме экономии электрической энергии в системе тягового электроснабжения на железной дороге. Для решения проблемы необходимо качест-венное определение ТС перевести на некоторую количественную основу. Формализация качественных определений является необходимым условием построения формальных (вычислимых) диагностических алгоритмов.

**Ключевые слова:** повышение надежности, спектральный метод, компонент, процесс преобразования, методология, наработка, неисправность, возможные состояния.

# WAYS TO SAVE ELECTRIC ENERGY IN THE TRACTION POWER SUPPLY SYSTEM

Filina Olga Alekseevna[1], Mikhailovsky Anton Evgenievich[2]
KSPEU, Kazan
[1,2]olga_yuminova83@mail.ru

Abstract: This article is devoted to the problem of saving electrical energy in the traction power supply system on the railway. To solve the problem, it is necessary to translate the qualitative definition of TC on some quantitative basis. Formalization of qualitative definitions is a necessary condition for building formal (computable) diagnostic algorithms.

**Keywords:** reliability improvement, spectral method, component, transformation process, methodology, operating time, fault, possible states.

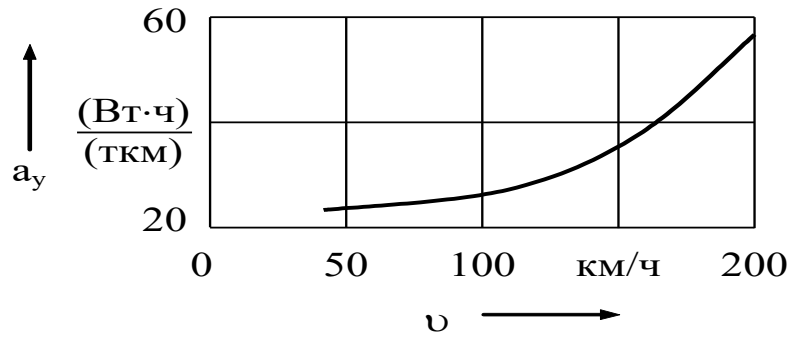
Учесть все факторы, влияющие на основное сопротивление движению поезда, сложно, поэтому при расчетах удельное основное сопротивление рассчитывается по эмпирической формуле:

$$\omega_0 = a + b\upsilon + c\upsilon^2,$$

где $a$, $b$, $c$ – постоянные коэффициенты, зависящие от типа подвижного состава; $\upsilon$ – скорость движения, км/ч.

Увеличение сопротивления движению обусловливает рост тока, потребляемого локомотивом. С другой стороны, при большей скорости снижается время прохождения поездом элементов пути.

Заметное увеличение удельного расхода электрической энергии проявляется со скорости 50–70 км/ч (см. рисунок).




Изменение удельного расхода электроэнергии поезда в зависимости от скорости движения (электровоз ЭП100, масса состава – 900 т)

Экономично ведение поезда с постоянной скоростью. Например, при установившейся скорости движения 200 км/ч скоростного поезда массой 900 т кратковременное снижение скорости до 100 км/ч обусловливает дополнительный расход электроэнергии в 140 кВт·ч, до 120 км/ч – в 125 кВт·ч, до 180 км/ч – в 60 кВт·ч. Одним из преимуществ электрической тяги перед тепловозной является возможность использования электрического торможения. При механическом торможении запасенная кинетическая или потенциальная энергия рассеивается в тормозах. При рекуперативном электрическом торможении запасенная энергия возвращается в контактную сеть и реализуется другими поездами, следующими в режиме тяги, а избыточная энергия рекуперации на участках постоянного тока преобразуется инверторами тяговых подстанций и возвращается в сеть. При рекуперативном торможении машинист на выходе электровоза формирует напряжение на 400–500 В выше, чем на шинах тяговых подстанций. Максимальное напряжение в тяговой сети по условиям изоляции должно быть не выше 29 кВ на участках переменного тока и 4 кВ – на участках постоянного тока. Поэтому с учетом режимов вождения поездов и экономической целесообразности на участках с рекуперативным торможением при условии обеспечения минимально допустимого напряжения на токоприемниках электроподвижного состава на шинах тяговых подстанций постоянного тока необходимо поддерживать напряжение 3,3–3,5 кВ, на шинах тяговых подстанций переменного тока – 27,5–28,5 кВ.

Соединение проводов контактной сети четного и нечетного направлений снижает потери электрической энергии в режимах тяги поездов и рекуперативного торможения. Важно обратить внимание на наличие междупутных соединителей, позволяющих снизить потери

электрической энергии в цепи обратного тягового тока, при этом имеет значение и правильная их расстановка. Для снижения потерь электрической энергии в режиме рекуперативного торможения целесообразна установка междупутных соединителей в местах подключения отсоса тяговых подстанций и вблизи постов секционирования и пунктов параллельного соединения. Консольное питание тяговой сети используется крайне редко и продиктовано в основном разными тарифами на электрическую энергию, перерабатываемую смежными подстанциями. Иногда эти схемы питания используются для исключения дополнительных потерь в тяговой сети, обусловленных значительными уравнительными токами. Отметим, что раздел питания в середине фидерной зоны требует установки дополнительных нейтральных вставок или специальных «устройств раздела питания».

## Источники

1. Filina O.A., Khalil V., Salnikova O.V. Technical condition as an assessment of condition of the object. DOI: http://dx.doi.org/10.1109/ICIEAM54945.2022.9787255 // Proc. of the International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing. 2022. Pp. 102–107.

2. Зинатуллин А.Р., Платонов С.А. Оценка критериев согласия и параметров теоретического и эмпирического распределений в теории точности // Молодежь. Наука. Будущее: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. Петрозаводск, 2022. С. 45–49.

3. Ахметов Р.Р., Сахапов Д.В., Филина О.А. Классификация технических средств диагностирования // Перспективы развития науки в современном мире: сб. тр. XI Всерос. конкурса науч.-исслед. работ. Уфа, 2022. С. 114–125.

4. Акимов Н.С., Катеев С.Э., Таланов Р.М. Специфика объектов диагностирования // Новое слово в науке: стратегии развития: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Чебоксары, 2021. С. 109–110.

УДК 621.311

# ОГРАНИЧЕНИЕ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ВТОРИЧНОЙ ОБМОТКЕ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Яковлева Елизавета Витальевна[1], Воркунов Олег Владимирович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]elizaveta.iakovleva02@mail.ru, [2]vorcunov_oletg@mail.ru

В данной статье рассматривается важный аспект работы электрических систем – ограничение токов короткого замыкания (КЗ). Ток КЗ может возникнуть в электрической системе как результат неисправностей или неправильной эксплуатации оборудования. Этот ток может иметь разрушительные последствия для системы и безопасности персонала. Поэтому необходимо применять меры для ограничения токов короткого замыкания с целью предотвращения серьезных аварий и повреждений оборудования. Подробно рассматриваются два метода ограничения токов короткого замыкания такие, как изменения схемы отбора мощности на собственные нужды электростанции и применение линейных реакторов.

**Ключевые слова:** ограничения, ток короткого замыкания, схемы отбора мощности, линейный реактор, метод.

# LIMITATION OF SHORT-CIRCUIT CURRENTS ON THE SECONDARY WINDING OF A POWER TRANSFORMER

Iakovleva Elizaveta Vitalevna[1], Vorkunov Oleg Vladimirovich[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]elizaveta.iakovleva02@mail.ru, [2]vorcunov_oletg@mail.ru

This article discusses an important aspect of the operation of electrical systems – the limitation of short-circuit currents (SC). Short-circuit current can occur in the electrical system as a result of malfunctions or improper operation of equipment. This current can have devastating consequences for the system and the safety of personnel. Therefore, measures must be taken to limit short-circuit currents in order to prevent serious accidents and damage to equipment. Two methods of limiting short-circuit currents are considered in detail, such as changes in the power take-off scheme for the power plant's own needs and the use of linear reactors.

**Keywords:** limitations, short-circuit current, power take-off circuits, linear reactor, method.

Короткое замыкание (КЗ) на вторичной обмотке трансформатора представляет одну из наиболее критических неисправностей, которая может привести к серьезным последствиям [1].

Одним из способов ограничения является применение линейных реакторов. Когда происходит КЗ, ток в цепи резко возрастает. Линейный реактор возбуждается этим током, что создает электромагнитное поле

вокруг него [2]. Это электромагнитное поле взаимодействует с короткозамкнутым током, препятствуя его дальнейшему увеличению. В результате, линейный реактор ограничивает ток короткого замыкания, предоставляя дополнительную индуктивность в цепи и создавая контрэлектромагнитную силу противоположного направления. Контрэлектромагнитная сила снижает эффективное напряжение в цепи, что приводит к ограничению тока.

Еще одним из способов ограничения токов КЗ является применение схемы отбора мощности на собственные нужды электростанции. Принцип изменения схемы отбора мощности на собственные нужды электростанции основывается на правильном распределении мощности и оптимальной работе системы управления электростанции. Для начала, электростанция должна правильно определить свою потребность в электроэнергии для собственных нужд. Также необходимо учитывать временные изменения потребления электроэнергии, такие как пиковые нагрузки в определенные периоды времени [3]. Схема отбора мощности должна быть изменена таким образом, чтобы обеспечить стабильную работу систем, минимизировать поток энергии наружу и ограничить токи короткого замыкания.

Ограничения токов короткого замыкания с помощью трансформатора с расщепленной обмоткой низшего напряжения. При этом дополнительное сопротивление включается в цепь при возникновении короткого замыкания. Это может быть достигнуто с помощью вторичной обмотки, которая содержит дополнительные изолированные обмотки, реостаты или другие устройства регулирования. При возникновении короткого замыкания, устройство регулирования включается автоматически и увеличивает импеданс вторичной обмотки, что ограничивает ток короткого замыкания. Это позволяет предотвратить серьезные повреждения обмотки, изоляции и других компонентов системы электропитания в случае короткого замыкания [4].

Рассмотренные способы уменьшения токов КЗ должны быть адаптированы к определенным условиям и спецификациям каждой трансформаторной подстанции. Здесь может потребоваться разработка и настройка специализированных систем управления и контроля для достижения оптимальных результатов. Правильное применение схемы уменьшения токов КЗ может значительно повысить эффективность и безопасность работы любого силового трансформатора [5].

## Источники

1. Давыдов А.В., Бурмистрова В.В. Влияние сопротивления вторичной обмотки силового трансформатора на его ток короткого замыкания // Электрические станции. 2012. № 6. С. 21–24.

2. Минаев А.В., Рачков Д.С., Божек А.А. Методы и средства ограничения токов короткого замыкания в энергосистемах // Вестник Московского энергетического института. 2018. Т. 2, № 1. С. 26–32.

3. Маслов А.А., Попов В.И. Исследование причин и способов ограничения тока короткого замыкания на вторичной обмотке силового трансформатора // Электротехнические системы и сети. 2018. № 2. С. 42–46.

4. Гордеева Е.А., Родиков А.Д. Определение влияния различных параметров на ограничение тока короткого замыкания на вторичной обмотке трансформатора // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2018. № 3. С. 44–48.

5. Константинов Д.В., Ольшевский В.В. Повышение безопасности обслуживания силовых трансформаторов при коротких замыканиях // Электроэнергетика. 2013. № 1. С. 20–23.

## Направление 9. ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ В ЖКХ

УДК 504.75

# ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЖКХ

Абдулхаков Даниял Наилевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
daniyal.abdulkhakov.02@mail.ru

Сфера ЖКХ имеет прямое отношение к жизни каждого человека, однако, эта сфера, которая должна заботиться о комфорте и удобстве населения, к сожалению, напрямую сталкивается с разными очень серьёзными и порой катастрофическими экологическими проблемами.

**Ключевые слова:** выбросы, отходы, парниковые газы, водоснабжение, энергоэффективность, рециклинг.

# ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE ORGANIZATION OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES

Abdulkhakov Daniyal Nailevich
KSPEU, Kazan
daniyal.abdulkhakov.02@mail.ru

The housing and utilities sector is directly related to the life of every person, however, this sphere, which should take care of the comfort and convenience of the population, unfortunately, directly faces various very serious and sometimes catastrophic environmental problems.

**Keywords:** emissions, waste, greenhouse gases, water supply, energy efficiency, recycling.

Проблемы выбросов и отходов в энергетической отрасли одной из основных экологических проблем, с которыми сталкивается энергетическая отрасль, являются выбросы и отходы. В процессе производства электроэнергии или других видов энергии неизбежно возникают различные вредные вещества и отходы, которые могут сильно оказывать негативное влияние на окружающую среду, а также на здоровье человека. Один из наиболее распространённых и основных выбросов при производстве энергии – это парниковые газы, такие как углекислый газ, оксид азота, метан и гексафторид серы. Эти газы, являются основными причинами изменения климата и вызывают глобальное потепление (хотя углекислый газ больше всего загрязняет воздух, примерно 60 % от всех). Они создают эффект парникового газа, который заключается в задержке тепла в атмосфере Земли и повышении её температуры [1].

Выбросы парниковых газов обуславливаются использованием углеводородных типов топлива, таких как уголь, сырая нефть и природный газ, для производства тепло- и электроэнергии. При сжигании этих видов топлива колоссальные значительные объёмы углекислого газа, который затем попадает в атмосферу. Это приводит к увеличению концентрации парниковых газов и, как следствие, к изменениям климата [2].

Следующая проблема заключается в энергоэффективности жилых домов. Большинство жилых зданий, особенно в старых районах, имеет низкий уровень теплоизоляции и требует больших затрат энергии на отопление зимой и охлаждение летом. Это приводит к большим выбросам того же углекислого газа и негативно влияет на окружающую среду [3].

Ещё один аспект экологической проблемы в сфере ЖКХ – это управление отходами. В городах с высокой плотностью населения (более тысячи человек на квадратный метр), утилизация и обработка отходов одна из важнейших проблем. Часто отходы складируются на свалках или сжигаются в неэкологичных и опасных условиях, что приводит к загрязнению атмосферы и почвы [4].

Четвёртая проблема связана с водоснабжением и канализацией. Ведь неконтролируемая подача неочищенных использованных вод в реки приводит к загрязнению водных ресурсов и нарушению биологического равновесия экологических систем. Кроме того, неэффективное использование водных ресурсов и несоблюдение норм экономии воды являются серьёзными проблемами [5].

Для решения экологических задач в области ЖКХ необходимо выполнить ряд мероприятий. Во-первых, нужно либо строить новые здания с новой системой воздухо- и водоочистки, либо модернизировать существующие строения, улучшить их энергоэффективность путём установки теплоизоляционных материалов и энергосберегающего оборудования [6]. Во-вторых, лучше внедрить технологии по переработке и утилизации отходов, а также развить системы раздельного сбора мусора и рециклинга. В-третьих, для решения проблем водоснабжения и канализации необходимо строить и улучшать соответствующую инфраструктуру, внедрять современные системы очистки сточных вод и постараться жителям домов лучше экономить воду.

## Источники

1. Даутов Р.Р., Кондратьев А.Е. Экологические аспекты применения тепловых насосов в индивидуальном отоплении // Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование : сб. науч. ст. Междунар. Науч.-техн. конф.: в 3 т. Казань, 2023. Т. 2. С. 192–195.

2. Сергеева Д.В., Кондратьев А.Е. Инфракрасная система отопления // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: матер. II Междунар. науч. конф. Сумгаит, 2020. С. 284–287.

3. Кондратьев А.Е., Алимкулова С.Р. Анализ эффективности внедрения индивидуальных тепловых пунктов в систему теплоснабжения // Энергетика и энергосбережение: теория и практика: сб. матер. IV Всерос. науч.-практ. конф. / под ред. В.Г. Каширских, И.А. Лобур. Кемерово, 2018. С. 142.1–142.2.

4. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Перспективные методы и методики поиска скрытых каналов, полостей и трубопроводов виброакустическим методом // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2015. № 2 (47). С. 9–13.

5. Сергеева Д.В., Кондратьев А.Е. Обеспечение теплового режима отопления помещения инфракрасным излучателем // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VI Нац. науч.-практ. конф.: в 2 т. Казань, 2020. Т. 1. С. 436–438.

6. Nazarychev S.A., Gaponenko S.O., Kondratiev A.E. Determination of informative frequency ranges for buried pipeline location control // Helix. 2018. Vol. 8, Iss. 1. Pp. 2481–2487.

УДК 532.542.4

# СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ В ANSYS FLUENT

Александров Роман Николаевич[1], Загретдинов Айрат Рифкатович[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]rgtv.ww@gmail.com, [2]azagretdinov@yandex.ru

В работе проводится исследование влияния моделей турбулентности на результаты CFD-расчета ANSYS Fluent.

**Ключевые слова:** CFD-моделирование, модель турбулентности, турбулентность, трубопровод, ANSYS Fluent.

# COMPARISON OF TURBULENCE MODELS IN ANSYS FLUENT

Alexandrov Roman Nikolaevich[1], Zagretdinov Ayrat Rifkatovich[2]
KSPEU, Kazan
[1]rgtv.ww@gmail.com, [2]azagretdinov@yandex.ru

The work examines the influence of turbulence models on the results of CFD calculations in ANSYS Fluent.

**Keywords:** CFD modeling, turbulence model, turbulence, pipeline, ANSYS Fluent.

Одним из методов научного исследования является математическое моделирование, позволяющее значительно ускорить изучение процессов, происходящих в объекте [1]. В моделировании взаимосвязанные явления и факторы передаются в виде математических формул [2].

В ходе исследования было проведено моделирование потока воды в трубопроводе сложной геометрии. Основная цель работы – сравнение различных моделей турбулентности [3].

Трехмерная модель трубопровода представлена на рис. 1 и имеет следующие параметры: диаметр основной части 150 мм, диаметр сужений 23 мм, общая длина 2,33 м. Скорость потока воды на входе в трубопровод составляет 1 м/с.

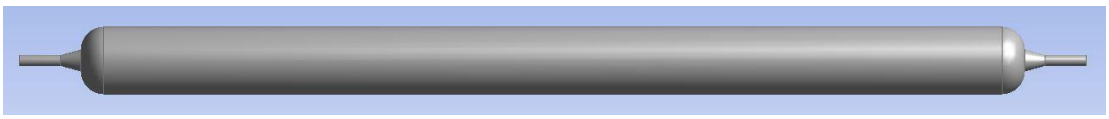


Рис. 1. Трехмерная модель исследуемой трубы

Расчеты проведены в ANSYS Fluent в стационарном режиме. Использовался алгоритм решения SIMPLE, выбрана дискретизация первого порядка. Решение считалось сошедшимся при достижении значений невязок $10^{-5}$ [4].

Сравнение разных моделей турбулентности с точки зрения количества произведенных итераций представлено в таблице.

Сравнение моделей турбулентности

| Модель турбулентности | Итерация, на которой сошелся расчет | Расход на выходе |
|---|---|---|
| K-Epsilon Standard | 894 | 0,407932849 |
| K-Epsilon RNG | 1239 | 0,407932851 |
| K-Epsilon Realizable | 1603 | 0,407932852 |
| K-Omega BSL | 1097 | 0,407932854 |
| K-Omega SST | 1196 | 0,407932856 |

На основе полученных результатов можно сделать вывод о том, что рассмотренные модели турбулентности позволяют получить равные расходы воды в трубопроводе. С точки зрения скорости расчета модель K-Epsilon Standard показала наилучший результат. Однако от выбора модели турбулентности меняется картина течения воды в трубопроводе. Так, например модели K-Omega BSL и K-Omega SST прогнозируют поток с более крупными вихрями, возникающими при изменении диаметра трубопровода (рис. 2) [5].

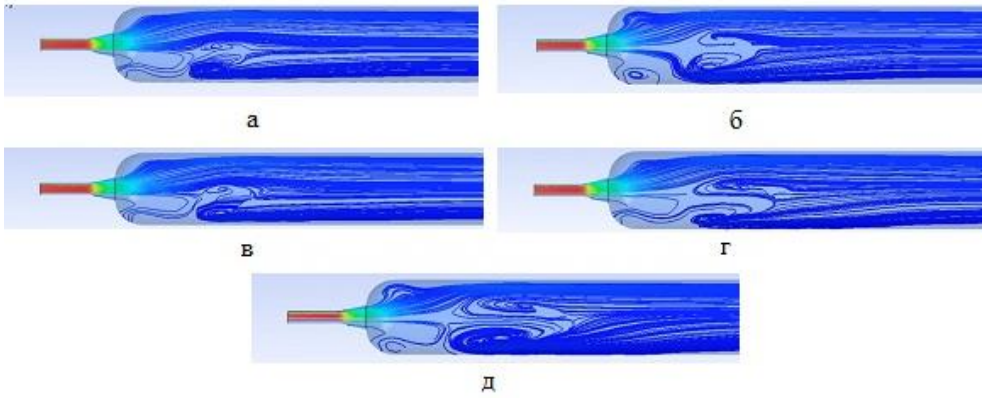



Рис. 2. Линии тока: *а* – K-Epsilon Standard; *б* – K-Epsilon RNG; *в* – K-Epsilon Realizable; *г* – K-Omega BSL; *д* – K-Omega SST

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-10045 (URL: https://rscf.ru/project/22-79-10045/).

## Источники

1. Калимуллин Р.Р., Яминова Е.М., Шестерякова Н.В. Выбор модели турбулентности при моделировании вихревого течения жидкости в теплогенераторе // Гидравлика. 2016. № 1 (1). С. 60–66.

2. Zagretdinov A.R., Kondratyev A.E., Gaponenko S.O. Reliability Increasing Solutions for Multilayer Composite Structures Shock-Acoustic Control. DOI 10.1016/j.proeng.2017.10.533 // International Conference on Industrial Engineering – 2017. Saint-Petersburg, 2017. Pp. 656–661.

3. Установка для калибровки пьезоэлектрических датчиков / С.О. Гапоненко [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2016. № 7-8. С. 79–86.

4. Тепломассообмен и гидродинамика в закрученных потоках / А.И. Леонтьев [и др.] // Теплофизика высоких температур. 2021. Т. 59, № 5. С. 774–789.

5. Дееб Равад, Колотвин А.В., Сиденков Д.В. Оценка моделей турбулентности для моделирования теплообмена и гидродинамики труб каплевидной формы // Вестник международной академии холода. 2022. № 2. С. 61–69.

УДК 620.92

# ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В РОССИИ

Анцупов Никита Алексеевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань anikita74rus@gmail.com

В данной статье рассматриваются актуальные вопросы, касающиеся особенностей применения солнечных коллекторов на территории нашей страны. Описываются подходы, при которых применение коллекторов станет более эффективным.

**Ключевые слова**: солнечные коллекторы, энергия, Россия, эффективность, использование, климат.

# FEATURES OF THE USE OF SOLAR COLLECTORS IN RUSSIA

Antsupov Nikita Alekseevich
KSPEU, Kazan
anikita74rus@gmail.com

This article discusses topical issues concerning the features of the use of solar collectors in our country. Approaches are described in which the use of collectors will become more effective.

**Keywords**: solar collectors, energy, Russia, efficiency, use, climate.

В последнее время все больше внимания уделяется использованию альтернативных источников энергии, где солнечные коллекторы занимают одно из лидирующих мест. Они представляют собой устройства, которые преобразуют солнечную энергию в тепловую, и могут использоваться для различных целей, таких как отопление домов, нагрев воды и многое другое [1].

Одним из самых простых способов использования солнечных панелей является их установка на крышах промышленных зданий и ангаров, где они могут обеспечивать освещение. Также стоит более активно подходить к проектированию дорог, учитывая возможность установки на них солнечных панелей для питания автомобилей на заправочных станциях.

Однако применение солнечных коллекторов имеет свои особенности в разных странах, в том числе и в России. Одной из главных проблем является климат: в России зимы холодные и продолжительные, а лето короткое и прохладное, что снижает эффективность использования солнечных коллекторов для отопления. В таких случаях необходимо разрабатывать коллекторы, которые могут работать при низких температурах и малом количестве солнечного света [2].

Тем не менее, существуют способы, позволяющие повысить эффективность использовтания солнечных коллекторов даже в условиях холодного климата. Одним из них считается использование специальных технологий, которые позволяют собирать и сохранять солнечное тепло. Например, это могут быть вакуумные трубки или тепловые насосы, которые могут повысить эффективность коллектора на 30–50 %.

Еще одним способом является использование коллективных систем отопления, когда несколько домов объединяются в одну систему, и каждый дом получает свою долю тепла от общего коллектора. Это позволяет снизить затраты на установку и эксплуатацию каждого отдельного коллектора, а также повысить общую эффективность системы [3].

Другой проблемой использования солнечных коллекторов в России является их высокая стоимость. Однако, с развитием технологий и увеличением конкуренции на рынке, цены на солнечные коллекторы постепенно снижаются. Кроме того, государство предоставляет субсидии и налоговые льготы для тех, кто использует альтернативные источники энергии, что может помочь снизить стоимость установки и эксплуатации солнечных коллекторов.

Необходимо проводить образовательные программы и кампании, которые будут рассказывать о преимуществах использования солнечных коллекторов и других альтернативных источников энергии [4].

Также будет полезным развитие инфраструктуры для хранения и использования энергии, полученной от солнечных коллекторов, чтобы обеспечить непрерывное и эффективное использование этой энергии.

Таким образом, несмотря на то что климат России не всегда благоприятен для использования солнечных коллекторов, существуют технологии и подходы, которые позволяют повысить их эффективность и сделать их использование более выгодным и привлекательным. Важно учитывать климатические особенности региона и использовать специальные технологии для достижения максимальной эффективности [5].

## Источники

1. Макуева Д.А., Шайхутдинов Я.О., Кондратьев А.Е. Перспективы использования солнечных коллекторов в Республике Татарстан // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VII Нац. науч.-практ. конф. Казань, 2022. С. 711–713.

2. Shakurova R.Z., Gaponenko S.O., Kondratiev A.E. On the issue of inertial excitation of diagnostic low-frequency vibrations in pipelines of housing and communal services. DOI: 10.1051/e3sconf/202021601079 // E3S Web of Conferences. Kazan, 2020. Vol. 216.

3. Сергеева Д.В., Кондратьев А.Е. Инфракрасная система отопления // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики : матер. II Междунар. науч. конф. Сумгаит, 2020. С. 284–287.

4. Кондратьев А.Е., Алимкулова С.Р. Анализ эффективности внедрения индивидуальных тепловых пунктов в систему теплоснабжения // Энергетика и энергосбережение: теория и практика: сб. матер. IV Всерос. науч.-практ. конф. / под ред. В.Г. Каширских, И.А. Лобур. Кемерово, 2018. С. 142.1–142.2.

5. Макуева Д.А., Шайхутдинов Я.О., Кондратьев А.Е. Системы теплоснабжения жилого дома от солнечных коллекторов // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: матер. II Междунар. науч. конф. Сумгаит, 2020. С. 270–272.

УДК 620.92

# СТАЦИОНАРНЫЕ СОЛНЕЧНЫЕ КОЛЛЕКТОРЫ

Анцупов Никита Алексеевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань anikita74rus@gmail.com

Повсеместное применение альтернативных источников энергии позволяет сократить сжигание углеводородных видов топлива. В статье рассматриваются различные типы солнечных коллекторов, их особенности и преимущества.

**Ключевые слова**: солнечные коллекторы, стационарные, использование, энергия, передача, излучение.

# STATIONARY SOLAR COLLECTORS

Antsupov Nikita Alekseevich
KSPEU, Kazan
anikita74rus@gmail.com

The widespread use of alternative energy sources makes it possible to reduce the burning of hydrocarbon fuels. The article discusses various types of solar collectors, their features and advantages.

**Keywords**: solar collectors, stationary, use, energy, transmission, radiation.

Солнечные коллекторы – это устройства, которые преобразуют солнечное излучение в тепло и передают его жидкости или другой транспортирующей среде. Энергия, собранная таким образом, может быть использована для горячего водоснабжения, кондиционирования помещений или накопления тепловой энергии для использования в ночное время или в пасмурные дни [1].

Коллекторы солнечной энергии в основном отличаются своим движением, т. е. неподвижностью, отслеживанием по одной оси и отслеживанием по двум осям, а также рабочей температурой. Рассмотрим стационарные солнечные коллекторы. Эти коллекторы постоянно зафиксированы в нужном положении и не отслеживают движение солнца. В эту категорию попадают три типа коллекторов:

1) коллекторы плоских пластин;

2) стационарные составные параболические коллекторы;

3) вакуумные трубчатые коллекторы [2].

Плоские солнечные коллекторы поглощают солнечное излучение через прозрачную крышку и передают его транспортирующей среде в трубках для жидкости. Поглотитель и корпус хорошо изолированы,

трубки для жидкости соединены с коллекторными трубками большого диаметра. Прозрачная крышка уменьшает потери конвекции и излучения. Гибкие печатные платы не требуют слежения за солнцем. Коллекторы должны быть ориентированы непосредственно к экватору с оптимальным углом наклона, равным широте местоположения с небольшими колебаниями [3].

Составные параболические коллекторы не создают изображения и могут отражать падающее излучение на поглотитель при широком диапазоне углов. Они могут быть использованы в качестве линейных или желобчатых концентраторов и могут быть стационарными или следящими в зависимости от угла приема. Коллекторы могут быть ориентированы в направлении север-юг или восток-запад. Также они способны принимать большую долю рассеянного излучения, падающего на их отверстия, и концентрировать его без необходимости слежения за солнцем [4].

Вакуумные трубчатые солнечные коллекторы отличаются от обычных плоских коллекторов тем, что они состоят из тепловой трубы внутри вакуумной трубки. Вакуумная оболочка снижает потери на конвекцию и теплопроводность, позволяя им работать при более высоких температурах. Эти коллекторы могут собирать как прямое, так и рассеянное излучение, и их эффективность выше при малых углах падения, что дает преимущество в производительности в течение всего дня. Вакуумные коллекторы используют материалы с фазовым переходом жидкость-пар для передачи тепла с высокой эффективностью, обеспечивая встроенную защиту от замерзания и перегрева [5].

Описанные типы солнечных коллекторов представляют привлекательные варианты для использования солнечной энергии в различных областях, таких как горячее водоснабжение, кондиционирование помещений и накопление тепловой энергии. Эти технологии могут способствовать более устойчивому использованию энергии и содействовать борьбе с экологическими проблемами, представляя собой важный шаг в направлении более устойчивого будущего [6].

## Источники

1. Гилазова Г.Р., Кондратьев А.Е. Особенности применения солнечных коллекторов для системы отопления // Научному прогрессу – творчество молодых. 2020. № 2. С. 25–27.

2. Сергеева Д.В., Кондратьев А.Е. Инфракрасная система отопления // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: матер. II Междунар. науч. конф. Сумгаит, 2020. С. 284–287.

3. Zagretdinov A.R., Kondratyev A.E., Gaponenko S.O. Reliability Increasing Solutions for Multilayer Composite Structures Shock-Acoustic Control. DOI 10.1016/j.proeng.2017.10.533 // International Conference on Industrial Engineering – 2017. Saint-Petersburg, 2017. Pp. 656–661.

4. Макуева Д.А., Шайхутдинов Я.О., Кондратьев А.Е. Перспективы использования солнечных коллекторов в Республике Татарстан // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VII Нац. науч.-практ. конф. Казань, 2022. С. 711–713.

5. Shakurova R.Z., Gaponenko S.O., Kondratiev A.E. On the issue of inertial excitation of diagnostic low-frequency vibrations in pipelines of housing and communal services. DOI: 10.1051/e3sconf/202021601079 // E3S Web of Conferences. Kazan, 2020. Vol. 216.

6. Макуева Д.А., Шайхутдинов Я.О., Кондратьев А.Е. Системы теплоснабжения жилого дома от солнечных коллекторов // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: матер. II Междунар. науч. конф. Сумгаит, 2020. С. 270–272.

УДК 33.338.49

# СОЗДАНИЕ ПЛАТФОРМЫ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Беленкова Дарья Андреевна[1], Саитов Станислав Радикович[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Кзань
[1]ne.dassa@yandex.ru, [2]caapel@mail.ru

В статье рассматривается актуальная проблема оптимизации распределенной промышленной энергетики и представлен анализ современных технологических решений, основанных на использовании интеллектуальных систем. Также рассматриваются ключевые принципы создания платформы оптимизации, исследуются преимущества, ограничения и потенциал ее применения в промышленности.

**Ключевые слова**: платформа, оптимизация, терминал, моделирование, энергетика.

# CREATION OF A DISTRIBUTED INDUSTRIAL ENERGY OPTIMIZATION PLATFORM BASED ON INTELLIGENT SYSTEMS

Belenkova Darya Andreevna[1], Saitov Stanislav Radikovich[2]
KSPEU, Kazan
[1]ne.dassa@yandex.ru, [2]caapel@mail.ru

The article examines the current problem of optimizing distributed industrial energy and presents an analysis of modern technological solutions based on the use of intelligent systems. It also discusses the key principles of creating an optimization platform, exploring the advantages, limitations and potential of its application in industry.

**Keywords**: platform, optimization, terminal, modeling, energy.

Распределенная промышленная энергетика (РПЭ) является важным направлением развития энергетической отрасли, которое позволяет эффективно использовать распределенные источники энергии и управлять нагрузками в режиме реального времени. Оптимизация РПЭ является сложной задачей, требующей сбалансированного учета множества факторов.

Интеллектуальные системы, такие как искусственный интеллект, машинное обучение и алгоритмы оптимизации, предоставляют эффективные инструменты для решения задач оптимизации в РПЭ. Они позволяют создавать гибкие платформы, способные адаптироваться к изменяющимся условиям и прогнозировать потребление энергии, а также оптимизировать работу распределенных источников [1]. Значительное внимание уделяется минимизации стоимости энергии и уменьшению негативного воздействия на окружающую среду.

Платформы оптимизации обладают несколькими преимуществами. Одним из главных является интеллектуальные системы, которые позволяют эффективно координировать генерацию, хранение и использование энергии из различных источников. Это приводит к оптимальному использованию ресурсов, уменьшению потерь энергии и повышению энергетической эффективности системы [2]. Платформа оптимизации на основе интеллектуальных систем позволяет быстро адаптироваться к изменяющимся условиям и требованиям сети. Распределенные источники энергии могут быть легко интегрированы или удалены из системы без значительного влияния на работоспособность системы в целом. Интеллектуальные системы на платформе оптимизации способны анализировать и прогнозировать нагрузку энергией с высокой точностью. Это позволяет более эффективно управлять нагрузкой и распределять энергию таким образом, чтобы удовлетворить потребности потребителей и снизить пиковые нагрузки. Создание платформы обещает значительные экономические выгоды. Оптимизированное использование ресурсов и управление нагрузкой позволяют снизить затраты на производство.

Необходимо учитывать ограничения при создании платформы оптимизации РПЭ. Одним из главных является недостаток данных. Для эффективной работы платформы требуется большой объем данных, включая информацию о производственных мощностях, потреблении энергии и других факторах [3]. Недостаточность или неточность данных может снизить точность прогнозов и оптимизации. Следующим ограничением является сложность моделирования и оптимизации распределенных систем. РПЭ включает множество взаимодействующих компонентов, таких как солнечные панели, ветрогенераторы, энергосистемы зданий и другие [4]. Моделирование и оптимизация таких сложных систем требуют разработки сложных алгоритмов и учета различных ограничений. Также немаловажным является проблема безопасности и конфиденциальности данных. Оптимизация распределенной промышленной энергетики требует обмена большим объемом чувствительных данных между различными участниками системы. Необходимо гарантировать безопасность передачи данных и защиту от несанкционированного доступа к ним.

На основе данного анализа можно сделать вывод, что предложенная платформа демонстрирует значительное повышение эффективности и экономии энергии в сравнении с традиционными системами энергоснабжения. Она способствует более гибкому и устойчивому управлению распределенной промышленной энергетикой, а также снижению нагрузки [5].

## Источники

1. Искусственный интеллект как стратегический инструмент экономического развития страны и совершенствования ее государственного управления. Часть 2. Перспективы применения искусственного интеллекта в России для государственного управления / Соколов И.А. [и др.] // International Journal of Open Information Technologies. 2017. Т. 5, № 9. С. 76–101.

2. Веселов Ф.В., Ядыкин И.Б., Бахтадзе Н.Н. О концептуальном проектировании интеллектуальных систем управления энергетическими системами // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2015: матер. 8-й Междунар. конф.: в 2 т. / под общ. ред. С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. 2015 . Т. 1. С. 29–40.

3. Логинов Е.Л., Логинов А.Е., Интеллектуальная электроэнергетика: новый формат интегрированного управления в единой энергетической системе России // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2012. Т. 8, № 29 (170). С. 28–32.

4. Перспективы развития мировой энергетики с учетом влияния технологического прогресса: моногр. / Галкин Ю.В. [и др.]; отв. ред. В.А. Кулагин. М.: Институт энергетических исследований РАН, 2020. 320 с.

5. Саитов С.Р., Карачурин Б.Р., Сидоров М.В. Прогнозирование пиковых часов энергосбытовых компаний, входящих в реестр гарантирующих поставщиков АО «АТС» // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4 (56). С. 59–68.

УДК 620.92

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ И ИНДИВИДУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

Гайфуллин Расим Раисович[1], Кондратьев Александр Евгеньевич[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]rasim1903gayfullin@gmail.com

По мере расширения городов происходит строительство новых зданий, которые требуют отопления. Основные варианты отопления – это коммунальное или индивидуальное, где коммунальный вариант представлен централизованным отоплением, а индивидуальный – главным образом нагревателями на основе тепловых насосов или биомассы. От того, какой вариант является наилучшим с точки зрения затрат, зависит тип здания и развитие энергетической системы. Статья исследует стоимостно-эффективное отопление новых городских жильё с точки зрения системы под различными сценариями.

**Ключевые слова:** теплоснабжение, централизованное отопление, индивидуальное отопление, эффективность.

# ADVANTAGES OF HEAT PUMPS

Gaifullin Rasim Raisovich[1], Kondratiev Alexander Evgenievich[2]
KSPEU, Kazan
[1,2]rasim1903gayfullin@gmail.com

As cities expand, new buildings are being constructed that require heating. In the context of increasing synergy between the heating and electricity sectors, as well as forecasted rapid growth in electricity demand, the choice of heating methods becomes critically important for transitioning to sustainable development. The main heating options are communal or individual, where the communal option is represented by centralized heating, and the individual one mainly by heat pump or biomass-based heaters. The best option in terms of cost depends on the type of building and the development of the energy system. Thus, this paper investigates cost-effective heating for new urban housing from a systems perspective under various scenarios.

**Keywords:** heat supply, centralized heating, individual heating, efficiency.

В холодных регионах мира, таких как Северная и Центральная Европа, Северная Америка, Северная и Восточная Евразия, отопление помещений является одним из самых важных способов использования энергии. В целом, существуют два основных варианта отопления помещений: коммунальные и индивидуальные системы отопления [1].

Коммунальное отопление является системой, обеспечивающей либо централизованное теплоснабжение, либо ближнее отопление. Централизованное теплоснабжение организовано таким образом, что тепло поставляется от одного источника во множество зданий через тепловые сети. Ближнее отопление подразумевает установку теплогенераторов, расположенных ближе к отопляемым зданиям.

Индивидуальное отопление, с другой стороны, представляет случай, когда каждое здание имеет свою собственную систему теплоснабжения. Это может быть реализовано через отдельные системы отопления в каждом здании, такие как котлы, радиаторы или системы на основе тепловых насосов [2].

Используемая технология отопления, независимо от того, является ли она коммунальной или индивидуальной, зависит, в том числе, от существующей инфраструктуры. Каждый из этих вариантов имеет свои преимущества и недостатки, выбор определенного типа системы отопления зависит от потребностей и предпочтений каждого случая [3].

1. Стоимость установки и эксплуатации. Централизованная система отопления требует значительных инвестиций в строительство и эксплуатацию тепловых станций, тепловых сетей и другой инфраструктуры. Расходы на подключение к централизованной системе могут быть значительными, особенно при строительстве новых домов, однако, эксплуатация индивидуальной системы отопления может быть дороже из-за расходов на топливо или электроэнергию [4].

2. Энергоэффективность. Централизованная система отопления, особенно те, которые основаны на современных технологиях, обычно более энергоэффективны по сравнению с индивидуальными системами. В случае индивидуальных систем отопления, энергоэффективность может варьироваться в зависимости от выбранного оборудования и его технических характеристик.

3. Риск отключений и перебоев в теплоснабжении. В некоторых случаях, централизованная система отопления может сталкиваться с проблемами, такими как отключения, аварии или перебои в теплоснабжении. Это может привести к неприятностям и неудобствам для жителей. В то время как, индивидуальная система отопления дает большую независимость и контроль в таких ситуациях, поскольку каждое помещение имеет свою систему отопления.

При выборе способа отопления необходимо учесть большое количество факторов, включая экономическую выгоду. Поэтому, выбор между централизованными и индивидуальными системами отопления должен основываться на конкретных потребностях и возможностях каждого домовладельца или потребителя тепла [5].

## Источники

1. Горбунов К.Г., Кондратьев А.Е. Законодательные проблемы теплоэнергетики // Научному прогрессу – творчество молодых. 2019. № 2. С. 111–113.

2. Гатауллина И.М., Кондратьев А.Е. Применение теплового насоса для утилизации снежной массы в городских условиях // Тинчуринские чтения – 2020 «Энергетика и цифровая трансформация»: матер. Междунар. молод. науч. конф.: в 3 т. / под общ. ред. Э.Ю. Абдуллазянова. Казань, 2020. Т. 2. С. 82–85.

3. Сергеева Д.В., Кондратьев А.Е. Инфракрасная система отопления // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: матер. II Междунар. науч. конф. Сумгаит, 2020. С. 284–287.

4. Макуева Д.А., Шайхутдинов Я.О., Кондратьев А.Е. Системы теплоснабжения жилого дома от солнечных коллекторов // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: II Междунар. науч. конф. Сумгаит, 2020. С. 270–272.

5. Даутов Р.Р., Кондратьев А.Е. Экологические аспекты применения тепловых насосов в индивидуальном отоплении // Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование: сб. науч. ст. Междунар. науч.-техн. конф.: в 3 т. Казань, 2023. С. 192–195.

УДК 621.311:620.1

# АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОТОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СТЕКЛОПЛАСТИКОВОГО ТРУБОПРОВОДА

Галимова Алсу Рузилевна[1], Гапоненко Сергей Олегович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]galimovaar00@mail.ru, [2]sogaponenko@yandex.ru

В работе представлено численное моделирование различных видов дефектов стеклопластикового трубопровода**.** Рассмотрены особенности разработанного диагностического комплекса, позволяющие обнаружить и зарегистрировать дефекты в исследуемом объекте. Результатом работы является определение наиболее информативных частот вдоль длины и по всему диаметру стеклопластикового трубопровода с различными видами дефектов.

**Ключевые слова:** неразрушающий контроль, моделирование, дефект, стеклопластик, трубопровод, частота.

## ANALYSIS OF THE RESULTS OF NUMERICAL SIMULATION OF FIBERGLASS PIPELINE

Alsu Ruzilevna Galimova[1], Sergey Olegovich Gaponenko[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]galimovaar00@mail.ru, [2]sogaponenko@yandex.ru

The paper presents numerical modeling of various types of defects in a fiberglass pipeline. The features of the developed diagnostic complex are considered, which make it possible to detect and register defects in the object under study. The result of the work is the determination of the most informative frequencies along the length and along the entire diameter of a fiberglass pipeline with various types of defects.

**Keywords:** non-destructive testing, modeling, defect, fiberglass, pipeline, frequency.

Актуальность данного исследования заключается в численном моделировании колебательного процесса для повышения качества оценки технического состояния и диагностики трубопроводного транспорта. Полученные результаты информативных частот позволяют достоверно оценивать техническое состояние трубопроводов. Объектом исследования был выбран трубопровод, выполненный из материала – стеклопластик [1].

Стеклопластик является композитным конструкционным материалов, который сочетает в себе такие характеристики как высокая прочность и небольшая плотность. Основные преимущества стеклопластиковых трубопроводов: абсолютное отсутствие коррозии, в том числе и электрохимической; химическая стойкость; высокая износостойкость; высокая механическая прочность при малом весе трубы и др. [2].

Целью данной работы является регистрация наиболее информативных частот стеклопластикового трубопровода с помощью проведения численного моделирования в программном комплексе.

В ходе работы была смоделирована трехмерная модель исследуемых объектов в программе Autodesk Inventor. Модель стеклопластикового трубопровода представлена на рис. 1 [3].

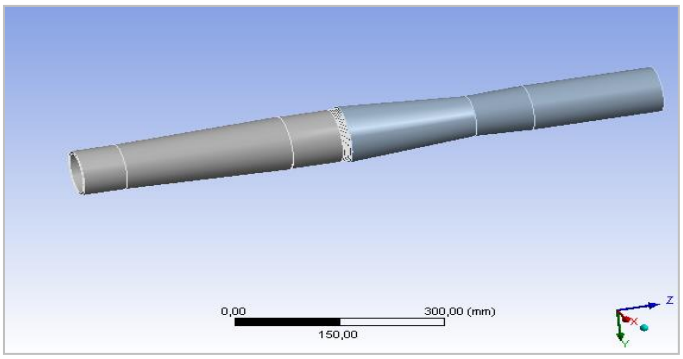



Рис. 1. Трехмерная модель стеклопластикового трубопровода

Дальнейшая работа заключалась в расчете резонансных частот трубопроводов с применением модального анализа в программном комплексе ANSYS.

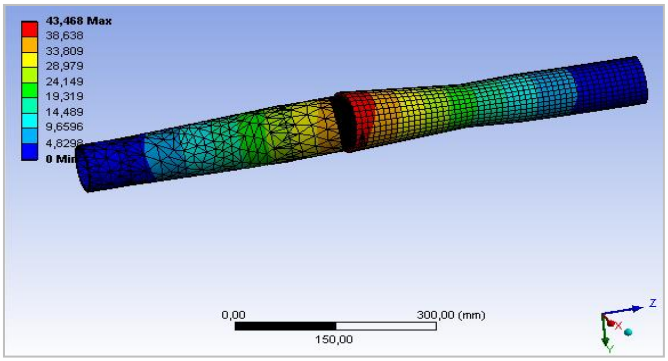



Рис. 2. Форма колебания 1 моды при частоте 213,75 Гц

Регистрировались основные частоты при различных 48 режимах вибрации. В результате проведенного модального анализа определены 150 мод колебаний. Результат полученной формы колебания 1 моды при частоте 213,75 Гц представлен на рис 2 [4].

Численное моделирование позволило зарегистрировать наиболее информативные частоты: 563,8; 1384; 1541,4; 2152,3; 7522,6 Гц для трубопровода с измененной геометрией; 1122,6; 2676,6; 3398,5; 4544; 8703,5 Гц для трубопровода с дефектом в виде трещины; 1135,6; 3153,6; 3382; 3554; 8644,1 Гц для трубопровода с дефектом в виде скола; 1046,5; 3452,2; 3986,8; 4257,2; 8507,2 Гц для трубопровода с дефектом в виде кратера [5].

## Источники

1. Галимова А.Р. Виброакустический метод контроля оценки технического состояния трубопроводных транспортов // Энергетика и энергосбережение теория и практика: сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф. Кемерово, 2023. С. 118.

2. Галимова А.Р., Кондратьев А.Е., Гапоненко С.О. Анализ влияния внешних факторов на значения параметров собственных колебаний трубопровода // Тинчуринские чтения – 2023 «Энергетика и цифровая трансформация»: матер. Междунар. молод. науч. конф.: в 3 т. / под общ. ред. Э.Ю. Абдуллазянова. Казань, 2023. Т. 2. С. 349–352.

3. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е., Мустафина Г.Р. Построение математической модели распространения волн Лэмба в стальном трубопроводе с защитным наружным покрытием. DOI 10.30724/1998-9903-2022-24-4-3-15 // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 4. С. 3–15.

4. Гапоненко С.О. Математическая модель вынужденных колебательных процессов для определения динамического отклика дефектных трубопроводов // Энергия – 2022: матер. 17-й Всерос. (9-й Междунар.) науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: в 6 т. Иваново, 2022. С. 65.

5. Shakurova R.Z., Gaponenko S.O., Kondratiev A.E. On the issue of inertial excitation of diagnostic low-frequency vibrations in pipelines of housing and communal services. DOI: 10.1051/e3sconf/202021601079 // E3S Web of Conferences. Kazan, 2020. Vol. 216.

УДК 620.179

# КОНТРОЛЬ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПОВЕРХНОСТЯХ ТЕПЛООБМЕНА АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫМ КОМПЛЕКСОМ

Гарнышова Елена Владимировна[1], Измайлова Евгения Вячеславовна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]garnyshova@mail.ru, [2]evgeniya-izmailova@yandex.ru

Статья посвящена вопросу повышения надежности систем теплоснабжения контролем отложений на поверхностях теплообмена с помощью аппаратно-программного комплекса.

**Ключевые слова:** отложения, диагностика, неразрушающий контроль, акустический метод, сигнал, LabVIEW

# CONTROL OF DEPOSITS ON HEAT EXCHANGE SURFACES BY HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX

Garnyshova Elena Vladimirovna[1], Izmaylova EvgeniyaVyacheslavovna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]garnyshova@mail.ru, [2]evgeniya-izmailova@yandex.ru

The article is devoted to the issue of increasing the reliability of heat supply systems by controlling deposits on heat exchange surfaces using a hardware and software complex.

**Keywords:** deposits, diagnostics, non-destructive testing, acoustic method, signal, LabVIEW.

Повышение надежности системы теплоснабжения является одной из важнейших задач службы эксплуатации. Развитие крупных систем теплоснабжения, старение тепловых сетей, увеличение повреждаемости теплопроводов приводит к снижению надежности теплоснабжения, значительным эксплуатационным затратам и отрицательным социальным последствиям. Повреждения на трубопроводах большого диаметра приводят к длительным перерывам в подаче теплоты целым жилым районам и к выходу из строя систем отопления в десятках зданий [1].

Для решения таких задач используется диагностика систем теплоснабжения неразрушающими методами контроля [2].

Авторами были проведены экспериментальные исследования [3, 4] на аппаратно-программном комплексе [5, 6] по контролю отложений на поверхностях теплообмена одним из методов неразрушающего контроля, а именно методом свободных колебаний. Регистрация и запись полученных сигналов производилась при помощи аналого-цифрового преобразователя

и компьютера со специализированной программой, написанной в среде графического программирования LabVIEW [6]. Для анализа использовалась программа [7], предназначенная для диагностики трубопроводов, различных поверхностей теплообмена и может применяться для акустической диагностики сосудов, производственных объектов.

С помощью программы [7] получают отфильтрованный сигнал, спектры входного и отфильтрованного сигналов, входные и выходные спектры мощности. Программа позволяет:

– считывать данные из текстового (.lvm) или двоичного файла измерений (.tdm или .tdms);

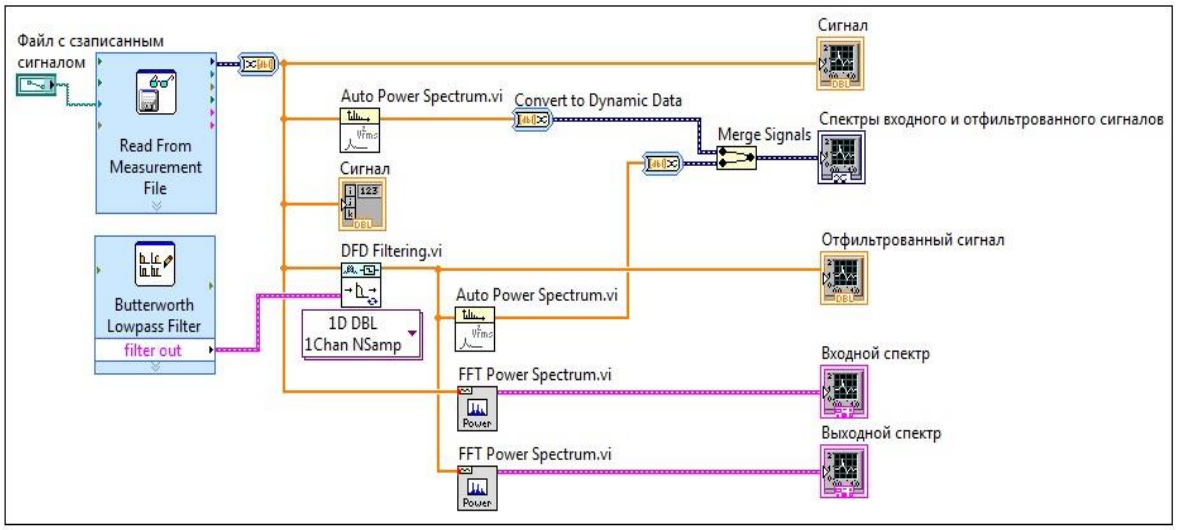
– создавать фильтры нижних и верхних частот, полосовых или заграждающих фильтров в интерактивной режиме;

– вычислять односторонний, масштабируемый, автоматический спектр сигналов времени; фильтровать входной сигнал непрерывно;

– вычислять усредненный авто-спектр мощности сигнала;

– преобразовать числовые и логические данные, осцилограммы и массивы данных к динамическому типу данных для пользования Экспресс ВП (виртуальных приборов).

На рис. представлена часть блок-диаграммы программы.




Часть блок-диаграммы программы

Полученные результаты, относящиеся к одной серии экспериментов, сравниваются с эталонным спектром [4] и делается вывод о состоянии поверхности теплообмена.

Применяя методы неразрушающего контроля, можно контролировать наличие отложений, тем самым уменьшить критический эффект от их образования.

## Источники

1. Указания по повышению надежности систем коммунального теплоснабжения [Электронный ресурс]: утв. Зам. генерального директора ПО «Роскоммунэнерго» Э.Б. Хих 26 июня 1989 г. URL: https:// snip.ruscable.ru/Data1/41/41840/index.htm (дата обращения: 21.10.2023).

2. Повышение энергоэффективности контролем трубопроводных систем: моногр. / Ю.В. Ваньков [и др.]. Казань: Изд-во Казанского университета, 2022. 142 с.

3. Гарнышова Е.В., Измайлова Е.В., Ваньков Ю.В. Оценка толщины отложений на внутренней поверхности теплообмена по затуханию собственных колебаний // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 4. С. 106–114.

4. Контроль отложений поверхностей теплообмена по анализу их частот колебаний / Е.В. Гарнышова [и др.] // Тр. 78-й науч.-техн. конф. Санкт-Петербургского НТО РЭС им. А.С. Попова, посвящ. Дню радио. СПб., 2023. № 1 (78). С. 83–87.

5. Устройство для контроля отложений на поверхностях теплообмена: п. м. 198469 Рос. Федерация № 2019137172; заявл. 19.11.2019; опубл. 13.07.2020, Бюл. № 20.

6. Программа для ЭВМ «2RSoundSA»: ПрЭВМ 2019615470 Рос. Федерация; заявл. 16.04.2019; опубл. 26.04.2019.

7. Программа для ЭВМ «Fil.S.S»: ПрЭВМ 2017662629 Рос. Федерация; заявл. 18.09.2017; опубл. 13.11.2017.

УДК 620.192

# ЭНТРОПИЙНАЯ ОБРАБОТКА ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Гатауллина Илюза Мансуровна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
ttolin@inbox.ru

К современным средствам транспортирования энергоносителей предъявляются самые высокие условия по надежности работы. Это достигается не только применением прогрессивных технологий, но и постоянным мониторингом технического состояния. Одним из методов является вибрационный контроль, в который входит этап обработки полезного сигнала различными способами, одним их которых является энтропийный метод.

**Ключевые слова**: вибрация, диагностика, обработка сигнала, энтропия, интервал энтропии.

# ENTROPY PROCESSING OF DIAGNOSTIC PARAMETERS

Gataullina Ilyuza Mansurovna
KSPEU, Kazan
ttolin@inbox.ru

Modern means of energy transportation are subject to the highest requirements in terms of operational reliability. This is achieved not only by the use of advanced technologies, but also by constant monitoring of the technical condition. One method is vibration control, which involves processing the desired signal in various ways, one of which is the entropy method.

**Key words**: vibration, diagnostics, signal processing, entropy, entropy interval.

В настоящее время для анализа сложных систем набирают популярность методы технической диагностики на основе вибрационного контроля. При этом проводится измерение вибрационного диагностического сигнала исследуемого образца с последующей его обработкой [1].

Диагностический сигнал – характеристика объекта, используемая для определения диагностических признаков, способных описать состояние объекта исследования. Это связано с тем, что установившийся вибродиагностический сигнал исследуемого объекта обладает обширной информацией, которая полностью описывает его техническое состояние. Вибросигнал подается с пьезоэлектрического датчика, установленного на объекте диагностики [2].

Каждый исследуемый сигнал должен быть подвергнут обработке, а именно дискретизации по времени либо же квантованию по уровню, другими словами, показан в цифровом виде.

Способы преобразования сигналов могут различаться. Известны такие методы, как аналоговая, цифровая и комбинированная обработка [3].

Для преобразования вибродиагностических сигналов используются разнообразные методы, к примеру, вейвлет-преобразования или преобразования Фурье, которые являются самыми распространенными методами спектрального анализа исследуемых диагностических сигналов. После обработки важно выбрать способы анализа и сравнения полученных сигналов с целью вероятностной оценки изменения их параметров и получения наиболее полной картины технического состоянию объекта диагностики [4]. Для этого используются разнообразные методы статистического анализа, но наиболее целесообразно применять энтропийные показатели, такие как энтропия Шеннона, Колмогорова, Колмогорова-Синая и другие.

Формула для расчета энтропии Шеннона имеет вид:

$$H_{sh} = -\sum_{i=1}^{n} p_i \log_b p_i ,$$

где $n$ – количество возможных событий; $b$ – единицы измерения информации (2 – биты, 3 – триты и др.); $p_i$ – вероятности события.

Энтропия Шеннона указывает степень изменчивости протекающего процесса, другими словами, может явно показать количественную оценку отклонения распределения значений временного ряда по уровням.

Энтропия Колмогорова или эпсилон-энтропия (ε-энтропия) – понятие, определенное А.Н. Колмогоровым для классификации таких функций. Он позволяет определить сложность исследуемой функции, т. е. определить величину минимального количество используемых знаков, которая является необходимым для определения функции с необходимой точностью ε. Однако существует Колмогоровская сложность, которая также является мерой количества информации, концептуально сильно отличается. В теории Шеннона понятие информации происходит от понятия вероятности. В то же время в теории Колмогорова используется обратный путь – понятие вероятности выводится из понятия информации, которое вводится на основе универсальной машины Тьюринга. Это приводит к очень глубоким методологическим различиям, например, для машинного обучения. Другими словами, применение энтропии Колмогорова невозможно, так как на практике временные ряды в основном имеют конечную длину.

В теории информации, энтропия Реньи – представляет собой более обобщённую версию энтропии Шеннона и является частью семейства функционалов, используемых для количественного разнообразия неопределенности или случайности исследуемой системы.

Результаты исследований полезных вибрационных сигналов дефектных и бездефектных изделий (в работе применялись дефектные и бездефектные трубопроводы, на которых производилась запись вибрационных колебаний внешних стенок в одинаковых точках) однозначно показала приемлемость энтропии Шеннона для определения изделия с дефектом. Значение энтропии Шеннона для исправного (бездефектного) трубопровода колебалась в интервале от минус 0,4 до плюс 1, а для неисправного (дефектного) интервал энтропии Шеннона составлял от –0,8 до +1. В качестве дефекта выступало сквозное отверстие диаметром 2 мм [5].

## Источники


1. Gaponenko S.O., Nazarychev S.A., Kondratiev A.E. Determination of informative frequency ranges for buried pipeline location control // Helix. 2018. Vol. 8, Iss. 1. Pp. 2481–2487.

2. Установка для калибровки пьезоэлектрических датчиков / С.О. Гапоненко [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2016. – № 7-8. – С. 79–86.

3. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е., Мустафина Г.Р. Построение математической модели распространения волн Лэмба в стальном трубопроводе с защитным наружным покрытием // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 4. С. 3–15.

4. Gaponenko S.O., Kondratiev A.E. Device for Calibration of Piezoelectric Sensors. DOI 10.1016/j.proeng.2017.10.451 // International Conference on Industrial Engineering – 2017. Saint-Petersburg, 2017. Pp. 146–150.

5. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Перспективные методы и методики поиска скрытых каналов, полостей и трубопроводов виброакустическим методом // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2015. № 2 (47). С. 9–13.

УДК 620.92

# УТИЛИЗАЦИЯ СВАЛОЧНОГО ГАЗА

Гатауллина Илюза Мансуровна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
ttolin@inbox.ru

Стремительное развитие энергоемких технологий приводит к повышенному расходу энергоресурсов, связанных с утилизацией углеводородных видов топлива. Так же проблема накопления и хранения промышленного и бытового мусора в крупных городах решена не полностью, мусорные полигоны занимают огромные площади и ухудшают экологическую обстановку. Добыча и утилизация свалочного газа позволяет как экономить ценное углеводородное топливо, так и улучшать экологическую обстановку за счет переработки органических отходов внедрением биоэнергетических технологий на мусорном полигоне.

**Ключевые слова**: свалочный газ, биометан, мусорный полигон, экология, утилизация.

# LANDFILL GAS UTILIZATION

Gataullina Ilyuza Mansurovna
KSPEU, Kazan
ttolin@inbox.ru

The rapid development of energy-intensive technologies leads to increased consumption of energy resources associated with the utilization of hydrocarbon fuels. Also, the problem of accumulation and storage of industrial and household garbage in large cities has not been completely solved, landfills occupy huge areas and worsen the environmental situation. The production and utilization of landfill gas makes it possible both to save valuable hydrocarbon fuel and to improve the environmental situation through the processing of organic waste by introducing bioenergy technologies at the landfill.

**Key words**: landfill gas, biomethane, landfill, ecology, utilization.

Наиболее важной проблемой населенных пунктов является стремительный рост количества бытовых и технологических отходов. Разрастающиеся свалки занимают огромные площади, нарушают экологическую обстановку, выделяют множество вредных веществ и портят внешний вид поселений. Одним из вредных веществ, выделяющихся при разложении органических отходов, является свалочный газ, в состав которого входит биометан. Сбор и утилизация биометана с получением тепловой и электрической энергии значительно сократит неконтролируемый сброс свалочного газа в атмосферу и частично решит проблему утилизации мусора [1].

Таким образом решается сразу несколько проблем: утилизация мусора, улучшение экологической обстановки и получение тепловой энергии при сжигании биометана, что определяет актуальность исследований. Кроме этого, при неконтролируемом выделении свалочного газа на мусорном полигоне может привести к созданию взрывоопасной смеси при достижении концентрации газа до 12–15 % над полигоном. Возгорание такой смеси может привести к серьезным непоправимым проблемам [2].

Для решения этой проблемы необходимо выполнить следующие мероприятия:

– организовать сбор свалочного газа на мусорном полигоне;

– произвести очистку свалочного газа;

– утилизировать свалочный газ сжиганием с получением тепловой энергии [3].

Биометан, входящий в состав свалочного газа, образуется в процессе анаэробной ферментации органики, разлагающейся на мусорном полигоне естественным образом. Теплота сгорания биометана значительна и составляет порядка 12 МДж, что эквивалентно сжиганию 650 мл бензина или почти 2 кг березовых дров. В итоге можно получит до 2 кВт электроэнергии.

Предлагается применение получаемого биометана в качестве топлива для снабжения автономной котельной, отапливающей трехэтажное административное здание. Суммарный объем помещений составляет 5668 м$^3$, площадь 1700 м$^2$. Здание рассчитано на размещение офисных помещений, численность персонала – 310 человек, параметры микроклимата – офисные. В результате необходимо получение в автономной котельной тепловой энергии в размере 9200 МВт в год. Автономная котельная оснащается двумя водогрейными котлами по 200 кВт каждый, топливом служит биометан из свалочного газа мусорного полигона [4].

По расчетам из тысячи килограмм органических отходов можно получить до 200 м$^3$ биометана. Необходимо учитывать, что максимальное количество свалочного газа образуется первые 10 лет разложения, дальнейшее использование отходов приводит к снижению производимого биометана, а после 15 лет использования становится экономически нецелесообразным. Следовательно, срок службы добывающих скважин составляет 15 лет, после этого необходимо обновлять скважины сбора свалочного газа с учетом снижения их эффективности. Полученные расчеты показали, что окупаемость такого способа получения тепловой энергии составляет 5 лет, что делает целесообразным такой способ утилизации с получением тепловой или электрической энергии.

Объем свалочного газа зависит от двух факторов: от площади полигона и от толщины слоя отходов. Эффективная глубина слоя составляет 10 м, для получения максимального экономического эффекта общая масса мусора должна быть не меньше 1 миллиона тонн.

Закладка скважин для выделения свалочного газа должна производиться при наполнении полигона. В противном случае необходимо организовывать процесс бурения, что накладывает ограничительные требования по массе бурильной техники. Это связано с низкой плотностью мусорной массы и ее неоднородностью.

В качестве обсадных труб используются разные материалы: металлические, пластиковые или металлокерамические. Применение последних нецелесообразно из-за их высокой стоимости, металлические подвержены быстрой коррозии, наибольший эффект достигается применением пластиковых труб [5].

## Источники


1. Горбунов К.Г., Кондратьев А.Е. Законодательные проблемы теплоэнергетики // Научному прогрессу – творчество молодых. 2019. № 2. С. 111–113.

2. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрик // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: матер. 3-й Междунар. науч.-практ. конф. преподавателей, молодых ученых и студентов. Екатеринбург, 2020. С. 88–90.

3. Кондратьев А.Е. Особенности построения геотермальной системы теплоснабжения жилого поселка // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VI Нац. науч.-практ. конф.: в 2 т. Казань, 2020. Т. 1. С. 417–419.

4. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Особенности конструкций реакторов для получения биотоплива // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: матер. II Междунар. науч. конф. Сумгаит, 2020. С. 277–280.

5. Improving the methodology for assessing the technical condition of equipment during the transportation of energy carrier in energy systems and complexes. DOI 10.1051/e3sconf/201912401021 / S.O. Gaponenko [et al.] // E3S Web of Conferences: 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems. Kazan, 2019.

УДК 697.341, 004.896

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ТЕПЛОСЕТЕЙ

Глухова Полина Евгеньевна[1], Саитов Станислав Радикович[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]she_is_pauline@mail.ru; [2]caapel@mail.ru

Активное развитие интернет-технологий, в частности облачных вычислений, привело к возможности интеллектуальных сетей центрального отопления. В данной работе рассматриваются принципы оптимизации таких сетей, оценивается преимущества и перспективы развития данной технологической области.

**Ключевые слова:** интеллектуальная энергетическая система, теплоснабжение, диспетчеризация, мониторинг, прогнозирование, диагностика и предупреждение аварий, управление эффективностью, автоматизация процессов.

# INTELLIGENT SYSTEMS FOR DISPATCHING HEATING NETWORKS

Glukhova Polina Evgenievna[1], Saitov Stanislav Radikovich[2]
KSPEU, Kazan
[1]she_is_pauline@mail.ru; [2]caapel@mail.ru

The active development of Internet technologies, in particular cloud computing, has led to the possibility of creating intelligent central heating networks. In this paper, the principles of optimization of such networks are considered, the advantages and prospects for the development of this technological field are evaluated.

**Keywords:** intelligent energy system, heat supply, dispatching, monitoring, forecasting, diagnostics and prevention of accidents, efficiency management, automation of processes.

В современном мире энергетические системы играют ключевую роль в обеспечении жизнедеятельности общества. Развитие облачных технологий привело к возможности создания интеллектуальных систем управления теплоснабжением, обеспечивающих оптимальные режимы работы теплосети и теплогенерирующего оборудования.

Интеллектуальные системы диспетчеризации теплосетей представляют собой комплексные технологические решения, разработанные для оптимизации управления теплоснабжением. Они включают в себя использование современных вычислительных методов, алгоритмов и средств связи для эффективного мониторинга, управления и контроля работы теплосетей [1]. Рассмотрим несколько ключевых аспектов и преимуществ интеллектуальных систем диспетчеризации теплосетей:

1. Мониторинг и анализ данных: интеллектуальные системы позволяют непрерывно собирать, анализировать и визуализировать данные о состоянии теплосетей. Это включает в себя информацию о температуре, давлении, расходах теплоносителя и другие параметры.

2. Прогнозирование и оптимизация: на основе собранных данных интеллектуальные системы могут предсказывать изменения в нагрузке и давлении, что позволяет оперативно реагировать на изменяющиеся условия и предотвращать аварии.

3. Управление нагрузкой: Интеллектуальные системы позволяют оптимизировать нагрузку на теплосети, распределяя потоки теплоносителя в зависимости от текущих потребностей потребителей.

4. Диагностика и предупреждение аварий: интеллектуальные системы могут выявлять предвестия потенциальных аварийных ситуаций и предпринимать меры для их предотвращения [2].

5. Управление энергоэффективностью: путём оптимизации работы системы можно снизить потери тепла в теплоносителях, что способствует повышению энергоэффективности.

6. Автоматизация процессов: интеллектуальные системы позволяют автоматизировать множество процессов (таких как: управление производственным процессом, управление эксплуатации, управление техническим обслуживанием, мониторингом состояния эксплуатации), что снижает нагрузку на операторов и повышает эффективность управления [3].

По мере развития интеллектуальных систем диспетчеризации теплосетей будет раскрываться их потребительская ценность: стремление к устойчивому развитию и оптимизация управления энергоресурсами.

Возможные области их применения:

1. Интеграция с умными городами и зданиями: интеллектуальные системы теплоснабжения могут стать важным компонентом умных городов и зданий, обеспечивая эффективное и устойчивое теплоснабжение [4].

2. Использование искусственного интеллекта и анализа данных: развитие методов искусственного интеллекта, машинного обучения и анализа данных позволит создать более точные и предсказуемые модели управления теплосетями.

3. Интеграция с возобновляемыми источниками энергии: интеллектуальные системы диспетчеризации могут быть интегрированы с возобновляемыми источниками энергии, такими как солнечные и ветряные установки, для создания более устойчивых энергосистем.

4. Цифровизация и интернет вещей (*Internet of Things* – IoT): развитие технологий IoT позволит создать более умные и автоматизированные системы, обеспечивая более высокую степень контроля и управления [5].

Как итог, перспективы интеллектуальных систем диспетчеризации теплосетей связаны с развитием современных технологий и стремлением к более эффективному и устойчивому управлению теплоснабжением в условиях меняющихся энергетических парадигм.

## Источники


1. Cao M., Architecture and application of intelligent heating network system based on cloud computing platform // Thermal Science. 2021. Vol. 25. Pp. 2889–2896.

2. Саитов С.Р., Чичирова Н.Д., Чичиров А.А. Баромембранные технологии в схеме водоподготовки Уфимской ТЭЦ-1 // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 2 (34). С. 58–67.

3. Li Y., Rezgui Y., Kubicki S., An intelligent semantic system for real-time demand response management of a thermal grid [Электронный ресурс] // Sustainable Cities and Society. 2020. Vol. 52. URL: https://orca.cardiff.ac.uk/id/eprint/125891/ (дата обращения: 28.11.2023).

4. Саитов С.Р., Карачурин Б.Р., Сидоров М.В. Прогнозирование пиковых часов энергосбытовых компаний, входящих в реестр гарантирующих поставщиков АО «АТС» // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4 (56). С. 59–68.

5. Robust Optimal Scheduling of Integrated Energy Systems Considering the Uncertainty of Power Supply and Load in the Power Market [Электронный ресурс] / Zhao L. [et al.] // Energies. 2023. Vol. 16. URL: https://doi.org/10.3390/en16145292 (дата обращения: 28.11.2023).

УДК 662.6

# ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МАЗУТА И ПОДГОТОВКА ЕГО К СЖИГАНИЮ

Глухова Полина Евгеньевна[1], Низамова Альфия Шарифовна[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]she_is_pauline@mail.ru; [2]nizamova_tes@mail.ru

Представлен обзор современных технологий обработки мазута и подготовки его к эффективному сжиганию. Изучение данной проблемы имеет стратегическое значение для энергетической индустрии, с учетом постоянно растущих потребностей в энергии и неотложной необходимости соблюдения требований качества мазута.

**Ключевые слова:** мазут, нефть, влага, сера, смола, вакуумная дистилляция, гидроочистка, коксование, сжигание мазута.

# TECHNOLOGIES FOR PROCESSING FUEL OIL AND PREPARING IT FOR COMBUSTION

Glukhova Polina Evgenievna[1], Nizamova Alfiya Sharifovna[2]
KSPEU, Kazan
[1]she_is_pauline@mail.ru;[2] nizamova_tes@mail.ru

An overview of modern technologies for processing fuel oil and preparing it for efficient combustion is presented. The study of this problem is of strategic importance for the energy industry, taking into account the ever-growing energy needs and the urgent need to comply with the quality requirements of fuel oil.

**Keywords:** fuel oil, oil, moisture, sulfur, resin, vacuum distillation, hydrotreating, coking, burning of fuel oil.

Мазут – это тяжёлое, вязкое топливо, которое получается при перегонке сырой нефти. Является остатком после отделения лёгких фракций из нефти. Главная цель мазутного хозяйства заключается в обеспечении непрерывной подачи подогретого и отфильтрованного мазута к котлам в нужном количестве.

Однако в процессе добычи, транспортировки, хранения и глубокой переработки нефти в состав топлива попадают различные твёрдые минеральные примеси, вместе с которыми мазуты переходят в соли щелочных металлов, продукты коррозии трубопроводов, резервуаров и оборудования [1].

Подготовка мазута перед сжиганием заключается в снижении выбросов вредных веществ в атмосферу, повышение эффективности сгорания, предотвращение повреждений оборудования. Существует несколько технологий обработки мазута, направленных на обеспечение стабильной работы электростанции:

1. Вакуумная дистилляция мазута.

Процесс включает в себя: нагрев мазута до температуры около 400–450 °С в условиях вакуума, что вызывает испарение более легких компонентов, таких как газойль и нафта. Пары, образующиеся при нагреве мазута, охлаждаются и конденсируются в тяжелые продукты, такие как керосин, дизельное топливо. Далее продукты разделяются на фракции в соответствии с их температурами кипения. Более тяжелые компоненты конденсируются при низких температурах, а более легкие компоненты конденсируются при высоких температурах. Рециркуляция: более легкие компоненты, которые не были полностью отделены от мазута на предыдущих этапах, возвращаются обратно в процесс для дальнейшей дистилляции [2].

2. Гидроочистка.

Процесс представляет собой: нагрев мазута до температуры 450 °С затем мазут и водород подают в реактор, где происходит химическая реакция между сернистыми соединениями и водородом, в результате которой сера удаляется из мазута. Сера соединяется с водородом и образует сероводород, который затем удаляется из продуктов реакции. После завершения реакции происходит процесс конденсации – продукты охлаждаются и разделяются на различные фракции, в зависимости от их температуры кипения. Потом сероводород и другие вредные вещества удаляются из продуктов реакции, чтобы получить более чистый и безопасный продукт [3].

3. Коксование.

Данный метод очистки включает в себя: нагревание мазута до температуры 450–500 °С для начала процесса коксования. Затем мазут поступает в камеру сушки, где происходит выделение влаги и некоторых лёгких компонентов мазута. После сушки мазут попадает в камеру коксования, где нагревается до 900–1000 °С. Это приводит к разложению углеродистых соединений, образованию углерода. Затем полученный кокс выходит из камеры и подвергается охлаждению, чтобы предотвратить дополнительное разложение углеродных структур [4].

При выборе оптимальной технологии обработки мазута необходимо учитывать различные факторы, такие как: цели, требования и условия производства. Например, гидроочистка позволяет существенно снизить содержание серы и металлов в топливе, что улучшает термическую стабильность мазута. Но данный вид обработки требует значительных затрат на оборудование и энергию. Коксование позволяет превратить мазут в кокс, который может быть использован в металлургии. Процесс коксования требует высоких температур и, может быть энергоёмким.

Вакуумная дистилляция позволяет разделить компоненты мазута на более лёгкие и тяжёлые фракции, что улучшает качество топлива и снижает вредные выбросы при сжигании. Но вакуумная дистилляция требует оборудование с высоким вакуумом и температурами.

Для тепловых электростанций гидроочистка мазута может быть предпочтительной для снижения вредных выбросов, когда вакуумная дистилляция требует значительных капиталовложений для улучшения качества топлива. В то же время, в металлургии коксование может быть предпочтительным для получения высокоуглеродистых материалов.

## Источники

1. Зверева Э.Р., Фарахов Т.М. Энергоресурсосберегающие технологии и аппараты ТЭС при работе на мазутах: моногр. / под ред. А.Г. Лаптева. М.: Теплотехник, 2012. 180 с.

2. Вязов А.Е. Производство и область применения мазута // Наука через призму времени. 2019. № 6 (27). С. 36–37.

3. Докучаев И.С., Максимов Н.М. Исследование крекинга мазута в присутствии регенерированного отработанного катализатора гидроочистки // Переработка углеводородного сырья: проблемы и инновации: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Астрахань, 2022. С. 39–40.

4. Влияние вида сырья и температуры коксования на получение нефтяной коксующей добавки / А.В. Камешков [др.] // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2020. № 52 (78). С. 11–17.

УДК 658.264

# ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОДА ЖИЛЫХ ДОМОВ С ЦЕНТРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА ИНДИВИДУАЛЬНУЮ

Зарипов Разиль Радифович[1], Звонарева Юлия Николаевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]razilzar@mail.ru, [2]skulinaun@mail.ru

В данной статье проведена оценка эффективности перевода жилых домов с центральной системы теплоснабжения на индивидуальную.

**Ключевые слова**: теплоснабжение, регулирование, эффективность, жилой дом, тепловой пункт, экономические выгоды.

# ASSESSMENT OF EFFICIENCY OF TRANSFERRING RESIDENTIAL BUILDINGS FROM THE CENTRAL HEATING SYSTEM TO INDIVIDUAL HEATING SYSTEM

Zaripov Razil Radifovich[1], Zvonareva Yulia Nikolaevna[2]
KSPEU, Kazan
[1]razilzar@mail.ru, [2]skulinaun@mail.ru

This article evaluates the efficiency of transferring residential buildings from the central heating system to the individual heating system.

**Key words**: heat supply, regulation, efficiency, residential building, heat point, economic benefits.

Перевод жилых домов на индивидуальные тепловые пункты – это процесс замены централизованной системы отопления на децентрализованную систему в отдельных жилых домах. Вместо того чтобы иметь одну общую систему отопления для всего дома, каждая квартира или дом получает свой собственный индивидуальный тепловой пункт [1].

Одним из главных преимуществ индивидуального теплоснабжения является возможность более точного контроля и регулирования теплопотребления в каждом жилом помещении. Это позволяет жильцам экономить энергию и улучшать комфорт, так как они могут регулировать температуру в своих квартирах независимо от других жилых помещений. На рис. 1 и 2 представлены различия между центральной системой теплоснабжения и индивидуальной.

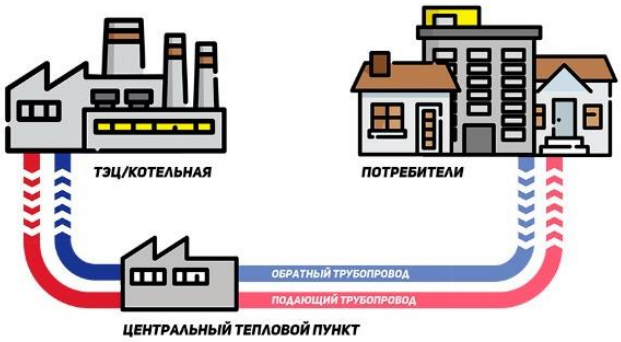



Рис. 1. Центральная система теплоснабжения

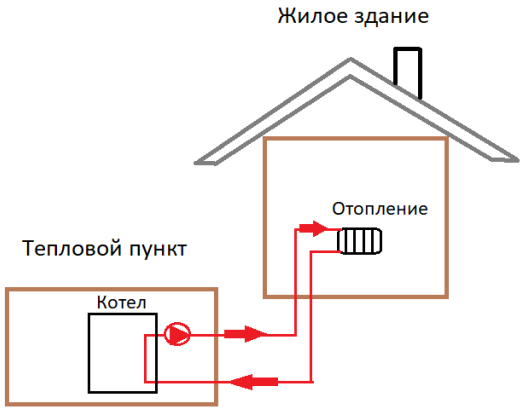



Рис. 2. Индивидуальная система теплоснабжения

При оценке эффективности перевода на индивидуальное теплоснабжение, необходимо учитывать такие факторы как стоимость. Стоимость перевода к ИТП может значительно варьироваться в зависимости от различных факторов, таких как размер дома или квартиры, состояние существующей системы отопления, доступные ресурсы и технологии, а также региональные особенности и стандарты [2].

В общем случае, стоимость перевода включает в себя:

1) установку индивидуального котла или теплогенератора. Это может быть самым значительным расходом при переходе к ИТП. Стоимость котла зависит от его типа, эффективности и мощности, а также выбранного топлива (газ, электричество и т. д.);

2) установку системы теплораспределения и регулирования. Это предполагает укладку труб, радиаторов или тепловых панелей, предоставление индивидуальных приборов учета и регулирования тепла для каждого жилого помещения;

3) разрыв существующего подключения к ЦТП и подключение к ИТП. Этот процесс включает работы по отключению от ЦТП и подключению к ИТП, включая установку счетчика тепла и перенос системы подключениях [3].

Также следует учитывать доступность ресурсов, энергетическую эффективность здания, потребности и предпочтения жильцов, а также оценку долгосрочных экономических выгод от установки индивидуальной системы. Поэтому эффективность перевода жилых домов с центральной системы теплоснабжения на индивидуальную зависит от множества факторов, и требует детального анализа конкретной ситуации.

## Источники

1. Шарапов В.И. Преимущества и недостатки открытых и закрытых систем теплоснабжения // Надежность и безопасность энергетики. 2018. № 4 (19). С. 65–68.

2. Теплоснабжение: учеб. / А.А. Ионин [др.]. М.: Транспортная компания, 2016. 336 с.

3. Звонарева Ю.Н., Зверев О.И. Совершенствование систем теплоснабжения путем внедрения АИТП // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т. 11, № 1 (41). С. 10–18.

УДК 620.92

# РАБОТА ТЕПЛОВОГО НАСОСА С ОТСТОЙНИКОМ СТОЧНЫХ ВОД

Исаев Никита Павлович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
nikita-isaev-09@mail.ru

Статья рассматривает уникальную возможность превращения отстойников в двойной ресурс: источник низкопотенциальной энергии для тепловых насосов и генератор метана для компрессоров.

**Ключевые слова:** сточные воды, отстойники как источник энергии, сокращение выбросов парниковых газов, отходы как источник энергии.

# OPERATION OF A HEAT PUMP WITH A WASTE WATER SETTLEMENT

Isaev Nikita Pavlovich
KSPEU, Kazan
nikita-isaev-09@mail.ru

The article examines the unique opportunity to transform sedimentation tanks into a dual resource: a source of low-grade energy for heat pumps and a methane generator for compressors.

**Key words:** wastewater, settling tanks as an energy source, reducing greenhouse gas emissions, waste as a source of energy.

Сегодня зависимость от энергопотребления стала одной из важнейших экологических и экономических проблем. С возникновением новейших технологий, ведутся поиски более устойчивых и экологически чистых способов производства энергии. Один из этих инновационных подходов заключается в использовании отстойников как источника энергии для тепловых насосов и производства метана в качестве топлива для компрессоров [1].

Отстойники – это сооружения, разработанные для сбора и обработки сточных вод. Они выполняют важную роль в очистке и утилизации сточных вод, что способствует снижению загрязнения окружающей среды. Однако помимо этой роли, отстойники могут быть использованы для генерации энергии. В процессе разложения органических веществ в отстойниках выделяется метан, который можно использовать в качестве источника топлива [2].

Использование отстойников для питания тепловых насосов имеет ряд преимуществ:

– экологичность. Эта технология позволяет использовать тепло сточных вод для отопления и горячего водоснабжения, что снижает выбросы парниковых газов и загрязнение окружающей среды;

– экономическая эффективность. Использование сточных вод как источника низкопотенциального тепла для теплового насоса позволяет снизить затраты на отопление, так как сточные воды имеют высокую температуру и могут обеспечить достаточное количество тепловой энергии для работы теплового насоса [3].

Метан, образующийся в отстойниках, является прекрасным источником энергии. Метан можно собирать, очищать и сжигать как топливо для генераторов. Генераторы, работающие на метане, могут генерировать электроэнергию, которая, в свою очередь, может использоваться для питания компрессоров тепловых насосов. Таким образом, отстойники могут служить двойной цели: как источник тепла для теплового насоса и как источник электроэнергии для его компрессора.

Использование метана из отстойников как топлива для генераторов, питающих компрессоры тепловых насосов, имеет множество преимуществ, таких как:

– экологическая эффективность. Эта технология способствует снижению выбросов парниковых газов, так как метан, который ранее выбрасывался в атмосферу, теперь используется как топливо. Это значимо для снижения негативного воздействия на климат;

– энергетическая эффективность. Метан обладает высоким тепловым содержанием и может обеспечить стабильный источник энергии для генераторов;

– сокращение затрат. Использование метана из отстойников позволяет сократить затраты на приобретение топлива для генераторов, что способствует экономической эффективности [4].

Подводя итоги, можно выделить, что использование отстойников в качестве источника низкопотенциальной энергии для тепловых насосов с использованием метана в качестве топлива для генераторов представляет собой инновационный подход к обеспечению устойчивого и экологически безопасного источника энергии. Эта технология не только способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду, но и обеспечивает надежный источник энергии для различных потребностей. Совмещение обработки сточных вод и производства энергии открывает новые перспективы для устойчивого будущего [5].

## Источники

1. Гатауллина И.М., Кондратьев А.Е. Применение теплового насоса для утилизации снежной массы в городских условиях // Тинчуринские чтения – 2020 «Энергетика и цифровая трансформация»: матер. Междунар. молод. науч. конф.: в 3 т. / под общ. ред. Э.Ю. Абдуллазянова. Казань, 2020. Т. 2. С. 82–85.

2. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Особенности конструкций реакторов для получения биотоплива // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: II Междунар. науч. конф. Сумгаит, 2020. С. 277–280.

3. Shakurova R.Z., Gaponenko S.O., Kondratiev A.E. On the issue of inertial excitation of diagnostic low-frequency vibrations in pipelines of housing and communal services. DOI: 10.1051/e3sconf/202021601079 // E3S Web of Conferences. Kazan, 2020. Vol. 216.

4. Сергеева Д.В., Кондратьев А.Е. Инфракрасная система отопления // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: матер. II Междунар. науч. конф. Сумгаит, 2020. С. 284–287.

5. Шарафисламова Э.А., Кондратьев А.Е. Совместная работа теплового насоса с ветрогенератором малой мощности // Научному прогрессу – творчество молодых. 2016. № 2. С. 256–258.

**УДК.620.92**

# АНАЛИЗ КЛАССИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ ФЕРМЕНТАЦИИ В БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВКАХ

Кабатьева Алина Юрьевна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
alinochkakabateva@mail.ru

Будущее энергетики зависит от освоения альтернативных источников энергии и перехода от традиционной энергетики к нетрадиционной. Одним из перспективных направлений является эксплуатация биогазового топлива.

**Ключевые слова:** Биогазовое топливо, ферментатор, ферментация, сухой остаток, жидкие отходы, отстойная установка

# ANALYSIS OF THE CLASSIFICATION OF FERMENTATION PROCESSES IN BIOGAS PLANTS

Kabatyeva Alina Yurievna
KSPEU, Kazan
alinochkakabateva@mail.ru

The future of energy depends on the development of alternative energy sources and the transition from traditional to non-traditional energy. One of the promising areas is the exploitation of biogas fuel.

**Keywords:** Biogas fuel, fermenter, fermentation, dry residue, liquid waste, settling plant.

Одним из основных компонентов биогазовой системы является ферментатор. В нем под влиянием бактерий органический материал превращается в биогаз. Системы для выработки биогаза классифицируются по типу процесса [1].

Влажная непрерывная ферментация. Самым подходящим сырьем для такого метода являются жидкие органические отходы промышленного и коммерческого сектора или навоз. Например, коммунальные органические отходы должны быть предварительно обработаны в связи с их неоднородностью, высоким содержанием негабаритных компонентов и примесей. Ферментатор (рис. 1) изолирован и внутри него поддерживается мезофильная или термофильная температура для обеспечения наилучших условий жизни бактерий [2].

При постоянном перемешивании сырье должно подаваться непрерывно, причем загрузок может быть несколько за день. Содержание сухого вещества в сырье варьируется от 5 до 15 %. Такой ферментатор наиболее широко используется для сельского хозяйства, ведь для него подходит широкий спектр возможных видов сырья.

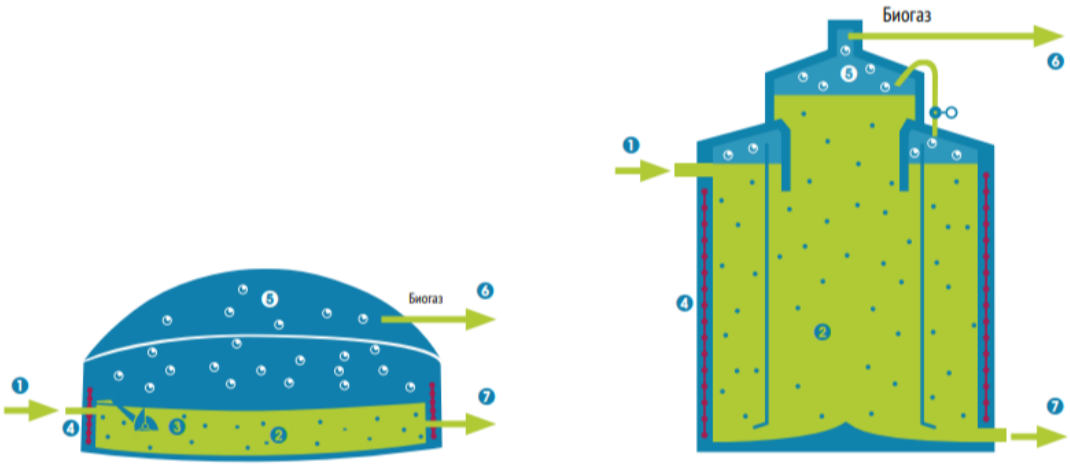



Рис. 1. Установки для влажной непрерывной ферментации: *1* – вход; *2* – биомасса; *3* – мешалка; *4* – система нагрева; *5* – хранение биогаза; *6* – использование биогаза; *7* – выход

В гидравлическом ферментаторе может использоваться любой вид топлива, находящийся в жидком состоянии. Поток перемешивается за счет движения, поэтому нет необходимости в мешалках, что обеспечивает снижение потребление электроэнергии затраты на обслуживание [3].

Такой подход больше подходит для достаточно сухого сырья с влажностью не более 25 %. В такой конструкции отсутствуют подвижные элементы, что снижает затраты на обслуживание, а также повышает производительность установки [4].

Исходя из всего можно выделить анаэробные ферментаторы, обеспечивающие оптимальные условия для анаэробного разложения органических материалов, что позволяет получить максимальное количество биогаза. Континуальные ферментаторы обеспечивают постоянную подачу сырья, помогают достичь стабильной работы [5]. Ферментаторы с механической агитацией обеспечивают равномерное перемешивание материала, что способствует эффективному равномерному разложению. Термофильные ферментаторы обрабатывают материал с содержанием белков и жиров, что увеличивает больший выход биогаза. Выбор оптимального типа ферментатора зависит от конкретных условий и требований, таких как тип и объем органических материалов, доступность энергии и ресурсов, а также экономическая эффективность [6].

## Источники

1. Электроэнергия из биогаза / И.Ю. Александров [и др.] // Вестник АГАУ. 2020. № 5 (187). С. 139–145.

2. Ахметгалиев И.Ф., Кондратьев А.Е. К вопросу очистки биогаза сепарационным методом // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VI Нац. науч.-практ. конф.: в 2 т. Казань, 2020. Т. 1. С. 400–403.

3. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Особенности конструкций реакторов для получения биотоплива // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: матер. II Междунар. науч. конф. Сумгаит, 2020. С. 277–280.

4. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрик // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: матер. 3-й Междунар. науч.-практ. конф. преподавателей, молодых ученых и студентов. Екатеринбург, 2020. С. 88–90.

5. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Особенности применения биогазовой установки на птицефабрике // Научному прогрессу – творчество молодых. 2020. № 2. С. 38–40.

6. Горбунов К.Г., Кондратьев А.Е. Законодательные проблемы теплоэнергетики // Научному прогрессу – творчество молодых. 2019. № 2. С. 111–113.

УДК.620.92

# УЛУЧШЕНИЕ ПРОЦЕССА ФЕРМЕНТАЦИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БИОГАЗОВОГО ТОПЛИВА

Кабатьева Алина Юрьевна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
alinochkakabateva@mail.ru

Биогазовое топливо является одним из наиболее перспективных ресурсов для энергетики. Развитие этого комплекса может привести к хорошим показателям выработки тепловой и электрической энергии. Рассматривая различные аспекты производства биогаза, можно обнаружить новые методы повышения эффективности.

**Ключевые слова:** биогаз, ферментатор, органическое топливо, энергоэффективность, сбалансированная загрузка, процесс ферментации

# IMPROVEMENT OF THE FERMENTATION PROCESS IN THE PRODUCTION OF BIOGAS FUEL

Kabatyeva Alina Yurievna
KSPEU, Kazan
alinochkakabateva@mail.ru

Biogas fuel is one of the most promising resources for energy. The development of this complex can lead to good indicators of heat and electricity generation. Considering various aspects of biogas production, it is possible to discover new methods of increasing efficiency.

**Keywords:** biogas, fermenter, organic fuel, energy efficiency, balanced loading, fermentation process

Биогаз относится к возобновляемым и экологически безвредным источником энергии, который может быть использован для производства тепловой и электрической энергии. Он получается путем переработки органических материалов, таких как отходы растений, животные отходы или органические отходы при отсутствии кислорода [1].

Выполнение ферментации биогаза может быть улучшено с помощью различных технологий. Оптимизация условий ферментации, предварительная подготовка органических материалов, использование смешанных микроорганизмов, добавление активаторов и ускорителей, контроль за загрузкой и сбросом органических материалов и оптимизация газоотвода – все эти методы могут помочь повысить эффективность процесса ферментации и производства биогазового топлива.

Внедрение этих методов может привести к увеличению производства биогазового топлива, улучшению качества получаемого газа и сокращению времени и затрат на процесс ферментации. Кроме того, использование биогазового топлива может снизить зависимость от нефтяных ресурсов и уменьшить выбросы парниковых газов, способствуя более устойчивому и экологически чистому развитию энергетики [2].

Для улучшения процесса ферментации при производстве биогазового топлива можно применить следующие методы:

1. Поддержание оптимальных условий для работы микроорганизмов, таких как температура, pH и концентрация питательных веществ, может значительно улучшить процесс ферментации. Использование систем контроля и регулирования этих параметров поможет достичь оптимальных условий для микроорганизмов.

2. Предварительная обработка органических материалов, такая как измельчение, сортировка и разделение на фракции, может улучшить доступность субстратов для микроорганизмов и повысить эффективность процесса ферментации [3].

3. Вместо использования одного вида микроорганизмов, можно применять смеси различных видов, которые взаимодействуют и синергически действуют друг с другом. Это может увеличить скорость и эффективность ферментации [4].

4. Добавление специальных активаторов и ускорителей, таких как микроэлементы, витамины или энзимы, может стимулировать активность микроорганизмов и ускорить процесс ферментации [5].

5. Регулярная загрузка и сброс органических материалов в ферментатор должна быть сбалансированной и оптимизированной, чтобы обеспечить равномерное разложение и предотвратить накопление отходов, которые могут замедлить процесс ферментации.

6. Эффективное удаление образующегося биогаза из ферментатора поможет предотвратить его накопление и улучшит процесс ферментации. Использование специальных систем отвода газа и его использование для производства энергии может повысить эффективность процесса [6].

Внедрение этих методов и технологий может значительно улучшить процесс ферментации при производстве биогазового топлива и повысить его эффективность

## Источники

1. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Особенности конструкций реакторов для получения биотоплива // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: матер. II Междунар. науч. конф. Сумгаит, 2020. С. 277–280.

2. Горбунов К.Г., Кондратьев А.Е. Законодательные проблемы тепло-энергетики // Научному прогрессу – творчество молодых. 2019. № 2. С. 111–113

3. Иванов Д.В., Кондратьев А.Е. Преимущества биогазовой энергетики // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VII Нац. науч.-практ. конф. Казань, 2022. С. 693–695.

4. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Особенности применения биогазовой установки на птицефабрике // Научному прогрессу – творчество молодых. 2020. № 2. С. 38–40.

5. Глухова П.Е., Колосов Г.В., Кондратьев А.Е. Особенности получения биометана из органических отходов // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сб. матер. 6-й Междунар. науч.-практ. конф. преподавателей, молодых ученых и студентов. Екатеринбург, 2023. С. 83–85.

6. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Перспективы применения биогазовых технологий в сельской местности // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VII Нац. науч.-практ. конф. Казань, 2022. С. 723–725.

УДК 620.92

# ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ СВАЛОЧНОГО ГАЗА

Карачурин Булат Рамилевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
karachurin.bulat20@gmail.com

В наше время проблема утилизации и переработки отходов становится все более актуальной. С ростом численности населения и увеличением потребления товаров, мусор становится серьезной проблемой для биосферы Земли. В статье рассматриваются различные подходы к их утилизации и переработке, такие как вторичная переработка, сжигание и захоронение.

**Ключевые слова:** энергетика, свалочный газ, тепловая энергия, проблема, утилизация, сжигание.

# THE PROBLEM OF LANDFILL GAS UTILIZATION

Karachurin Bulat Ramilevich
KSPEU, Kazan
karachurin.bulat20@gmail.com

Nowadays, the problem of waste disposal and recycling is becoming more and more urgent. With population growth and increased consumption of goods, garbage is becoming a serious problem for the Earth's biosphere. The article discusses various approaches to their disposal and recycling, such as recycling, incineration and burial.

**Keywords:** energy, landfill gas, thermal energy, problem, disposal, incineration.

По мере того, как население земли приближается к 800 миллиардам, по мере увеличения числа мегаполисов увеличивается потребление различных товаров, и эти отходы в конечном итоге превращаются в мусор.

С середины 1980-х годов биосфере Земли стало трудно нейтрализовать вредные отходы человеческой деятельности. В 2000-х годах для такой нейтрализации требовалось 1,2 поверхности Земли, а в 2023 году – 1,7. Проблемы, настолько серьезны, что в ближайшие десятилетия может произойти разовая биосферная катастрофа, после которой, если ее не решить, жизнь на Земле исчезнет [1].

Основными компонентами потребительских отходов являются использованная упаковка, пищевые отходы, бывшие в употреблении товары и материалы (в том числе опасные – батарейки, комплектующие, ртутные и обычные лампы накаливания, бытовая химия), использованные автомобильные шины, уличный мусор, ветки, листья и т. д. [2].

Крупнейшим в мире производителем отходов на душу населения является Канада, где 1 тонна отходов в год составляет 36,1 тонны на душу населения, в то время как в Соединенных Штатах этот показатель составляет 26 тонн и 1 тонну в год на душу населения.

Существует 3 основных подхода к обработке и вторичной переработке отходов: захоронение, сжигание и вторичная переработка. Метод вторичной переработки заключается в повторном использовании отходов. Важнейшим условием в данном случае является достаточная сортировка, которая позволяет экономить энергию, сокращать потребление природных ресурсов и значительно снижать негативное воздействие на окружающую среду [3].

Сжигание — это метод обработки отходов в мусоросжигательной установке путем воздействия на них высоких температур (около 1200–1700 °C), но при этом образуется дым, загрязняющий атмосферу.

В России на свалках утилизируется 94 % бытовых отходов, в Китае – 60 %, в Соединенных Штатах – 53 %, в странах Европейского союза – 24 %, а в Японии зола образуется при сжигании на свалках.

Свалочные газы содержат 35–65 % метана, 25–50 % углекислого газа, не более 3 % кислорода и водорода, до 10 % азота, до 5 % сероводорода и 1 % водяной пар [4].

Присутствие сероводорода и других токсичных компонентов в свалочном газе придает ему характерный аномальный запах. По разным данным, свалочный газ в процессе глобального потепления в 25 раз эффективнее углекислого газа, поскольку присутствующий в составе метан гораздо эффективнее поглощает солнечное тепло [5].

Одной из задач при использовании свалочного биометана считается осуществление процесса его термической утилизации. Следовательно, свалочный газ имеет относительно низкое содержание метана $CH_4$ и содержит балластный газ, пары тяжелых металлов, CO, $CO_2$. Его сжигание связано с большими трудностями, а предварительная очистка свалок от загрязняющих веществ требует значительных материальных затрат. Поэтому использование стандартных установок для эффективного сжигания биометана затруднено [6].

## Источники

1. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Особенности конструкций реакторов для получения биотоплива // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: матер. II Междунар. науч. конф. Сумгаит, 2020. С. 277–280.

2. Ахметгалиев И.Ф., Кондратьев А.Е. К вопросу очистки биогаза сепарационным методом // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VI Нац. науч.-практ. конф.: в 2 т. Казань, 2020. Т. 1. С. 400–403.

3. Сергеева Д.В., Кондратьев А.Е. Инфракрасная система отопления // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: матер. II Междунар. науч. конф. Сумгаит, 2020. С. 284–287.

4. Acoustic-resonance method for control of the location of hidden hollow objects / S.A. Nazarychev [et al.]. DOI: 10.1088/1742-6596/1328/1/012054 // Journal of Physics: Conference Series: Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma During the Deposition of Functional Coatings. Kazan, 2019. Vol. 1328.

5. Кондратьев А.Е., Алимкулова С.Р. Анализ эффективности внедрения индивидуальных тепловых пунктов в систему теплоснабжения // Энергетика и энергосбережение: теория и практика: сб. матер. IV Всерос. науч.-практ. конф. / под ред. В.Г. Каширских, И.А. Лобур. Кемерово, 2018. С. 142.1–142.2.

6. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Особенности применения биогазовой установки на птицефабрике // Научному прогрессу – творчество молодых. 2020. № 2. С. 38–40.

УДК 621.51

# ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ВОЗДУХОСНАБЖЕНИЯ

Кариева Лиана Ильдаровна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
kariyevalii@gmail.com

В статье рассмотрены примеры инноваций систем воздухоснабжения, а также продемонстрирован ряд проблем, с которыми можно столкнуться в процессе.

**Ключевые слова:** системы воздухоснабжения, возобновляемые источники энергии, использование умных технологий, микроорганизмы для очистки воздуха

# PERSPECTIVES FOR THE DEVELOPMENT OF AIR SUPPLY SYSTEMS

Karieva Liana Ildarovna,
KSPEU, Kazan
kariyevalii@gmail.com

The article discusses examples of innovation in air supply systems, and also demonstrates a number of problems that can be encountered in the process.

**Key words:** air supply systems, renewable energy sources, the use of smart technologies, microorganisms for air purification

Системы воздухоснабжения являются одними из важнейших инженерных систем в любом здании или промышленном объекте. Они обеспечивают подачу свежего воздуха в помещения, поддерживают комфортный уровень температуры и влажности, а также удаляют отходящий воздух и загрязнения [1].

Однако с изменением климатических условий и появлением новых технологий необходимо развивать и совершенствовать системы воздухоснабжения. Инновации в этой сфере становятся все более необходимыми в свете изменения климата, растущих проблем с воздухопитанием в мегаполисах и повышенного внимания к устойчивому развитию.

Одной из ключевых инноваций в системах воздухоснабжения является использование возобновляемых источников энергии для их работы. Например, встроенные солнечные панели могут использоваться для генерации электроэнергии, необходимой для работы системы кондиционирования воздуха. Это позволяет значительно сократить затраты на энергию и снизить окружающий негативный вклад вида форм энергии [2].

Другой пример инновации – использование умных технологий в системах воздухоснабжения. С упадком стоимости датчиков и расширением возможностей интернета, такие системы могут стать более интеллектуальными. Например, сенсоры могут автоматически реагировать на изменения внешней среды и регулировать подачу свежего воздуха и повышать или понижать температуру и влажность [3].

Кроме того, исследования находят пути использования бактерий и других микроорганизмов для очистки воздуха в помещениях. Эти бактерии могут эффективно удалять загрязнения, такие как химические вещества и смог, и дополнительно выполнять роль биоиндикации качества воздуха, предупреждая о прогрессирующих загрязнениях или других проблемах со здоровьем.

Однако, развитие инноваций и будущего систем воздухоснабжения также может столкнуться с рядом проблем. Высокие издержки на начальной стадии разработки новых технологий и систем могут ограничить их коммерческую возможность масштабирования. Кроме того, некоторые инновации могут потребовать изменения существующих инфраструктурных систем, что также может стать препятствием для их внедрения [4].

Инновации в области систем воздухоснабжения имеют большое значение для повышения комфорта и эффективности в жилищных и коммерческих зданиях, а также для снижения негативного воздействия на окружающую среду. Будущее систем воздухоснабжения обещает быть более умным, энергоэффективным и адаптированным к потребностям каждого пользователя. Важно продолжать инвестировать в исследования и разработки в этой области, чтобы обеспечить более здоровое и устойчивое будущее [5].

## Источники

1. Боровков В.М., Абу-Рахама Т.М. Влияние окружающей температуры воздуха на мощность газовой турбины // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2006. № 1-2. С. 3–7.

2. Таймаров М.А., Афанасьев И.А. Система обеспечения работоспособности и управление вихревым компрессором // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2015. № 4 (28). С. 59–62.

3. Кариева Л.И. Повышение эффективности системы воздухоснабжения на предприятии // Энергетика и энергосбережение: теория и практика: матер. VII Междунар. науч.-практ. конф. Кемерово, 2023. С. 137-1–137-3.

4. Сергеева Д.В., Кондратьев А.Е. Инфракрасная система отопления // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики : матер. II Междунар. науч. конф. Сумгаит, 2020. С. 284–287.

5. Gaponenko S.O., Kondratiev A.E., Ibadov A.A. Mathematical modeling of vibrations of an elastic shell under the influence of ground. DOI: 10.1109/Eastonf.2019.8725333 // 2019 International Science and Technology Conference “EastConf”. Vladivostok, 2019.

УДК 621.643.8:620.179.17

# ВЛИЯНИЕ УТЕЧКИ ТРУБОПРОВОДА НА СКЕЙЛИНГОВУЮ ЭКСПОНЕНТУ АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

[1]Клюкин Илья Игоревич, [2]Загретдинов Айрат Рифкатович
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]Ilya.klyukinbkru.96@mail.ru, [2]azagretdinov@yandex.ru

В работе произведено исследование влияния утечки воды через дефект трубопровода типа «трещина» на скейлинговую экспоненту акустических сигналов. Для анализа акустических сигналов применялся метод DFA-1.

**Ключевые слова:** скейлинговая экспонента, утечка, акустический сигнал, трубопровод, DFA.

# THE EFFECT OF PIPELINE LEAKAGE ON THE SCALING EXPONENT OF ACOUSTIC SIGNALS

[1]Klyukin Ilya Igorevich, [2]Zagretdinov Ayrat Rifkatovich
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]Ilya.klyukinbkru.96@mail.ru, [2]azagretdinov@yandex.ru

The paper investigates the effect of water leakage through a pipeline defect of the “crack” type on the scaling exponent of acoustic signals. The DFA-1 method was used to analyze acoustic signals.

**Keywords:** scaling exponent, leakage, acoustic signal, pipeline, DFA.

Для выявления утечек трубопроводных систем широко применяются различные методы контроля. Наиболее широкое применение получили акустические методы, по причине того, что они обладают высокой информационной ценностью. Нами видится возможность успешного применения метода детрендированного флуктуационного анализа (detrended fluctuation analysis, DFA) для решения задачи акустического контроля утечек трубопровода [1].

В рамках алгоритма DFA анализируется среднеквадратическая ошибка аппроксимации обобщенной модели блуждающей частицы в зависимости от размера аппроксимируемого участка [2].

Разработана экспериментальная установка, на которой моделировалась утечка воды (рис. 1). В качестве модели дефекта трубопровода использовался диск со сквозной щелью (рис. 2). Диск устанавливался и зажимался на наваренном к трубе штуцере [3].

Акустические сигналы регистрировались с частотой дискретизации 40 кГц. Для анализа акустических сигналов применялась программа, написанная в среде LabVIEW [4].

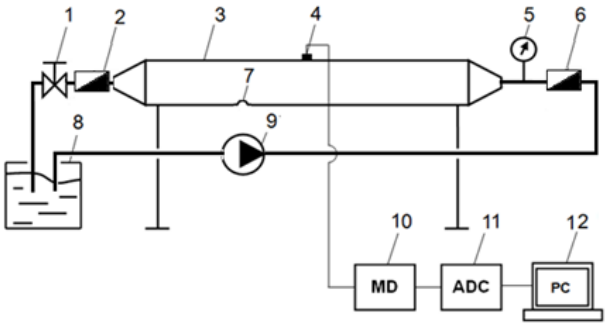



Рис. 1. Экспериментальная установка: *1* – регулирующий вентиль;
*2*, *6* – счетчик воды; *3* – трубопровод (длина – 2 м, внешний диаметр – 0,159 м);
*4* – вибропреобразователь AP2038P; *5* – манометр; *7* – дефект; *8* – емкость;
*9* – насос XKJ-900I; *10* – согласующее устройство AG01-3;
*11* – аналого-цифровой преобразователь NI USB-6229; *12* – компьютер



Рис. 2. Диск со сквозной щелью

На рис. 3 представлены результаты расчета скейлинговой экспоненты акустических сигналов методом DFA-1. Анализировались акустические сигналы трубопровода длиной 20 тысяч отсчетов. Значение скейлинговой экспоненты получено медианным усреднением результатов анализа 20 акустических сигналов.

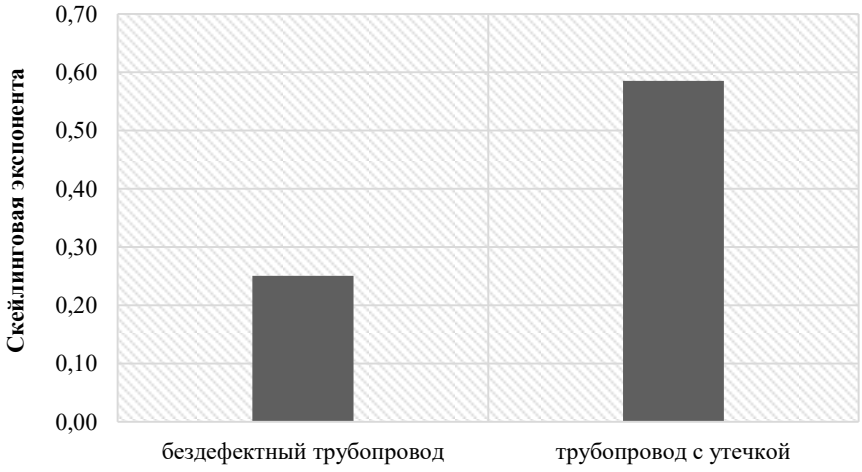



Рис. 3. Результаты расчета скейлинговой экспоненты

Из рис. 3 видно, что с появлением утечки возрастает скейлинговая экспонента α акустических сигналов. Диапазон $0 < \alpha < 0{,}5$ соответствует отрицательной корреляции (происходит чередование больших и малых амплитуд колебаний). При $0{,}5 < \alpha < 1$ присутствует коррелированная динамика (большие амплитуды колебаний чаще следуют за большими, малые за малыми).

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-10045, URL: https://rscf.ru/project/22-79-10045/.

## Источники

1. Анализ масштабной инвариантности виброакустических сигналов трубопровода с утечками / А.Р. Загретдинов [и др.] // СПбНТОРЭС: труды ежегодной НТК. 2023. № 1 (78). С. 88–90.

2. Detrended fluctuation analysis based on best-fit polynomial / Shanshan Zhao [et al.] // Enviromental science. 2022. № 10. С. 1–7.

3. Павлов А.Н., Павлова О.Н., Короновский А.А. Мл. Модифицированный метод флуктуационного анализа нестационарных процессов // Письма в Журнал технической физики. 2020. Т. 46, № 6. С. 47–50.

4. Программа детрендированного флуктуационного анализа: ПрЭВМ 2023660851 Рос. Федерация № 2023618864; заявл. 04.05.2023; опубл. 24.05.2023.

5. Gaponenko S.O., Kondratiev A.E., Zagretdinov A.R. Low-frequency Vibro-acoustic Method of Determination of the Location of the Hidden Canals and Pipelines. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.312 // Proc. 2nd International Conference on Industrial Engineering. Chelyabinsk, 2016. Pp. 2321–2326.

УДК 628.12

# ПРОБЛЕМА РЕАЛИЗАЦИИ ПОДЪЁМА ВОДЫ ВЕРХНЕЙ ОТМЕТКИ МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ

Колосов Глеб Владимирович[1], Низамова Альфия Шарифовна[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]adam_escobaro@mail.ru, [2]nizamova_tes@mail.ru

В данном докладе рассмотрены передовые методы и технологии подъема воды, а также проанализированы их преимущества, недостатки и перспективы применения в условиях современных крупных городов.

**Ключевые слова:** водоснабжение, небоскребы, зонирование, каскадный метод, параллельное зонирование, повысительные насосные станции.

# THE PROBLEM OF IMPLEMENTING THE WATER RISE OF THE UPPER MARK OF A MULTI-STOREY BUILDING

Kolosov Gleb Vladimirovich[1], Nizamova Alfiya Sharifovna[2]
KSPEU, Kazan
[1]adam_escobaro@mail.ru, [2]nizamova_tes@mail.ru

This report will cover advanced methods and technologies for water lifting. It will also analyze their advantages, disadvantages, and prospects for application in the context of modern large cities.

**Keywords:** water supply, skyscrapers, zoning, cascade method, parallel zoning, booster pumping stations.

С увеличением численности населения началось активное строительство высотных зданий и небоскребов, надежное водоснабжение которых, становится серьезной проблемой. Обычный насос не способен поднять воду на большую высоту из-за повышенного давления. Такое давление может перегреть и вывести из строя насос, а также вызвать трещины или разрыв стенок трубопровода. В таком случае используют современные методы водоподъема.

Каскадный метод подъема воды – самая распространённая система водоснабжения в небоскребах. Данный метод заключается в делении здания по высоте на несколько зон, для создания промежуточных этажей с резервуаром, который питает потребителей под ним. Также этот резервуар с помощью перекачивающего насоса передает воду соседнему резервуару в зоне выше. Тем самым последовательная передача воды до верхней точки здания, позволяет избежать действия сверхвысоких давлений на насос и трубопровод. При проектировании каскадного метода

рассчитывают оптимальные объемы резервуаров и расстояния между ним и для создания эффективной скорости и давления на этаж, и обеспечение безопасности, так как создание большего по объему резервуара, может привести к обрушению несущих конструкций здания.[1]

Преимущества каскадного метода:

1) экономичная работа системы: насосы не нуждаются в большом потреблении энергии, а использование гравитации для создания давления позволяет снизить энергозатраты на дополнительные насосы;

2) стабильное давление: система обеспечивает постоянное давление на всех этажах здания, что важно для комфортного пользования водой.

Недостатки этого метода:

1) техническое обслуживание: система требует регулярного технического обслуживания и мониторинга;

2) необходимость пространства: резервуары требуют дополнительного пространства.

Метод параллельного зонирования – надежная система водоснабжения, отличается некоторым перерасходом трубы, централизованным размещением насосных агрегатов, каждый из которых подает воду в свою зону с определенным давлением. Данный метод уникален обходом аварийных ситуаций, так как разделен на зоны, и своей экономией на затраты энергии, но стоит учесть, что ее реализация требует больших затрат [2].

Преимущества параллельного зонирования:

1) надежность и резервирование: в случае сбоев или аварий в одной зоне, остальные зоны продолжают функционировать независимо, обеспечивая надежность системы;

2) экономия ресурсов: параллельное зонирование позволяет более точно адаптировать подачу воды к реальным потребностям каждой зоны, снижая избыточные расходы.

Недостатки:

1) высокая стоимость: нужно большее количество труб для подачи воды до резервуаров;

2) потребляемая мощность: необходимо применять совместно с насосами высокого напора и сооружать насосные станции для каждой зоны.

Повысительные насосные станции (ПНС) – система устройств, объединенных в одно целое. Основной принцип данного оборудования заключается в заборе воды от входного коллектора с помощью центробежных насосов и запуска ее в систему водоснабжения с использованием дополнительных насосов, которые обеспечивают нужное давление в трубопроводе. Для устранения высокого давления на нижних этажах, устанавливают специальный регулирующий клапан.

Преимущества ПНС:

1) автоматизация и управление: автоматизированные системы управления позволяют оптимизировать подачу воды;

2) надежность: ПНС обычно оснащаются системами мониторинга, что позволяет оперативно реагировать на возможные сбои или аварии.

Недостатки:

1) энергозатраты: ПНС требуют много электроэнергии для работы насосов;

2) пространственные ограничения: ПНС занимают определенное пространство, и в некоторых случаях может потребоваться выделенное помещение для их размещения [3].

В ближайшие время количество высотных зданий увеличится в разы, а проблема водоснабжения последних этажей будет устранена. Современные методы подъема воды уже способны поднимать воду на большие высоты, осталось только усовершенствовать само оборудование: увеличить его мощность и устойчивость к высоким давлениям. Важно правильно выбрать метод водоподъема исходя от конкретных условий и потребностей, учесть все аспекты при проектировании надежной и эффективной системы водоснабжения.

## Источники

1. Modeling study of design flow rates for cascade water supply systems in residential skyscrapers [Электронный ресурс] / Zhou Y. [et al.] // Water. 2019. Vol. 11, Iss. 12. URL: https://doi.org/10.3390/w11122580 (дата обращения: 01.12.2023).

2. Sayriddin Sh. Sayriddinov. Peculiarities of design and operation of water supply systems of high-rise buildings // Urban construction and architecture. 2017. Vol. 7, Iss. 2. Pp. 38–47.

3. Зубарева О.Н., Мануйлов И.Е., Рудич У.С. Анализ схем водоснабжения высотных зданий // Системные технологии. 2018. № 2 (27). С. 77–81.

УДК 620.92

# ДВУХКОНТУРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СЪЕМОМ ТЕПЛА С СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Комогорова Ольга Андреевна
ТГУ, г. Томск
olga_komogorova01@mail.ru

В данной статье рассматривается проблема оптимального съёма тепла с солнечных коллекторов в пасмурную погоду, либо в граничную погоду между ясной и пасмурной погодами. Решением данной проблемы является введение двух контуров: управления по съёму тепла с коллекторов и по накоплению тепла в баках. Выбранная система обеспечивает качественную управляемость по каждому контуру.

**Ключевые слова:** солнечные коллектора, автоматизация, датчики, контроллер, система теплоснабжения

# DUAL-CIRCUIT CONTROL OF HEAT REMOVAL FROM SOLAR COLLECTORS

Komogorova Olga Andreevna
TSU, Tomsk
olga_komogorova01@mail.ru

This article discusses the problem of optimal heat removal from solar collectors in cloudy weather, or in the boundary weather between clear and cloudy weather. the solution to this problem is the introduction of two circuits: control for the removal of heat from collectors and for the accumulation of heat in tanks. the selected system provides high-quality controllability for each contour.

**Key words:** solar thermal collector, automation, sensors, controller, heating system.

Система горячего водоснабжения построена на базе солнечных коллекторов, в такой системе возникает ряд проблем. Одна из проблем – это снятие тепла с коллекторов в пасмурную погоду. В такую погоду коллектора могу нагреваться до высоких температур, если теплоноситель не перемещается, таким образом система управления может принять неправильное решение и забрать тепло с теплоносителя, но при включении двигателя, температура в системе быстро становится низкой, даже меньше, чем температура в накопительном баке, таким образом, тепло может забираться из помещения. Из-за данной проблемы по температуре на коллекторах в пасмурную погоду невозможно оценить, можно забирать тепло или нет. Подобная проблема исследовалась в работе [1].

Для решения данной проблемы предлагается реализовать многоконтурную систему с двумя регуляторами на основе частотного привода (ПЧ). В контуре коллекторов с использованием ПЧ реализована медленная (управляемая) циркуляция теплоносителя. Первый регулятор, который находится в данном контуре, позволяет поддерживать разницу температур на теплообменнике со стороны калорифера. Использование солнечных коллекторов, как источник энергии рассматривалось в работе [2]. Принципиальная схема первого контура представлена на рисунке ниже (рис. 1).

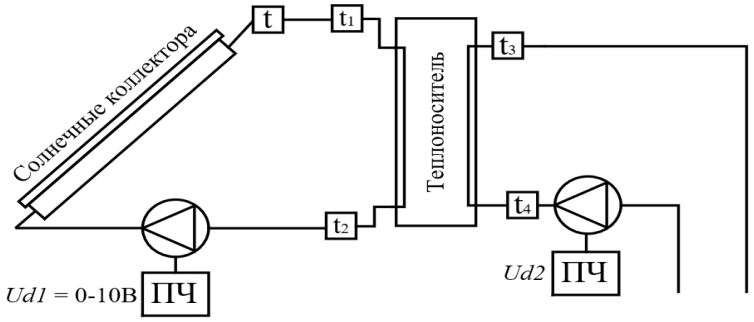



Рис. 1. Принципиальная схема контура коллекторов

Если в теплоносителе есть вода, то второй контур забирает её и выводит в систему горячего водоснабжения (ГВС). Если вода в теплоносителе отсутствует, то второй контур включает циркуляцию той воды, что содержится в нем.

Второй контур забирает горячую воду с теплоносителя, если она есть, если её нет, то в контуре циркулирует вода, которая там находится.

Во втором контуре реализована инерционная система, в которой необходимо снимать тепло. В подвальном помещении здания установлены баки, которые нагреваются с помощью солнечных коллекторов, и служат в качестве теплообменника. Баки нагреваются при условии, что температура теплоносителя выше температуры баков.

Разделение контуров позволяет не заморозить калорифер.

Если случилось, что температура теплоносителя достаточно низкая и баки перегреты (клапана на баках перекрыты), то в баках должен быть Bypass (резервный путь), т.е. циркуляция недолжна прекращаться при условии, если баки не забирают тепло с теплоносителя. Структурная схема второго контура изображена на рисунке ниже (рис. 2).

Накопившееся тепло в баках отдаётся в систему теплоснабжения при быстром потреблении тепла, тем самым происходит нагрев системы. Если не хватает нагреваемой мощи от бочек, то подключается теплоноситель от внешнего поставщика тепла. Нужно это для того, чтобы система догревалась до нужной температуры.

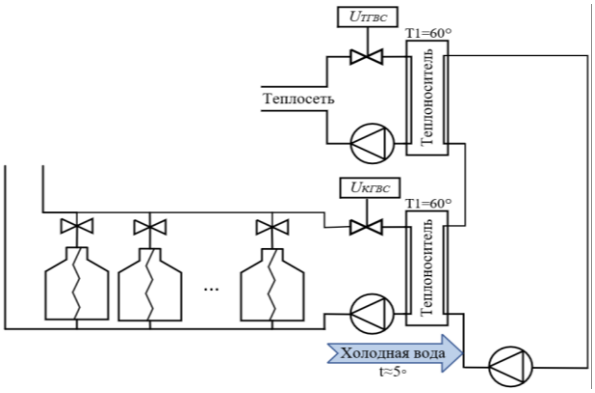



Рис. 2. Структурная схема второго контура

Рассматриваемая система позволяет брать тепло только тогда, когда оно есть на коллекторах, т.е. когда ясная погода и солнечные коллектора нагреваются. При такой работе система быстро адаптируется к межпасмурной и ясной погоде. Также система может быть настроена в ручном режиме с помощью средства связи через Modbus протокол.

Описанная выше идея была реализована в проекте «Жатай», который подразумевает создание системы управления ГВС для школы на 360 мест в п. Жатай (Якутия). Внедрение системы для ГВС, использующую солнечные коллектора, является экономически и экологически выгодно, что подтверждается работами [3, 4].

Структурные схемы, представленные на рисунках выше, легко реализуются на любом программируемом логическом контроллере (ПЛК), для проверки системы использовался контроллер ВЭСТ-02М компании ООО «НПО ВЭСТ».

## Источники

1. Prokhorov S.V., Krivoshein Y.O., Shilin A.A. Automatic Control of Hot Water Supply System on Solar Collectors. DOI: https://doi.org/10.1109/FarEastCon.2019.8934364 // Proc. International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). Vladivostok, 2019.

2. Матрунчик А.С., Бурков А.И. Использование солнечной энергии в системах горячего водоснабжения // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2015. № 2. С. 237–247.

3. Kolesnikov A.A. Solar heating system as an effective and inexpensive way to heat // The World of Science without Borders: proc. of the 10th All-russian scientific and practical conference (with international participation) for young researchers. Tambov, 2023. Pp. 14–16.

4. Алмаев А.Ю., Лушкин И.А. Использование солнечной энергии для теплоснабжения систем горячего водоснабжения в индивидуальном жилищном строительстве // Вестник НГИЭИ. 2014. №. 12 (43). С. 5–9.

УДК 620.192

# ОСОБЕННОСТИ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ

Кондратьев Александр Евгеньевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
aekondr@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы частотного анализа вибрационного сигнала, получаемого при работе энергетического оборудования. Проанализированы основные способы преобразования сигнала, отмечены как преимущества, так и негативные стороны рассмотренных способов.

**Ключевые слова**: вибрационные колебания, частота, пороговая величина, трубопровод, физический процесс.

# FEATURES OF VIBRATION OSCILLATION PARAMETER ANALYSIS

Kondratiev Aleksandr Evgenievich
KSPEU, Kazan
aekondr@mail.ru

The article discusses the issues of frequency analysis of the vibration signal received during the operation of power equipment. An analysis of the main methods of signal processing is carried out, the advantages and disadvantages of existing methods are noted.

**Key words**: vibration, oscillation, frequency, threshold value, pipeline, physical process.

Под частотным анализом вибрационных колебаний понимают определение функциональных характеристик измеряемых параметров вибрационного сигнала от одного или более независимых переменных. Чаще всего в качестве переменных используют частоту, порядковый номер в группе независимых исследований вибрации или пространственную координату.

Наиболее используемые в последнее время являются такие способы частотного анализа: спектральный, конфигурационный анализ и анализ синхронного детектирования [1].

Конфигурационный анализ заключается в обнаружении закономерности данных с целью идентификации типов и антитипов. Данные, представленные в таком виде, легко поддаются анализу, но используется слишком сложный математический аппарат.

Синхронное детектирование применяется в том случае, если информационный сигнал несет полезную составляющую, но находится на уровне помех или шума. Шумовой параметр может быть когерентным (периодическим), или некогерентным (случайным).

Применение спектрального анализа позволяет провести разложение исследуемого вибросигнала по частоте в любой интервал времени. Следует отметить, что слишком большие значения интервала времени исследуемого сигнала определяются частотой дискретизации и могут привести к потере информации [2].

Следовательно, можно вывод, что спектральный анализ наиболее приемлемый способ обработки сигнала.

Задачи анализа вибрационного сигнала чаще всего связаны с определением формы колебаний оборудования или координат расположения дефектов в исследуемых системах, например, в трубопроводах. Общий анализ характеристик вибрации применим для определения граничных значений в объектах технического контроля. Граничные значения обычно рассматривают для сравнения с полученными данными для принятия решения о допустимости того или иного вибрационного воздействия и необходимости мер по снижению вибрации. Граничные значения устанавливаются законодательством или нормативными документами, как нормирование вреда человеку или исследуемому объекту [3].

Информационный вибросигнал работающего оборудования обычно содержит большое количество различных по физическим свойствам компонентов. Эти компоненты могут быть как систематическими, так и непредсказуемый характер. К систематическим компонентам можно отнести параметры входных и внутренних характеристик, к случайным – воздействие неконтролируемых внешних факторов. Следовательно, для изучения вибрации используются либо статистические способы обработки вибросигнала, либо из вибросигнала сначала выделяются отдельные элементы и сегменты вибросигнала, которые после исследуются как детерминистскими, так и статистическими способами обработки [4].

К детерминированным относят периодические и непериодические колебания. К случайным относятся стационарные колебания, нестационарные колебания и случайные помехи.

Гармонические колебания являются одними из простейших примеров детерминированных колебаний.

Причиной случайных колебаний служит нестационарное физический процесс или явление. В этом случае при единичном наблюдении параметры колебания невозможно зафиксировать с заданной точностью и описать

математической зависимостью. В связи с этим возможна реализация только одного случайного процесса, выделенного из множества, а построение полной картины колебания произойдет только после многократных измерений [5].

В итоге для обработки полезного вибрационного сигнала наиболее подходящим является спектральный метод.

## Источники


1. Acoustic-resonance method for control of the location of hidden hollow objects / S.A. Nazarychev [et al.]. DOI: 10.1088/1742-6596/1328/1/012054 // Journal of Physics: Conference Series: Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma During the Deposition of Functional Coatings. Kazan, 2019. Vol. 1328.

2. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Перспективные методы и методики поиска скрытых каналов, полостей и трубопроводов виброакустическим методом // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2015. № 2 (47). С. 9–13.

3. Загретдинов А.Р., Кондратьев А.Е., Гапоненко С.О. Методика расчета информативных гармоник виброакустичеких сигналов в применении к контролю многослойных композиционных конструкций // Инженерный вестник Дона. 2014. № 4-1 (31). С. 28.

4. Zagretdinov A.R., Kazakov R.B., Mukatdarov A.A. Control the tightness of the pipeline valve shutter according to the change in the Hurst exponent of vibroacoustic signals. DOI: 10.1051/e3sconf/201912403005 // Proc. of the 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems. Kazan, 2019. Vol. 124.

5. Анализ масштабной инвариантности виброакустических сигналов трубопровода с утечками / А.Р. Загретдинов [др.] // СПбНТОРЭС: труды ежегодной НТК. 2023. № 1(78). С. 88–90.

УДК 621.643.8

# СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Коныжов Кирилл Вадимович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
Konizhov.kirill@mail.ru

Обнаружение утечек из трубопроводов - сложная техническая задача и в данной статье проведен обзор существующих способов определения состояния тепловых сетей в России, а также определенны цели диагностики трубопроводов.

**Ключевые слова:** энергетика, трубопровод, тепловые сети, диагностика, утечки, диагностика.

# METHODS FOR DETERMINING THE STATE OF HEATING NETWORKS

Konizhov Kirill Vadimovich
KSPEU, Kazan
Konizhov.kirill@mail.ru

Detection of leaks from pipelines is a complex technical task and this article provides an overview of existing methods for determining the state of heating networks in Russia, as well as defines the goals of pipeline diagnostics.

**Keywords:** power engineering, pipeline, heating networks, diagnostics, leaks, diagnostics.

Одной из наиболее важных задач трубопроводного транспорта, является сокращение риска возникновения аварийных ситуаций. Ее решение позволит снизить безвозвратные потери транспортируемых продуктов, улучшить экологическую обстановку, предотвратить разрушения инженерных сооружений и обеспечить, таким образом оптимальное функционирование трубопроводных систем [1]. Актуальность данной проблемы связана с высокой частотой отказов трубопроводов, приводящих в ряде случаев к катастрофическим последствиям. Следует ожидать снижения надежности трубопроводных систем в процессе эксплуатации в связи с накоплением внутренних и внешних повреждений, естественным старением как самого металла, так и трубопроводных коммуникаций в целом, воздействием внешних сил [2].

До настоящего времени не проводится прямая диагностика состояния металла теплопроводов без вскрытия теплотрасс с целью предотвращения тяжелых последствий повреждений ТС, особенно больших диаметров.

Диагностика трубопроводов, находящихся в эксплуатации длительное время, предполагает обнаружение коррозии. Это – одна из важнейших проблем, решение которой позволит обеспечить безаварийную эксплуатацию и увеличить срок службы трубопроводов, снизить себестоимость доставки энергоносителей потребителям и способствовать экономии потребляемого топлива.

Обнаружение утечек из трубопроводов представляет сложную техническую задачу, решение которой требует специального оборудования. Основными методами контроля являются: акустический, корреляционный, тепловой [3].

Диагностика трубопроводов осуществляется с целью:

– получения информации о местах, об уровне и степени опасности с позиций образования течи, коррозионных повреждений металла труб (дефектов типа утонение стенки трубы от внутренней и/или наружной коррозии более чем на 30 % от номинала);

– обнаружения места истечения теплоносителя (течи);

– выявления факторов, обуславливающих интенсификацию коррозионных процессов на участке (блуждающие токи, заиливание и подтопление каналов и др.).

Комплексный подход к решению задачи по выявлению утечек воды из трубопровода с использованием приборов значительно повышает достоверность обнаружения аварийного участка [4].

Применение диагностических методов, определяющих состояние трубопровода, должно способствовать выявлению потенциально опасных в гидрогеологическом отношении участков. Это позволило бы обосновать необходимость дополнительной гидроизоляции, дренажа, утепления перекрытий каналов, а также возможность разработки способов их эффективной вентиляции для сушки теплоизоляционных покрытий и предотвращения выпадения конденсата.

Анализируя существующие способы определения состояния тепловых сетей, следует выделить два основных направления и подхода к данной проблеме:

1) проведение диагностики теплопроводов инструментальными методами;

2) прогнозирование повреждаемости и оценка надежности тепловых сетей на основе статистических методов.

Существует несколько способов определения состояния тепловых сетей, которые позволяют получить информацию о текущем состоянии системы, а также определить возможные проблемные участки [5].

Один из наиболее распространенных способов определения состояния тепловых сетей – это использование тепловизионной камеры. Тепловизионная камера позволяет получить изображение поверхности тепловой сети с помощью измерения инфракрасного излучения, которое излучает поверхность материала. Это позволяет определить температурные различия на поверхности тепловой сети и выявить участки, где происходит утечка тепла.

Другим способом определения состояния тепловых сетей являются ультразвуковые измерения. Ультразвуковые измерения позволяют определить наличие коррозии или других дефектов в материале трубопровода путем измерения скорости звука внутри трубы.

Также существуют методы определения состояния тепловых сетей, основанные на измерении давления и гидравлических параметров. Эти методы позволяют определить утечки тепла и потери давления в системе, а также оценить ее эффективность.

В заключение, можно отметить, что определение состояния тепловых сетей является важным элементом поддержания и улучшения эффективности работы системы. Различные методы измерений и анализа данных позволяют выявить и исправить проблемы в работе тепловых сетей, что в свою очередь повышает эффективность использования энергоресурсов и обеспечивает более комфортные условия жизни для населения.

## Источники

1. Китаев С.В., Смородова О.В., Усеев Н.Ф. Об энергетике России // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2016. № 4 (106). С. 241–249.

2. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е., Мустафина Г.Р. Построение математической модели распространения волн Лэмба в стальном трубопроводе с защитным наружным покрытием // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 4. С. 3–15.

3. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Перспективные методы и методики поиска скрытых каналов, полостей и трубопроводов виброакустическим методом // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2015. № 2 (47). С. 9–13.

4. Shakurova R.Z., Gaponenko S.O., Kondratiev A.E. On the issue of inertial excitation of diagnostic low-frequency vibrations in pipelines of housing and communal services. DOI: 10.1051/e3sconf/202021601079. // Proc. of the Rudenko International Conference “Methodological problems in reliability study of large energy systems”. Kazan, 2020. Vol. 216.

5. Анализ методик оценки надежности систем энергоснабжения / И.Р. Байков [и др.] // Энергобезопасность и энергосбережение. 2014. № 2. С. 33–37.

УДК 620.92

# ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Коныжов Кирилл Вадимович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
Konizhov.kirill@mail.ru

В условиях ограниченности ископаемых топлив и увеличения потребности в энергии, использование альтернативных источников энергии становится необходимостью. Тепловые насосы представляют собой перспективный способ преобразования энергии без использования ископаемого топлива. В развитых странах, таких как Австрия, Финляндия и Германия, тепловые насосы уже активно используются в различных отраслях, включая промышленность и сектор продуктов питания. Эти устройства обладают рядом преимуществ, которые были рассмотрены в данной статье. Применение тепловых насосов способствует сокращению выбросов $CO_2$ и созданию более энергоэффективных систем отопления и охлаждения.

**Ключевые слова:** энергетика, тепловые насосы, преимущества, использование, преобразование энергии.

# ADVANTAGES OF HEAT PUMPS

Kirill Vadimovich
KSPEU, Kazan
Konizhov.kirill@mail.ru

In conditions of limited fossil fuels and increasing energy demand, the use of alternative energy sources becomes a necessity. Heat pumps represent a promising way to convert energy without using fossil fuels. In developed countries such as Austria, Finland and Germany, heat pumps are already actively used in various industries, including industry and the food sector. These devices have a number of advantages that have been discussed in this article. The use of heat pumps contributes to the reduction of $CO_2$ emissions and the creation of more energy-efficient heating and cooling systems.

**Keywords:** energy, heat pumps, advantages, use, energy conversion.

Энергия является неотъемлемой частью нашей жизни, обеспечивая нам комфорт, питание и различные промышленные процессы. Однако основным источником энергии является ископаемое топливо, такое как нефть, уголь и природный газ, которое ограничено и начинает исчерпываться [1–3]. С увеличением населения и потребности в энергии становится ясно, что нам необходимы альтернативные способы преобразования энергии без использования ископаемого топлива.

Один из таких способов – использование тепловых насосов. В последние годы тепловые насосы стали широко распространены на междуна-

родном рынке и использование их в различных областях применения растет. Страны, такие как Австрия, Финляндия, Франция, Италия, Германия, Норвегия, Швеция, Швейцария и Великобритания, активно используют тепловые насосы в жилых помещениях и других отраслях.

Огромный потенциал тепловых насосов присутствует в промышленности, такой как химическая, целлюлозно-бумажная и пищевая [4]. В секторе продуктов питания и напитков проведенное исследование показало, что замена паровых котлов тепловыми насосами может привести к сокращению выбросов $CO_2$ на миллионы тонн в год в различных странах.

Тепловые насосы обладают рядом преимуществ [5]:

– они позволяют существенно снизить затраты на электроэнергию, что особенно важно для любой отрасли;

– тепловые насосы требуют минимального технического обслуживания и имеют долгий срок службы без потери КПД;

– они обеспечивают безопасность и снижают риск несчастных случаев, так как не содержат вредных веществ;

– тепловые насосы эффективно преобразуют энергию в тепло и способны осуществлять нагрев и охлаждение одновременно;

– установка тепловых насосов проста и удобна;

– они чистые, бесшумные и не имеют запаха, а также питаются от электричества [6].

Использование тепловых насосов является одним из ключевых шагов в направлении более устойчивой и экологически чистой энергетики, и их применение будет способствовать сокращению выбросов $CO_2$ и созданию более энергоэффективных систем отопления и охлаждения.

## Источники

1. Шарафисламова Э.А., Кондратьев А.Е. Совместная работа теплового насоса с ветрогенератором малой мощности // Научному прогрессу – творчество молодых. 2016. № 2. С. 256–258.

2. Гатауллина И.М., Кондратьев А.Е. Применение теплового насоса для утилизации снежной массы в городских условиях // Тинчуринские чтения – 2020 «Энергетика и цифровая трансформация»: матер. Междунар. молод. науч. конф.: в 3 т. / под общ. ред. Э.Ю. Абдуллазянова. Казань, 2020. Т. 2. С. 82–85.

3. Даутов Р.Р., Кондратьев А.Е. Экологические аспекты применения тепловых насосов в индивидуальном отоплении // Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование: матер. Междунар. науч.-техн. конф.: в 3 т. Казань, 2023. С. 192–195.

4. Глухова П.Е., Кондратьев А.Е. Тепловой насос как экологически безопасный источник тепловой энергии // Энергетика и энергосбережение: теория и практика: матер. VII Междунар. науч.-практ. конф. Кемерово, 2023. С. 122-1-122-4.

5. Даутов Р.Р., Кондратьев А.Е. Особенности применения теплового насоса для систем теплоснабжения в Республике Татарстан // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VI Нац. науч.-практ. конф.: в 2 т. Казань, 2020. Т. 1. С. 410–412.

6. Ильясова Г.Р., Кондратьев А.Е. Применение аккумуляторов тепла в России // Научному прогрессу – творчество молодых. 2016. № 2. С. 188–190.

УДК 621.186.4

# СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ТРУБОПРОВОДОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Куковякин Олег Ярославович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
Kukovyaka15@yandex.ru

В данной работе представлено сравнение различных теплоизоляционных материалов применяемых для изоляции трубопроводов тепловых сетей (минераловатная изоляция, ППУ изоляция, а также изоляция из кремноземного аэрогеля).

**Ключевые слова:** тепловая защита трубопроводов, тепловая изоляция, базальтовая тепловая изоляция, аэрогелевая тепловая изоляция, пенополиуретановая тепловая изоляция.

# COMPARISON OF THE COST OF THE ORGANIZATION OF THERMAL PROTECTION OF PIPELINES OF THERMAL NETWORKS

Kukovyakin Oleg Yaroslavovich
KSPEU, Kazan, 420066 Krasnoselskaya str., 51 k D,
Kazan, Russian Federation
kukovyaka15@yandex.ru

This paper presents a comparison of the cost per linear meter of silica aerogel insulation, mineral fiber insulation and polyurethane foam insulation with the estimated thickness of the insulation layer.

**Key words:** thermal protection of pipelines, thermal insulation, basalt thermal insulation, aerogel thermal insulation, polyurethane foam thermal insulation.

Проблема экономного расхода теплоносителя актуальна как во всём мире, так и в России, где из-за нерационального использования энергоресурсов жилищно-коммунальный комплекс является одной из самых затратных отраслей Российской экономики. Поэтому мероприятия по повышению энергетической эффективности, направленные на снижение потерь тепла при транспортировке теплоносителей, являются перспективными [1]. Правильный выбор тепловой защиты способствует более рациональному расходу энергоресурсов.

В целях достижения наибольшей экономической эффективности выбор тепловой изоляции следует производить исходя не только из значений теплопроводности того или иного материала, но и из стоимости

погонного метра конструкции, так как при различных коэффициентах теплопроводности сравниваемых материалов возможно подобрать такие толщины изоляционного слоя, при которых будет обеспечиваться одинаковый теплозащитный эффект, однако стоимость будет различна [2].

В качестве тепловой изоляции для внутренних и общих трубопроводных сетей наибольшее распространение всё ещё имеют материалы из минеральных волокон, однако с недавних пор на Российском рынке конкуренцию им составляют теплоизоляционные материалы на основе кремнеземного аэрогеля.

По коэффициенту теплопроводности (0,017 Вт/м.К при 130 °С) аэрогель превосходит минеральную вату (0,051 Вт/м.К при 130 °С) и пенополиуретан (0,035 Вт/м.К при 130 °С) [3].

Для сравнения стоимости погонного метра трёх видов тепловой изоляции – базальтовая XOTPIPE100, кремнеземная аэрогелевая Evergel и ППУ СИБПАЙП были заданы изначальные условия: три сравниваемых трубопровода разных диаметров – 89 мм, 159 мм и 219 мм, подземной прокладки в непроходном канале; средняя температура сетевой воды принималась равной 90°С; эксплуатация трубопровода отопления только в отопительный период; Тариф на тепловую энергию принимался равным 2137 руб/Гкал. Стоимости одного пм изоляции были определены на основании цен, которые брались из источников в сети Интернет [4–6]. Так цены за 1 погонный метр минеральной ваты для диаметров 89, 159 и 219 мм составила 361, 885 и 1128 руб. соответственно. Цена за погонный метр скорлуп ППУ без покрытия для тех же диаметров трубопровода составила 674, 937 и 1215 руб. соответственно.

Проводится расчёт толщины изоляционного слоя по нормируемой плотности теплового потока $q_l^{\text{н}}$ в соответствии с методическими указаниями, содержащимися в СНиП-41-03-2003. Нормируемая плотность теплового потока определялась по Приказу Министерства энергетики РФ от 30 декабря 2008 г. № 325.

Результаты оценки стоимости погонного метра рассматриваемых видов тепловой защиты представлены в таблице.

Видно, что наименьшую стоимость организации тепловой защиты на всех трёх трубопроводах имеет базальтовая изоляция, а наибольшую – аэрогелевая теплоизоляция, что обуславливается ценообразованием: стоимость организации аэрогелевой изоляции выше по причине отсутствия производства данного вида изоляции в России. Разница толщин не более 13 мм для каждого диаметра, что не играет роли при выборе материала теплоизоляции.

Расчётные значения толщин изоляции и стоимость погонного метра тепловой изоляции

| $D$, м | $q_l^н$, Вт/м | Изоляция | δ, м | $S$, руб./п. м. |
|---|---|---|---|---|
| 0,089 | 102 | XOTPIPE100 | 0,015 | 434 |
| | | Evergel | 0,006 | 1196 |
| | | ППУ | 0,010 | 763 |
| 0,159 | 136 | XOTPIPE100 | 0,020 | 839 |
| | | Evergel | 0,008 | 2761 |
| | | ППУ | 0,013 | 1088 |
| 0,219 | 165 | XOTPIPE100 | 0,022 | 1104 |
| | | Evergel | 0,009 | 3559 |
| | | ППУ | 0,014 | 1417 |

Также необходимо учитывать возможность затопления каналов тепловых сетей, что увеличивает теплопроводность материалов до 2–2,5 раз, однако это не относится к аэрогелю, который является гидрофобным и не изменяет значения теплопроводности в результате контакта с водой. Для выбора наиболее экономически эффективного требуется производить расчёт, в котором будут учитываться дополнительные затраты на амортизацию, обслуживание и ремонт [2].

## Источники


1. Базукова Э.Р. Повышение эффективности энергетических комплексов применением тепловой изоляции со стабильными характеристиками: дис. … канд. техн. наук. Казань, 2022. 190 с.

2. Базукова Э.Р., Ваньков Ю.В., Пономарев Р.А. Экономический эффект вариантов тепловой защиты трубопроводов энергетических комплексов // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4 (56). С. 103–112.

3. Васильева И.Л., Немова Д.В. Перспективы применения аэрогелей в строительстве // AlfaBuild. 2018. № 4 (6). С. 135–145.

4. Цилиндры XOTPIPE SP 100 [Электронный ресурс] // Венторус: сайт. URL: https://венторус.рф/catalog/tsilindry_mineralovatnye_xotpipe/ tsilindry_ xotpipe_sp/ (дата обращения: 09.11.2023).

5. Венторус [Электронный ресурс]. URL: https://венторус.рф/catalog/ aerogel/aerogel_evergel/ (дата обращения: 09.11.2023).

6. Скорлупа ППУ без покрытия [Электронный ресурс] // Теплосервис Приволжье. URL: https://kzn.tssib.ru/trubnaya-izolyatsiya/skorlupa-ppu/skorlupa-ppu-bez-pokrytiya/ (дата обращения: 09.11.2023).

УДК 681.5:666.3

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТУННЕЛЬНОЙ ПЕЧИ ОБЖИГА КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

Мукатдаров Алик Альбертович[1], Вафин Данил Билалович[2]
КГЭУ, г. Казань
[1]alikjan1155@yandex.ru, [2]«vafdanil@yandex.ru»

Описывается опыт использования автоматизированной системы управления туннельной печи обжига Кощаковского кирпичного завода

**Ключевые слова:** контроллер, обжиг, термопара, компьютерная система управления, обжиг, датчик

# AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF A TUNNEL KILN FOR FIRING CERAMIC BRICKS

Mukatdarov Alik Albertovich[1], Vafin Danil Bilalovich[2]
KSPEU, г. Kazan
[1]alikjan1155@yandex.ru, [2]«vafdanil@yandex.ru»

The article is devoted to the construction of an automation system on the example of a tunnel kiln of the Koshchakovsky brick factory

**Keywords:** Controller, firing, thermocouple, computer control system, firing, sensor.

Процесс производства керамического кирпича состоит из четырех основных этапов:

1) подготовка сырья;
2) формовка изделия;
3) сушка;
4) обжига.

Обжигом называют процесс высокотемпературной обработки материалов, в результате которой кирпич-сырец превращается в камнеподобное тело, стойкое против механических, физических и химических воздействий.

Режим обжига представляет собой комплекс взаимосвязанных факторов: скорости подъема температуры, конечной температуры обжига, длительности выдержки при конечной температуре, характера газовой среды и скорости охлаждения.

В процессе нагрева при различных температурах в материале керамических изделий происходит ряд сложных физико-химических процессов, вызывающих изменение его свойств.

С целью осуществления поэтапного контроля осуществления обжига керамического кирпича строится автоматизированная система управления печью обжига.

Рассмотрим действующую систему автоматизации на примере Кощаковского кирпичного завода.

Система автоматизации построена на контроллере ADAM 5000, производства фирмы Advantech (рис. 1).

Данный контроллер осуществляет полное управление процессом обжига. Контроллер состоит из 40 МГц процессора, флеш памяти на 256 кбайт, операционной системы ROM-DOS, статической ОЗУ, таймера BIOS.

Контроллер осуществляет считывание сигналов с имеющихся аналоговых и цифровых датчиков и осуществляет обработку входящих и выходящих сигналов.




Рис. 1. Контроллер управления печью ADAM 5000

С целью оперативного управления тунельной печью и процессов происходящих при обжиге изделий, а именно контроль температуры обжига, контроль заданных параметров разряжения печи, тяго-напорных характеристик вентиляторов, выполнена компьютерная модель печи обжига, с привязкой каждого датчика к конкретной точке.

По данной модели оператор в режиме реального времени может производить как контроль за обжигом, так и оперативно изменять заданные параметры, согласно складывающимся условиям.

Для осуществления управления группами газовых горелок, на Кощаковском кирпичном заводе установлены микроконтроллеры TLK-49 производства фирмы ASCON Tecnologic. Контроллеры данного типа выполняют роль регулирования температурных уставок групп горелок. Данные контроллеры построены по принципу ПИД регуляторов.



Рис. 2 Внешний вид компьютерной системы управления печью обжига



Рис. 3 Шкаф управления горелочными группами

Алгоритм осуществления взаимодействия с горелками достаточно прост. Задается необходимая температура для каждой группы, путем ввода значения в контроллер, после этого автоматика набирает данную температуру на максимально-возможном режиме работы горелок («большое горение»), после набора заданной температуры горелки переходят в режим «малого горения», и работают в таком режиме, пока заданная температура не уменьшится на 5 градусов Цельсия.

Измерение необходимой температуры процесса обжига осуществляется термопарами ТХА. Данные термопары устойчивы к влияниям агрессивной химической среды, и позволяют осуществлять измерения в большом диапазоне температур от 300 до 1200 °С.

## Источники

1. Исмоилов М.И., Кашляк М.И., Умаралиев Р.Ш. Проблемы автоматизации технологий производства строительного кирпича // Принципы построения и особенности использования мехатронных систем: сб. науч. тр. 2009. № 3 (43). С. 116–121.

2. Умаралиев Р.Ш. Автоматическое регулирование тепловых процессов производства строительного кирпича // Перспективы применения инновационных технологий и усовершенствования технического образования в высших учебных заведениях стран СНГ: тез. докл. V Междунар. науч.-практ. конф. Душанбе, 2011. С. 134–136.

3. Сабанчин В.Р., Тугов В.В. Разработка системы управления туннельной печи обжига керамического кирпича на основе четких регуляторов // Научно-технический вестник Поволжья. 2016. № 1. С. 87–90.

УДК 66.045.1

# ТЕПЛООБМЕННИКИ И СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Мухамедзянов Дамир Ринатович[1], Измайлова Евгения Вячеславовна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]damir2002god@mail.ru, [2]evgeniya-izmailova@yandex.ru

Данная статья предоставляет представление об актуальной теме повышения энергоэффективности теплообменников и предлагает ряд методов интенсификации теплообменного оборудования.

**Ключевые слова:** повышение энергоэффективности, теплообменник, теплоэлектроцентраль, теплоноситель, теплопередача.

# HEAT EXCHANGERS AND METHODS OF INCREASING THEIR ENERGY EFFICIENCY

Mukhamedzyanov Damir Rinatovich[1], Izmaylova Evgeniya Vyacheslavovna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]damir2002god@mail.ru, [2]evgeniya-izmailova@yandex.ru

This article provides insight into the hot topic of improving the energy efficiency of heat exchangers and proposes a number of methods for intensifying heat exchange equipment.

**Key words:** increasing energy efficiency, heat exchanger, thermal power plant, coolant, heat exchange.

Влияние теплообменных аппаратов на энергоэффективность ТЭЦ и жилищно-коммунальное хозяйство в целом в России обусловлена несколькими факторами:

1) оптимизация работы ТЭЦ и повышение энергоэффективности являются важными мерами для сокращения потребности в экспорте энергии и обеспечения энергетической безопасности страны;

2) повышение энергоэффективности ТЭЦ является одним из ключевых инструментов в борьбе с изменением климата и уменьшением выделения парниковых газов;

3) улучшение работы теплообменника позволяет снизить затраты на топливо и повысить выход энергии, что способствует возрастанию прибыльности ТЭЦ и созданию конкурентоспособной энергетической системы.

С учетом данных факторов, исследования воздействия теплообменника на энергоэффективность ТЭЦ в РФ можно назвать актуальной задачей.

Виды теплообменных аппаратов подразделяются по способу функционирования:

– смесительные или контактные применяются для теплообмена сред в различных агрегатных состояниях и подразумевают смешивание сред [1];

– рекуперативные (поверхностные), имеющие в своей конструкции специальную перегородку, препятствующую смешиванию сред при тепообмене;

– регенеративные. Процесс теплообмена от горячего теплоносителя к холодному разделяется на два участка времени и происходит при чередовании нагревания и охлаждения насадки. Особенностью является наличие твердых тел, которые попеременно соприкасаются с горячим и холодным теплоносителями.

Классификация теплообменников по конструкции:

– кожухотрубные. В многоходовом теплообменном аппарате в корпусном отделе и крышках применяются перегородки для увеличения скорости течения. Для усиления теплоотдачи применяют специальные ребра теплообменных труб;

– пластинчатые. Состоят из специальных пластин, в которых проштампованы извилистые поверхности и каналы для протекания теплоносителя;

– спиральные. Состоят из, свернутых в спираль, листов металла, заключенных в кожух цилиндрической формы; преимущество – эффект самоочистки, что позволяет применять их со средами с высокой вязкостью.

– теплообменник «труба в трубе». Состоит из двух трубопроводов *U*-образной формы неодинаковых диаметров (трубка меньшего диаметра размещена в трубопроводе большего диаметра). В конечном итоге получаются два контура теплового обмена во внутреннем трубопроводе и межтрубном объеме.

В настоящее время имеется ряд технологичных и опробированных конструкций, позволяющие достигать стабильной работы теплообменных аппаратов и увеличивать их функциональность:

– применение ультразвука в теплообменных аппаратах. Если к стенке канала присоединить ультразвуковой излучатель и возбудить в стенке акустические колебания, создаются турбулентные вихри в пристенном слое, увеличивается зона теплопередачи, что интенсифицирует процессы теплообмена. Этот метод позволяет значительно повысить тепловой поток [2];

– увеличение разности температур между теплоносителем и поверхностью материала за счет увеличения температуры теплоносителя. Метод эффективен и широко применяем, хотя возрастающий градиент температур между поверхностным и центральным объемами препятствует движению влаги к поверхности.

– использование вибрации для теплообменных поверхностей. Вибрационные колебания увеличивают теплообмен до 20 % с поверхности при небольших тепловых потоках;

– наложение пульсации давления увеличивает теплоотдачу. Метод предполагает настройку теплообменника на резонансную частоту [3];

– ореберение наружной области трубок. Замена трубопроводов круглого сечения в теплообменном аппарате на витые трубопроводы приведет к увеличению теплообмена и уменьшению массы аппарата. Применение ребер в пучках труб приведет к возрастанию теплообменной поверхности в 20 раз, что позволяет при неизменных размерах функционировать намного эффективнее [4];

– установка механических турбулизирущих вставок. Усиленный теплообмен в трубе можно осуществить за счет вращения потока теплоносителя вокруг продольной оси трубы. Метод считается наиболее простым и эффективным, т.к. вставки никак не влияют на герметичность и надежность работы аппарата [5].

## Источники

1. Пашинский П.Д., Пашинская Д.С. Типы и конструкции современных смесительных теплообменных аппаратов // Актуальные вопросы современной науки и образования: сб. ст. XXVI Междунар. науч.-практ. конф.: в 2 ч. Пенза, 2023. Ч. 1. С. 100–103.

2. Галкин П.А. Применение ультразвука для интенсификации процесса теплообмена в кожухотрубчатом теплообменнике // актуальные проблемы науки и техники – 2015: матер. VIII Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых: в 2 т. Уфа, 2015. Т. 2. С. 140–141.

3. Shuai X., Cheng S., Antonini G. Amelioration du transfert convectif de chaleur par l'écoulement pulse dans un fluide visqueux // The Canadian Journal of Chemical Engineering. 1994. Vol. 72, Iss. 3. Pp. 468–475.

4. Соколова К.С., Ботова А.С. Интенсификация теплообменников // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 92-9. С. 125–127.

5. Олимпиев В.В. Интенсификация теплообмена и энергосбережение: учебное пособие. Казань: КГЭУ, 2006. 181 с.

УДК 66.045.1

# РОЛЬ ТЕПЛООБМЕННИКА НА ТЭЦ

Мухамедзянов Дамир Ринатович[1], Измайлова Евгения Вячеславовна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]damir2002god@mail.ru, [2]evgeniya-izmailova@yandex.ru

Данная работа рассматривает роль теплообменника как ключевого элемента на теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) и его влияние на эффективность процесса теплопередачи. В работе анализируются принципы работы теплообменника, исследуются различные типы теплообменников.

**Ключевые слова:** теплоэлектроцентраль, теплообменник, энергоэффективность, теплоноситель, производство тепла.

# ROLE OF HEAT EXCHANGER IN CHP

Mukhamedzyanov Damir Rinatovich[1], Izmaylova Evgeniya Vyacheslavovna[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1]damir2002god@mail.ru, [2]evgeniya-izmailova@yandex.ru

This work examines the role of the heat exchanger as a key element in a combined heat and power plant (CHP) and its impact on the efficiency of the heat transfer process. The work analyzes the principles of operation of a heat exchanger and examines various types of heat exchangers.

**Keywords:** Combined heat and power plant, heat exchanger, energy efficiency, coolant, heat production.

В современном мире энергетическая эффективность является одним из главных приоритетов в области энергетики. В условиях постоянного роста потребления энергии и ограниченных ресурсов необходимо стремиться к максимальной эффективности использования энергетических систем. Одной из ключевых областей, где энергоэффективность играет решающую роль для жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), является тепловая электростанция (ТЭЦ).

ТЭЦ является одним из самых эффективных и экологически чистых способов генерации энергии, используя при этом тепловую энергию [1]. Они используют различные виды топлива, такие как газ, уголь и нефть, для производства тепла и электроэнергии. Одно из главных преимуществ ТЭЦ – коэффициент полезного действия (КПД), означающий, что большая часть тепловой энергии топлива используется эффективно. Также, благодаря

комбинированному циклу, ТЭЦ может использовать отходящий пар для генерации электричества, что повышает энергетическую эффективность и экологическую устойчивость такого завода [2].

Эффективность работы ТЭЦ непосредственно зависит от работы различных компонентов системы, а одним из ключевых компонентов является теплообменник, который отвечает за передачу тепла между рабочей средой и рабочим телом в процессе генерации энергии. Эффективность работы теплообменника напрямую влияет на общую эффективность ТЭЦ [3].

Теплообменник позволяют эффективно использовать тепловую энергию и повышать энергетическую эффективность процесса производства электроэнергии. В теплообменниках теплоноситель может быть жидким или газообразным. Он улучшают экономические и эксплуатационные характеристики электростанций. Применяя теплообменники с электростанциями, можно подготавливать воду для обеспечения систем отопления и горячего водоснабжения (ГВС) [4].

Эффективны теплообменники для нагрева воздуха в помещениях и на различных производственных линиях. Так же их применяют в различных отраслях: металлургическая промышленность, тепловые пункты, ЖКХ, вентиляционные системы, кондиционирование, на пищевых, химических, атомных предприятиях, в холодильной отрасли и т.д. [5].

На ТЭЦ используются различные типы теплообменников, в зависимости от требуемой задачи и особенностей конкретного процесса. Некоторыми из наиболее распространенных типов теплообменников являются:

1) перегреватель – это теплообменник, в котором тепло передается от высокотемпературной пара к нагреваемой среде, обычно вода. Это позволяет увеличить температуру пара до максимально возможного значения перед его подачей в турбину, что повышает эффективность работы станции;

2) конденсатор – это теплообменник, в котором происходит конденсация отработанного пара, превращая его обратно в жидкость. В процессе конденсации выделяется значительное количество тепла, которое может быть использовано для нагрева воды или других рабочих сред;

3) экономайзер – это теплообменник, который позволяет использовать тепло, содержащееся в отработавших газах, для предварительного нагрева питательной воды. Таким образом, экономайзер повышает эффективность работы станции, снижая потребность в тепле для нагрева воды;

4) рекуператор – это теплообменник, который обеспечивает взаимодействие между двумя потоками с разной температурой с целью передачи тепла от горячего потока к холодному. Рекуператоры широко используются для повышения эффективности работы ТЭЦ путем использования отработавших газов для нагрева воздуха перед сгоранием топлива в котле.

Теплообменники играют неотъемлемую роль на ТЭЦ, позволяя эффективно использовать тепло и повышать общую эффективность работы станции. Они выполняют ряд функций, включая повышение эффективности работы, охлаждение оборудования, регулирование температуры и давления, а также утилизацию отходов. Разработка и оптимизация теплообменников на ТЭЦ является важным аспектом для повышения энергоэффективности и устойчивости энергетического сектора.

## Источники


1. Теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) [Электронный ресурс] // Техническая библиотека. URL: https://neftegaz.ru/tech-library/elektrostantsii/142466-teploelektrotsentral-tets/ (дата обращния: 08.11.2023).
2. Повышение системной эффективности ТЭЦ как фактор перехода к ресурсосберегающей и экологически безопасной энергетике / С.С. Белобородов [др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2021. Т. 13, № 3 (51). С. 135–145.
3. Теплотехника: учеб. / В.Н. Луканин [и др.]; под ред. В. Н. Луканина. – 7-е изд., испр. М.: Высшая школа, 2009. 671 с.
4. Хайбуллина А.И., Зиннатуллин Н.Х., Ильин В.К. Повышение эффективности работы теплообменного оборудования использованием пульсационных методов очистки // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 1. С. 59–67.
5. Теплообменное оборудование [Электронный ресурс] // Армосервис: обслуживание и сервис теплообменного оборудования: сайт. URL: https://armoservis.ru/ (дата обращения: 21.11.2023).

УДК 620.92

# ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Рудич Анна Павловна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
annaselyk6@gmail.com

В статье рассмотрены основные задачи развития энергетических предприятий. Обсуждается проблема ограниченности большинства используемых источников энергии, а также необходимость поиска резерва топливного сырья. Уделяется внимание вопросам безопасности, экологическому влиянию и риску, связанным с ядерной энергией.

**Ключевые слова:** развитие энергопредприятий, атомная энергетика, экономический рост, обеспечение безопасности, ресурсы, энергетический кризис, экологическое влияние.

# THE MAIN TASKS OF THE DEVELOPMENT OF ENERGY ENTERPRISES

Rudich Anna Pavlovna
KSPEU, Kazan
annaselyk6@gmail.com

The article discusses the main tasks of the development of energy enterprises. The problem of the limitations of most of the energy sources used is discussed, as well as the need to find a reserve of fuel raw materials. Attention is paid to safety issues, environmental impact and risk associated with nuclear energy.

**Keywords**: Development of energy enterprises, nuclear energy, economic growth, security, resources, energy crisis, environmental impact.

Развитие энергопредприятий является главным маркером современного индустриального общества. Наличие на территории страны таких глобальных энергогенерирующих объектов как: тепловые, гидро, атомные электростанции, свидетельствуют об прогрессирующем экономическом росте, улучшении качества жизни населения и возможности энергетического экспорта.

Чтобы поддерживать высокий уровень энергопроизводства необходимы определенные объемы ресурсов. К сожалению, на данные момент значительная часть используемых источников энергии является не возобновляемыми и имеют ограниченное количество. Такие сжатые условия приводят к поиску решения проблемы энергетического кризиса 21 века к поиску необходимого запаса топливного сырья [1].

Сегодня наиболее перспективным путем реализации этой проблемы стало развитие надежной, эффективной, атомной промышленности. Энергия атома имеет ряд достоинств перед распространенными традиционными источниками.

Ядерный синтез начинается на атомной электростанции. Поэтому её проектированию уделяется особое внимание. Главное качество, закладываемое при конструировании энергоблоков – это безопасность. Анализ капитальных затрат закладываемых на строительство современных АЭС включает около 25–30 % на безопасность, между тем на ТЭС, использующих углеродное топливо, эта величина не превышает 10 % [2].

Безопасность особый критерий, коррелирующий с ядерной энергией. Это свойство многогранно, энергия атома не оставляет углеродного следа в окружающей среде. В экологическом исследовании отмечается, что в 2000 г. воздушное загрязнение мелкодисперсными частицами (диаметром менее 10 мкм) стало причиной смерти приблизительно 960 тыс. чел. Это число на 30 % связано с выбросами продуктов сгорания, которые образуются при работе мощных тепловых электростанций и попадают в атмосферу [3].

На данный момент ситуация, сложившаяся в ряде передовых стран, отражает огромный потенциал в использовании именно атомной энергии как современной альтернативой углеродным топливам. Однако ее положение недостаточно положительно. Особенностью применения ядерной энергии является объективное ранжирование рисков, связанных как с проектированием станции, так и с ее эксплуатацией. Необходимо следить за компетентностью персонала, взращивать в организациях, предприятиях, связанных с этапами жизненного цикла АЭС- культуру безопасности. Определенные стандарты, меры и правила, направленные на обеспечение безопасности персонала, населения, окружающей среды [4].

На сегодняшний день наука и инженерная практика позволила широко использовать атомную энергию в различных областях деятельности человека, от пищевой до космической. Полувековой опыт правильной эксплуатации АЭС, раскрыл атомную энергию как безопасный, надежный ресурс, готовый дать необходимую базу для многолетнего процветания населения. Как экологичное, чистое топливное сырье, без парниковых газов и выбросов [5]. Прогресс атомной отрасли, обеспечил самый высокий уровень безопасности в ряду других типов глобальной энергогенерации. Энергетические потребности населения прямо пропорционально зависят от уровня жизни, и чем он выше, тем сильнее возрастает потребность в энергии. Поэтому необходимо рационально использовать найденные энергетические ресурсы, и развивать перспективные источники энергии, такие как ядерная энергетика [6].

## Источники

1. Сергеева Д.В., Кондратьев А.Е. Инфракрасная система отопления // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: матер. II Междунар. науч. конф. Сумгаит, 2020. С. 284–287.

2. Gaponenko S.O., Nazarychev S.A., Kondratiev A.E. Determination of informative frequency ranges for buried pipeline location control // Helix. 2018. Vol. 8, Iss. 1. Pp. 2481–2487.

3. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Перспективные методы и методики поиска скрытых каналов, полостей и трубопроводов виброакустическим методом // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2015. № 2 (47). С. 9–13.

4. Acoustic-resonance method for control of the location of hidden hollow objects / S.A. Nazarychev [et al.]. DOI: 10.1088/1742-6596/1328/1/012054 // Journal of Physics: Conference Series: proc. of the Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma During the Deposition of Functional Coatings. Kazan, 2019.

5. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Особенности конструкций реакторов для получения биотоплива // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: матер. II Междунар. науч. конф. Сумгаит, 2020. С. 277–280.

6. Кондратьев А.Е., Алимкулова С.Р. Анализ эффективности внедрения индивидуальных тепловых пунктов в систему теплоснабжения // Энергетика и энергосбережение: теория и практика: сб. матер. IV Всерос. науч.-практ. конф. Кемерово, 2018. С. 142.1-142.2.

УДК 697.341, 004.896

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ КОНТРОЛЯ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Семенчук Анастасия Олеговна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
anastasiasemenchuk796@gmail.com

В статье рассмотрены основные принципы функционирования интеллектуальных систем контроля теплосетей и приведены примеры успешного применения таких систем в мире.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, системы мониторинга, тепловые сети, авария, сбор данных, автоматизация.

# INTELLIGENT WAYS OF CONTROLLING THE OPERATION OF HEAT NETWORKS

Anastasiya Olegovna Semenchuk
KSPEU, Kazan
anastasiasemenchuk796@gmail.com

In this article discusses the basic principles of intelligent control systems of heat networks and provides examples of successful application of such systems in the world.

**Keywords:** artificial intelligence, monitoring systems, heating networks, accident, data collection, automation.

Интеллектуальные системы контроля тепловых сетей – автоматизированные системы мониторинга, предназначенные для оптимизации работы систем отопления и поддержания заданных параметров теплового режима. Они основаны на применении различных алгоритмов и методов обработки данных для эффективного управления теплоснабжением [1].

В 2011 году ГУП «ТЭК СПб» произвело тепловизионную аэрофотосъемку 2212 км тепловых сетей компании в наиболее проблемных частях города. Вследствие чего специалисты выявили и устранили 162 скрытые утечки теплоносителя. Благодаря интеллектуальным методам контроля удалось оперативно принять меры по его ремонту, предотвратив тем самым возможную аварию и прерывание подачи горячей воды и отопления для множества жителей города [2].

Система «Цифровой водоканал», которую разработала российская компания «Русатом Инфраструктурные решения» в 2022 г. помогла предотвратить аварийную ситуацию в системе водоснабжения города Глазова в Удмуртии, вовремя зафиксировав аномалии в расходе воды и подав

сигнал диспетчерским службам. В результате осмотра обозначенного участка ремонтная бригада обнаружила утечку, которая в дальнейшем могла привести к серьезной аварии на трубопроводе [3].

Компания «Алматинские тепловые сети» в течение 2013–2019 гг. увеличила количество приборов учета тепловой энергии почти в 10 раз. По данным компании, последовательная программа автоматизации уже привела к сокращению основных расходов, времени реагирования и устранения повреждений на 10–30 % в год по различным направлениям [4].

Это лишь несколько примеров. В целом же, по итогам отопительного сезона 2022–2023 гг. в России, благодаря Единой системе мониторинга аварий, удалось уменьшить число аварий на объектах ЖКХ на треть [5].

Принципы работы и алгоритмы, на которых строятся интеллектуальные системы контроля тепловых сетей.

1. Моделирование. Для оптимизации работы тепловой сети необходимо создать математические модели, описывающие физические свойства теплоносителя, тепловые потери и другие параметры системы.

2. Мониторинг и сбор данных. Интеллектуальная система контроля тепловой сети должна непрерывно мониторить и собирать данные о состоянии системы. Для этого могут использоваться датчики и счетчики, расположенные в различных точках системы.

3. Анализ данных. Собрав данные, система должна анализировать их для выявления аномалий и прогнозирования будущих изменений. Это может быть реализовано с помощью алгоритмов статистического анализа, машинного обучения и искусственного интеллекта.

4. Принятие решений. На основе анализа данных система должна принимать решения и формировать команды для управления рабочими параметрами тепловой сети. Это может включать регулирование расхода теплоносителя, температуры подачи и обратки, настройку работы котлов и насосов, а также другие параметры, отвечающие за эффективность теплоснабжения.

5. Обратная связь и адаптация. Интеллектуальная система должна быть способна адаптироваться к изменениям внешних условий и требований. Для этого она должна оценивать эффективность своих решений и корректировать свои алгоритмы на основе полученных результатов. Обратная связь от операторов и пользователей также может быть использована для улучшения работы системы [1].

Использование интеллектуальных способов контроля за работой тепловых сетей имеет большой потенциал для улучшения эффективности и надежности систем отопления и теплоснабжения. Реализация внедрения этих методов должна стать приоритетным направлением развития отрасли и позволит снизить энергопотребление, улучшить экологическую эффективность и повысить качество поставки тепла.

## Источники

1. Гапоненко С.О., Фазлиев Р.А., Калинина М.В. Определение теплопотерь с помощью программы ООО «НТП Трубопровод» «Гидросистема» // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2021. Т. 13, № 2 (50). С. 151–160.

2. АСН-инфо: ГУП «ТЭК Спб» устранило 160 прорывов с помощью обследования теплосетей с воздуха [Электронный ресурс]. URL: https://asninfo.ru/news/32374-gup-tek-spb-ustranilo-160-proryvov-s-pomoshchyu-obsledovaniya-teplosetey-s-vozdukha (дата обращения: 03.11.2023).

3. Новая коммунальная реальность: как нейросети помогают развивать ЖКХ // РБК [Электронный ресурс]. URL: https://www.rbc.ru/economics/02/11/2023/653fb0f39a7947d6233d7183 (дата обращения 03.11.2023).

4. Gaponenko S.O., Kondratiev A.E., Shakurova R.Z. Improving the efficiency of energy complexes and heat supply systems using mathematical modeling methods at the operational stage. DOI: 10.1051/e3sconf/201912405029 // E3S Web of Conferences: Proc. of the 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems. Kazan, 2019. Vol. 124.

5. РосКвартал: система мониторинга помогла на треть снизить количество аварий в ЖКХ [Электронный ресурс]. URL: https://roskvartal.ru/news/kommunalnye-uslugi/15038-sistema-monitoringa-pomogla-na-tret-snizit-kolichestvo-avariy-v-zhkh (дата обращения: 01.11.2023).

УДК 004.032.26

# МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПРОТЕЧЕК В ТРУБОПРОВОДЕ

Сидоров Михаил Валерьевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
Sidr7907@gmail.com

Машинное обучение может быть использовано для обнаружения течеискания в трубопроводах. Этот подход основан на анализе данных, собранных с помощью различных сенсоров, таких как датчики давления или уровня воды.

**Ключевые слова:** течеискание, машинное обучение, массив данных, мониторинг, бустинг, дерево моделей.

# MACHINE LEARNING FOR DETECTING LEAKS IN THE PIPELINE

Sidorov Mikhail Valeryevich
KSPEU, Kazan
sidr7907@gmail.com

Machine learning can be used to detect leak detection in pipelines. This approach is based on the analysis of data collected using various sensors, such as pressure or water level sensors.

**Key words:** leak detection, machine learning, data array, monitoring, boosting, model tree.

Алгоритмы машинного обучения могут использоваться для раннего обнаружения утечек и отказов в трубопроводных сетях. К ним относятся алгоритмы обучения с учителем, такие как логистическая регрессия, деревья решений и машины опорных векторов. Также широко используются алгоритмы обучения без учителя, такие как кластеризация $k$-средних и анализ основных компонентов. Кроме того, алгоритмы глубокого обучения, такие как сверточные и рекуррентные нейронные сети, могут показать многообещающие результаты в обнаружении и прогнозировании отказов труб.

Процесс обнаружения течеискания с использованием машинного обучения включает следующие шаги:

1. Сбор данных: для обучения модели необходимо собрать данные о нормальной работе трубопровода и о случаях течеискания. Эти данные могут быть получены с помощью различных сенсоров, установленных на трубопроводе.

2. Предварительная обработка данных: собранные данные должны быть предварительно обработаны, чтобы устранить шумы или аномалии. Это может включать фильтрацию данных или применение других методов обработки сигналов.

3. Обучение модели: на этом этапе используется алгоритм машинного обучения для обучения модели на основе собранных данных. Модель может быть обучена на основе различных методов машинного обучения, таких как нейронные сети, метод опорных векторов или случайный лес.

4. Тестирование и оценка модели: после обучения, модель должна быть протестирована на новых данных, чтобы оценить ее производительность. Это может включать оценку точности, полноты и других важных опорных данных, чтобы определить, насколько хорошо модель обнаруживает течеискания.

5. Использование модели: после успешного тестирования модель может быть развернута для использования в реальных условиях. Это может включать интеграцию модели с системой мониторинга трубопровода или другими системами управления [1, 2].

Преимущества использования машинного обучения [3–5]:

– большая точность: модели машинного обучения могут быть обучены на большом количестве данных и способны обнаруживать даже незначительные изменения, которые могут указывать на протечку;

– способность к постоянному мониторингу: модели машинного обучения могут работать в режиме реального времени и постоянно мониторить трубопроводы на предмет протечек. Это позволяет оперативно реагировать на проблемы и предотвращать возникновение серьезных повреждений;

– независимость от условий окружающей среды: машинное обучение не зависит от условий окружающей среды, в отличие от акустического зондирования. Это означает, что оно может быть эффективным даже в труднодоступных или закрытых пространствах.

Однако машинное обучение также имеет свои ограничения и недостатки [3–5]:

– необходимость большого количества данных: для эффективного обучения модели машинного обучения требуется большое количество данных о протечках и их характеристиках. Это может быть сложно в случае, если протечки являются редкими или необычными событиями;

– зависимость от правильной настройки и обновления моделей: модели машинного обучения требуют правильной настройки и обновления для обеспечения высокой точности обнаружения протечек. Неправильная настройка или устаревшие модели могут привести к неверным результатам или пропуску протечек;

– высокая стоимость разработки и поддержки: разработка и поддержка моделей машинного обучения может быть дорогой. Это включает в себя затраты на обучение моделей, разработку программного обеспечения и обновление моделей по мере необходимости.

## Источники

1. Черкасов Д.Ю., Иванов В.В. Машинное обучение // Наука, техника и образование. 2018. № 5 (46). С. 85–87.

2. Астапов Р.Л., Мухамадеева Р.М. Автоматизация подбора параметров машинного обучения и обучение модели машинного обучения // Актуальные научные исследования в современном мире. 2021. № 5-2 (73). С. 34–37.

3. Саитов С.Р., Карачурин Б.Р., Сидоров М.В. Прогнозирование пиковых часов энергосбытовых компаний, входящих в реестр гарантирующих поставщиков АО «АТС» // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4 (56). С. 59–68.

4. Саитов С.Р., Карачурин Б.Р., Сидоров М.В. Прогнозирование пиковых часов гарантирующих поставщиков, входящих в реестр АО «АТС» // Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование: матер. Междунар. науч.-техн. конф.: в 3 т. Казань, 2023. Т. 1. С. 301–311.

5. Карачурин Б.Р., Сидоров М.В., Саитов С.Р. Анализ данных для прогнозирования пиковых часов с использованием макросов VBA // Матер. XXVI Всерос. аспир.-магистер. науч. семинара, посвященного дню энергетика: в 3 т. Казань, 2023. Т. 2. С. 79–82.

УДК 621.643.8

# АКУСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ПРОТЕЧЕК В ТРУБОПРОВОДЕ

Сидоров Михаил Валерьевич
КГЭУ, г. Казань
Sidr7907@gmail.com

Трубопроводы играют важную роль в поставке жидкостей и газов, но они также подвержены различным видам повреждений, включая утечки. Обнаружение и раннее предотвращение протечек в трубопроводах имеет критическое значение для безопасности, окружающей среды и эффективности операций. Для этой задачи разработаны различные методы и технологии. В статье рассматривается один из них.

**Ключевые слова:** ультразвуковая дефектоскопия, акустическая эмиссия, ультразвуковая волна, протечки, акустическое зондирование, корреляционный анализ.

# ACOUSTIC METHOD FOR DETECTING LEAKS IN THE PIPELINE

Sidorov Mikhail Valeryevich
KSPEU, Kazan
sidr7907@gmail.com

Pipelines play an important role in the supply of liquids and gases, but they are also susceptible to various types of damage, including leaks. Detection and early prevention of leaks in pipelines is critical for safety, the environment and the efficiency of operations. Various methods and technologies have been developed for this task. The article discusses one of them.

**Keywords:** ultrasonic flaw detection, acoustic emission, ultrasonic wave, leaks, acoustic sounding, correlation analysis.

К акустическим методам обнаружения протечек в работающих трубопроводах относятся:

1) акустическое зондирование. Этот метод использует специальное оборудование, такое как акустический зонд или микрофон, для прослушивания звуковых сигналов, которые возникают при протечках. Зонд помещаются вблизи потенциальных мест протечек, и звуковые сигналы передаются на акустический приемник для анализа [1, 2];

2) корреляционный анализ. Этот метод использует два или более микрофона, которые размещаются на разных участках трубопровода или системы (см. рисунок). Затем звуковые сигналы синхронизируются и анализируются для определения временной разницы между ними. Если есть протечка, то звуковой сигнал будет иметь различную временную задержку на каждом микрофоне;



Поиск протечки корреляционным анализом

3) акустическая эмиссия. Этот метод основан на обнаружении ультразвуковых волн, которые возникают при протечках. Специальные датчики или микрофоны устанавливаются на поверхности трубопровода или системы, и затем регистрируются ультразвуковые сигналы, которые могут указывать на наличие протечки [3, 4].

Достоинства акустического зондирования [4, 5]:

– неинвазивность. Акустический метод не требует разрушительного воздействия на систему, так как он основан на прослушивании звуковых сигналов или ультразвуковых волн;

– высокая точность: Акустический метод обладает высокой точностью обнаружения протечек. Звуковые сигналы или ультразвуковые волны могут быть легко идентифицированы и анализированы для определения наличия протечки;

– быстрота. Акустический метод позволяет быстро обнаружить протечку, что позволяет оперативно принять меры по ее устранению и предотвращению возможных повреждений.

Недостатки акустического метода обнаружения протечек трубопровода [6]:

– ограниченность расстояния: Акустический метод может быть ограничен в дальности обнаружения протечек. Звуковые сигналы или ультразвуковые волны могут быть слабыми и не достигать дальних участков системы;

– влияние шумов: Акустический метод может быть подвержен влиянию окружающих шумов, которые могут затруднить обнаружение протечек или искажать результаты анализа;

– зависимость от условий окружающей среды: Акустический метод может быть чувствителен к условиям окружающей среды, таким как влажность, температура и наличие других источников шума, это может повлиять на точность обнаружения протечек.

## Источники

1. Маслов А.А. Акустическая диагностика повреждений трубопроводных сетей // Водоснабжение и санитарная техника. 2023. № 5. С. 31–36.

2. Пырсикова А.Н. диагностика трубопроводов // Россия молодая: сб. матер. VII Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых с международным участием. Кемерово, 2015. С. 717.

3. Способ акустико-эмиссионного контроля и диагностики подземных резервуаров для хранения сжиженного газа: пат. 2139511 Рос. Федерация № 98113372/28; заявл. 06.07.1998; опубл. 10.10.1999.

4. Калинин П.В., Дорофеев А.Е., Горностаев С.И. Диагностирование технологического оборудованияс помощью метода акустической эмиссии // Academy. 2016. № 4 (7). С. 12–14.

5. Leak Diagnosis of Gas Transport Pipelines Based on Hilbert-Huang Transform / Ying Jia [et al.]. // International Conference on Measurement, Information and Control. Harbin, 2012. Vol. 2. Pp. 614–617.

6. Brodetsky I, Savic M. Leak Monitoring System For Gas Pipelines // IEEE International Conference Acoustics, Speech, and Signal Processing. Minneapolis, 1993. Vol. 3. Pp. 17–20.

УДК 621.311

# ЗАМЕНА НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА КИТАЙСКИЕ АНАЛОГИ В ЗДАНИЯХ БМЦТП

Фартушин Вячеслав Юрьевич[1], Ваньков Юрий Витальевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]wot.xut@inbox.ru

В статье рассматривается альтернативный вариант закупки насосного оборудования у китайских производителей, вместо ранее используемых европейских аналогов.

**Ключевые слова:** БМЦТП, насосное оборудование, Сакмарская ТЭЦ, нагрузки, замещение.

# REPLACEMENT OF PUMPING EQUIPMENT WITH CHINESE ANALOGUES IN BMCHP BUILDINGS

Vyacheslav Yurievich Fartushin[1], Yuri Vitalievich Vankov[2]
[1,2]KSPEU, Kazan
[1,2]wot.xut@inbox.ru

The article considers an alternative option for purchasing pumping equipment from Chinese manufacturers, instead of previously used European analogues.

**Keywords:** BMCHP, pumping equipment, Sakmarskaya CHP, loads, substitution.

Теплоснабжение в РФ имеет большое социальное значение. Именно по этой причине происходит постоянное развитие этой отрасли. Внедряются нововведения, о которых ещё 10 лет назад не могли и предполагать.

Нововведением, которое набирает большие обороты в городе Оренбурге, является перевод нагрузок на баланс Сакмарской ТЭЦ. Это стало возможным благодаря строительству полностью автоматизированных зданий блочно-модульных центральных тепловых пунктов. Целью такого технологического решения, является расширение зоны теплоснабжения ТЭЦ, что ведёт к снижению себестоимости производительности тепловой и электрической энергии в комбинированном цикле при переводе на неё тепловой нагрузки локальной котельной, а также повышение надёжности теплоснабжения потребителей [1, 2].

В 2023 году в ПАО «ТПлюс» столкнулись с проблемой удорожания материалов и оборудования на поставляемые узлы зданий ЦТП. С начала года стоимость готового БМЦТП выросла почти в 1,5 раза. Ранее закупаемое оборудование, было европейских производителей. В связи с санкциями некоторые заводы закрылись или подняли стоимость на свои изделия из-за удорожания комплектующих [3].

На данный момент фаворитом по замещению ранее закупаемого европейского оборудования стали Китай и Япония. На китайском рынке можно найти оборудование, подходящее под запросы любой системы теплоснабжения, а стоимость на него будет в 2-3 раза меньше.

Насосное оборудование выросло в цене больше всего. Ранее предпочтение отдавалось только насосам марки Wilo из-за их надежности и простоты в обращение, но их стоимость выросла и, следовательно, себестоимость любого проекта в котором фигурирует насосное оборудование данной марки возрастает. В связи с этим предлагается ознакомиться с рынком Китая и Японии и найти аналоги данных насосов (см. таблицу) [4].

Аналоги циркуляционного насоса Wilo

| | Запрос | Вариант 1 | Вариант 2 |
|---|---|---|---|
| Насос | Wilo Helix V 418-1/16/E/S/400-50 | Ebara EVMS3 21F5 Q1BEG E/2,2 ETM | CNP CDMF3-22LSWSC |
| Цена | 221 000 руб. | 124 537 руб. | 97 093 руб. |
| Расход | 2,8 $м^3$/ч | 2,8 $м^3$/ч | 2,8 $м^3$/ч |
| Напор | 125 м вод. ст. | 125 м вод. ст. | 125 м вод. ст. |
| Материал | Нерж. сталь AISI 304 | Нерж. сталь AISI 304 | Нерж. сталь AISI 304 |
| Материал рабочего колеса | Нерж. сталь 1.4301 | Нерж. сталь AISI 304 | Нерж. сталь AISI 304 |

У закупаемого Китайского оборудования свои плюсы и минусы. Замена оборудования на китайские аналоги на БМЦТЦ может привести к снижению затрат на обслуживание и ремонт оборудования, а также на экономию средств в сметной документации самого объекта.

Однако при замене оборудования на китайские аналоги необходимо учитывать их качество и надежность. Некачественное оборудование может привести к частым поломкам и простоям, что в итоге может выйти дороже, чем использование более дорогих, но более надежных аналогов [5].

Таким образом, замена оборудования на китайские аналоги на БМЦТП может быть выгодной с точки зрения экономии, но требует тщательного анализа качества и надежности оборудования, а также готовности к возможным проблемам с сервисом и ремонтом.

## Источники

1. Современное состояние и перспективы развития теплоснабжения в России // А.С. Некрасов [и др.] // Экономические проблемы энергетического комплекса (семинар А.С. Некрасова): матер. 125-го заседания открытого семинара. М., 2012. С. 4–57.

2. Баканова С.В., Баранов П.О., Сорокин Д.С. Современные блочные тепловые пункты // Проблемы энергосбережения в промышленном и жилищно-коммунальном комплексах: сб. тр. XVIII Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. Т.И. Королёвой. Пенза, 2017. С. 45–48.

3. Тихомиров А.К. Теплоснабжение района города : учеб. пособие. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2006. 135 с.

4. Николаев В.Г. Выбор оптимальных параметров насосного оборудования и способа управления им // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2008. № 1. С. 43–46.

5. Радченко С.А., Сергеев А.Н. Теплотехника и энергетические машины: учеб. пособие. Тула: Изд-во ТулГУ, 2015. 625 с.

УДК 697.34

# СИНЕРГИЯ МЕЖДУ СЕТЯМИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Хусаинова Карина Ленаровна[1], Саитов Станислав Радикович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]k-khusainova04@mail.ru

Совершенствование ветроэнергетики снижает необходимость в ископаемом топливе, но при этом возникают проблемы, связанные с реструктуризацией энергосистемы. Увеличение использования нестабильных возобновляемых источников энергии может привести к проблемам их полной интеграции в распределительную сеть. Целью данной статьи является рассмотрение экономических выгод от использования энергии ветра на базе электрических котлов и теплоаккумуляторов на ТЭЦ, а также анализ синергетического эффекта от объединения различных энергетических сетей.

**Ключевые слова:** теплоснабжение, энергосистемы, электроэнергия, энергетические сети, ветроэнергетика, теплосети.

# SYNERGY BETWEEN HEAT SUPPLY NETWORKS

Khusainova L. Karina[1], Stanislav Radikovich Saitov[2]
KSPEU, Kazan
[1]k-khusainova04@mail.ru

The improvement of wind power reduces the need for fossil fuels, but at the same time there are problems associated with the restructuring of the energy system. An increase in the use of unstable renewable energy sources may lead to problems associated with their full integration into the distribution network. The purpose of this article is to consider the economic benefits of using wind energy based on electric boilers and heat accumulators at thermal power plants, as well as to analyze the synergetic effect of combining various energy networks.

**Keywords:** heat supply, power systems, electricity, power grids, wind energy, heating networks.

За прошедшие несколько лет применение технологий возобновляемых источников энергии значительно увеличилось и продолжит расти в ближайшем будущем [1]. Ключевой недостаток использования такой энергии – сложность согласования производства энергии со спросом.

Существует ряд решений, которые могут быть приняты для удовлетворения производственных потребностей и спроса на электроэнергию. Например, использование систем хранения электроэнергии, таких как гидроаккумуляторы, электрические батареи и накопители энергии на сжатом воздухе. Эти технологии более гибко удовлетворяют спрос на электроэнергию, а значит, его легче покрыть за счет производства возобновляемых источников энергии (ВИЭ) [2].

Основными задачами систем управления теплоснабжения объектов коммунальной энергетики являются:

1) надежное снабжение потребителей необходимым количеством тепловой энергии с определенными качественными показателями;

2) минимизация затрат на выработку и передачу этой тепловой энергии.

Первая задача осуществляется с помощью увязки графиков подачи с графиками нагрузки посредством системы теплообменных аппаратов.

Вторая – при помощи планирования изменения нагрузки и снижения потерь при передаче тепловой энергии [3].

Синергия между различными энергетическими сетями может быть достигнута путем использования таких технологий, как преобразование электроэнергии в тепло, в которых в основном используются тепловые насосы или электрические нагреватели сопротивления, традиционные комбинированные теплоэлектростанции.

Авторами исследования [4] предлагается использование для ТЭЦ синергетического механизма работы электрического котла и теплоаккумулятора с учетом ветроэнергетики. Когда нагрузки велики, и мощности ветра недостаточно, ТЭЦ использует накопленную теплоаккумуляторами энергию.

Спрос на электроэнергию считается удовлетворённым, когда он достигается за счет электроэнергии, производимой ВИЭ. Когда энергия ВИЭ ниже спроса в электроэнергии, используется энергия, накопленная в электрических батареях. Максимальная мощность разряда накопителей устанавливается в соответствии с их характеристиками. Если же спрос не удовлетворяется при использовании накопленной энергии, то включается система ТЭЦ. А если образуется избыток электроэнергии, т. е. энергия, производимая ВИЭ, превышает спрос, то электроэнергия сохраняется в батареях. Но такое распределение избыточной возобновляемой энергии достаточно сложный механизм.

Выделяют два типа потребителей: первый представляет собой потребителей, подключённых к сети централизованного теплоснабжения, а второй относится к местным потребителям, не подключенных к централизованному отоплению. Потребность в тепле последних должна удовлетворяться с помощью локальных систем преобразования электроэнергии в тепло и газовых котлов.

Таким образом, применение синергетического подхода позволит более эффективно реализовать возможности ВИЭ в сетях тепло и электроснабжения, снизить расход ископаемого топлива на производство тепловой и электрической энергии.

## Источники

1. Badami M., Fambri G. Optimising energy flows and synergies between energy networks // Energy. 2019. Vol. 173. Pp. 400–412.

2. Techno-economic and environmental assessment of stationary electricity storage technologies for different time scales / A. Abdon [et al.] // Energy. 2017. Vol. 139. Pp. 1173–1187.

3. Прохоренков А.М. Оптимизация режимов работы систем теплоснабжения объектов коммунальной энергетики // Фундаментальные исследования. 2012. № 9-3. С. 672–677.

4. Li-guo Fan. Research on Effect of Wind Power Accommodation by Synergistic Operation Based on Electric Boiler and Heat Accumulator [Электронный ресурс] // International Conference on Electrical Engineering and Automation. 2016. URL: https://dpi-journals.com/index.php/dtetr/article/view/6679 (дата обращения: 17.11.2023).

УДК 620.91

# ТРАДИЦИОННЫЕ СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Чибирев Антон Алексеевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
antonchibirev2002@mail.ru

Традиционные способы производства тепловой энергии играют ключевую роль в обеспечении энергетической потребности человечества в ЖКХ. С течением времени и с развитием технологий появляются новые методы, но старые, проверенные временем способы все еще остаются востребованными.

**Ключевые слова:** тепловая энергия, ядерная энергия, солнечная энергия, геотермальная энергия, уголь, газ.

# TRADITIONAL METHODS OF HEAT ENERGY PRODUCTION

Chibirev Anton Alekseevich
KSPEU, Kazan
antonchibirev2002@mail.ru

Traditional methods of heat energy production play a key role in meeting the energy needs of humanity in housing and communal services. With the passage of time and the development of technology, new methods appear, but old, time-tested methods are still in demand.

**Key words:** thermal energy, nuclear energy, solar energy, geothermal energy, coal, gas.

Тепловая энергетика является одним из основных способов получения энергии, используемой в различных отраслях промышленности и бытового потребления. Она обеспечивает нагрев воды для отопления зданий, процессы промышленного производства и генерацию электричества [1].

Существует несколько традиционных способов производства тепловой энергии, которые используются уже десятилетиями.

Один из наиболее распространенных способов производства тепловой энергии – это сжигание угля или природного газа в котлах. Этот метод является одним из самых дешевых и доступных, поэтому он широко использовался на протяжении многих веков. С помощью сжигания угля или газа вырабатывается большое количество тепла, которое затем передается системам отопления или использовано для генерации пара для двигателей и турбин.

Другим хорошо известным способом производства тепловой энергии является использование ядерной энергии. Ядерные реакторы работают на основе деления атомных ядер, что позволяет высвобождать большое количество энергии. Этот метод обладает высокой эффективностью и не производит выбросов парниковых газов.

Солнечная энергия также может быть использована для производства тепла. Солнечные коллекторы поглощают солнечное излучение и превращают его в тепловую энергию, которая затем используется для отопления или ГВС. Этот метод экологически чистый и бесплатный [2].

Еще одним традиционным способом производства тепловой энергии является использование геотермальной энергии. Геотермальные системы используют тепло, которое накапливается в земле, для обогрева или генерации пара. Этот метод экологически чистый и стабильный, так как температура внутри Земли остается постоянной на больших глубинах [3].

У традиционных способах производства тепловой энергии есть как недостатки, так и преимущества.

Одним из главных преимуществ традиционных способов производства тепловой энергии является высокая стабильность и доступность данных методов. Уголь и природный газ являются широко распространенными ресурсами, которые можно добыть в различных частях мира. Это обеспечивает стабильное снабжение этими видами топлива для производства энергии.

Еще одним преимуществом является относительная дешевизна установки для использования данных видов топлива. Строительство угольных или газовых электростанций может быть более экономически выгодным по сравнению с альтернативными источниками энергии, такими как солнечные батареи, ветряные турбины или биогаз [4].

Также следует отметить, что традиционные способы производства тепловой энергии имеют высокий КПД и могут обеспечивать большие объемы энергии. Это делает их привлекательными для использования в крупных промышленных объектах и городах с высоким спросом на электроэнергию.

Однако у данных способов производства тепловой энергии есть и недостатки. Один из главных недостатков – это высокий уровень выбросов вредных веществ в атмосферу при сжигании топлива. Угольные электростанции являются основными источниками выбросов парниковых газов, что приводит к загрязнению окружающей среды и изменению климата.

В заключение можно отметить, что традиционные способы производства тепловой энергии обеспечивают стабильное снабжение энергией по доступным ценам, однако они также негативно влияют на окружающую

среду, и они не являются устойчивыми в долгосрочной перспективе. Поэтому необходимо искать альтернативные источники энергии, которые будут более экологически чистыми и устойчивыми [5].

## Источники

1. Горбунов К.Г., Кондратьев А.Е. Законодательные проблемы теплоэнергетики // Научному прогрессу – творчество молодых. 2019. № 2. С. 111–113.

2. Макуева Д.А., Шайхутдинов Я.О., Кондратьев А.Е. Перспективы использования солнечных коллекторов в Республике Татарстан // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VII Нац. науч.-практ. конф. Казань, 2022. С. 711–713.

3. Шарафисламова Э.А., Кондратьев А.Е. Совместная работа теплового насоса с ветрогенератором малой мощности // Научному прогрессу – творчество молодых. 2016. № 2. С. 256–258.

4. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Особенности конструкций реакторов для получения биотоплива // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: матер. II Междунар. науч. конф. Сумгаит, 2020. С. 277–280.

5. Сергеева Д.В., Кондратьев А.Е. Инфракрасная система отопления // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: матер. II Междунар. науч. конф. Сумгаит, 2020. С. 284–287.

УДК 620.192

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВИБРАЦИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ

Якупова Инна Дмитриевна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
26764@mail.ru

Энергетические трубопроводы выполняют перемещение теплоносителя от места выработки тепловой энергии до потребителя и повсеместно применяются в системе теплоснабжения ЖКХ. В статье рассмотрены результаты работ по экспериментальному исследованию вибрационных колебаний трубопроводов.

**Ключевые слова**: энергетические трубопроводы, диагностика, техническое состояние, вибрационные колебания, датчик, дефект.

# EXPERIMENTAL SETUP FOR MEASURING VIBRATION VIBRATIONS OF PIPELINES

Yakupova Inna Dmitrievna
KSPEU, Kazan
26764@mail.ru

Energy pipelines are designed to deliver the heat carrier from the source to the consumer and are widely used in the heat supply system of housing and communal services. The article presents materials on the experimental study of vibration vibrations of pipelines.

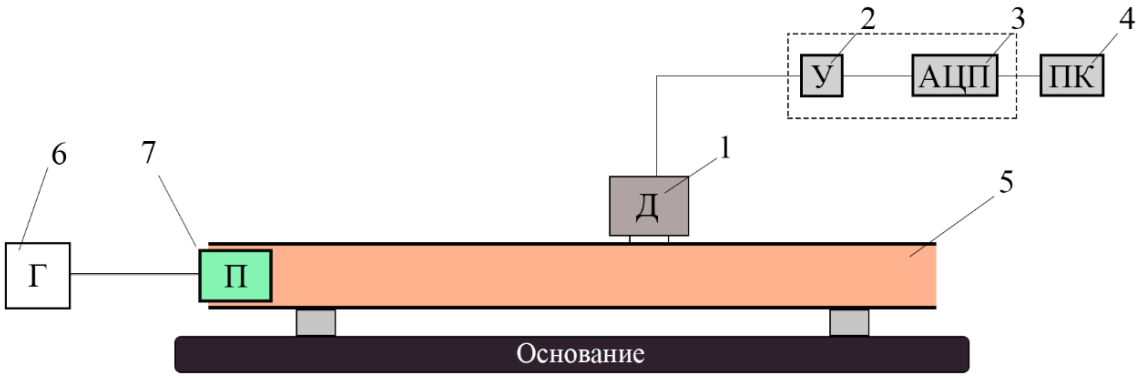
**Key words**: energy pipelines, diagnostics, technical condition, vibration vibrations, sensor, defect.

Надежность энергетических трубопроводов является приоритетной задачей в нефтегазодобывающей отрасли. Техническая диагностика трубопроводов позволяет решать эту задачу, для чего необходимо своевременно и грамотно проводить неразрушающий контроль.

Среди различного множества методов технической диагностики особо можно выделить метод колебаний, позволяющий с минимальными затратами оценить техническое состояние трубопроводов.

При применении метода колебаний производится оценка параметров как свободных, так и вынужденных колебаний объекта, таким образом, метод колебаний подразделяется на несколько индивидуальных методов, в работе будет рассмотрено применение вынужденных колебаний на резонансной частоте. Таким образом получена возможность исследовать зависимость резонансных колебаний оболочки трубопровода по его длине от наличия или отсутствия бракованных участков [1].

Для реализации экспериментальной части работы применялась разработанная экспериментальная установка, блок-схема которой показана на рисунке.




Экспериментальная установка для исследования вибрационных колебаний в трубопроводе: *1* – пьезоэлектрический датчик; *2* – усилитель; *3* – аналогово-цифровой преобразователь; *4* – персональный компьютер; *5* – исследуемый трубопровод; *6* – генератор низких частот; *7* – пьезоэлектрический вибропреобразователь

В качестве объекта исследования использовалась стеклопластиковая труба диаметром 63 мм. Трубопровод *5* свободно укладывается на опоры основания, в нем с помощью пьезоэлектрического преобразователя *7* возбуждаются вынужденные колебания, частота которых регулируется генератором низких частот *6*. При этом происходит колебание стенок трубопровода на этой частоте. Измерения параметров колебаний происходи с применением пьезоэлектрического датчика *1*, вибросигнал с которого усиливается в усилителе *2* и преобразованный в АЦП *3* поступает в компьютер *4*. Здесь производится запись сигнала с возможностью последующей обработки [2].

Регистрация полезного сигнала проводились с применением прецизионного пьезоэлектрического датчика KD-35.

При проведении экспериментов проводилась подготовка, настройка и регулировка применяемых в экспериментальной установке аппаратуры и вспомогательного оборудования: датчиков и преобразователей колебаний. Калибровка пьезометрического датчика KD-35 проводилась на специальном вибрационном стенде для калибровки пьезоэлектрических датчиков [3].

В стенках трубы генерировались вынужденные колебания, имеющие частоту 4926 Гц. Сканирование поверхности стеклопластиковой трубы производилось с шагом 10 мм. В каждой точке производилось измерение

амплитуды колебаний поверхности трубы. В зоне дефекта происходило уменьшение амплитуды вследствие диссипации энергетической составляющей колебания из-за неоднородности материала [4].

## Источники


1. Gaponenko S.O., Kondratiev A.E. Device for Calibration of Piezoelectric Sensors. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.10.451 // Proc. of the International Conference on Industrial Engineering. Saint-Petersburg 2017. Pp. 146–150.

2. Установка для калибровки пьезоэлектрических датчиков / С.О. Гапоненко [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2016. № 7-8. С. 79–86.

3. Acoustic-resonance method for control of the location of hidden hollow objects / S.A. Nazarychev [et al.]. DOI: 10.1088/1742-6596/1328/1/012054 // Journal of Physics: Conference Series: Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma During the Deposition of Functional Coatings. Kazan, 2019. Vol. 1328.

4. Gaponenko S.O., Kondratiev A.E., Zagretdinov A.R. Low-frequency Vibro-acoustic Method of Determination of the Location of the Hidden Canals and Pipelines. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.312 // Proc. of the 2nd International Conference on Industrial Engineering. Chelyabinsk, 2016. Pp. 2321–2326.

УДК 620.192

# АНАЛИЗ ВИБРАЦИОНЫХ КОЛЕБАНИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ТРУБОПРОВОДА

Якупова Инна Дмитриевна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
26764@mail.ru

Динамическая нагрузка трубопроводов при подаче теплоносителя определяется режимами его работы. Рассматриваются вопросы снижения уровня вибрации и шума, возникающих при подаче теплоносителя за счет изменения геометрии трубопровода.

**Ключевые слова**: трубопровод, теплоноситель, вибрация, частота, запорная арматура, надежность.

# VIBRATION VIBRATION ANALYSIS OF A POWER PIPELINE

Yakupova Inna Dmitrievna
KSPEU, Kazan
26764@mail.ru

The dynamic load of pipelines during the supply of the coolant is determined by the modes of its operation. The issues of reducing the level of vibration and noise arising during the supply of the coolant by changing the geometry of the pipeline are considered.

**Key words**: pipeline, coolant, vibration, frequency, shut-off valves, reliability.

Поток жидкости, протекающий в трубопроводе, в результате неравномерности подачи и колебания расхода создает нестабильный скоростной режим и пульсации давления, что способствует появлению целого ряда явлений, отрицательно влияющих как на сам трубопровод, так и на энергетическую установку в целом. Одним из таких явлений является вибрация стенок трубопровода, что приводит к преждевременному разрушению как самого трубопровода, так и трубных обвязок [1].

Своевременный анализ параметров вынужденных колебаний трубопровода, возникающих при вибрации, позволяет рассчитывать и впоследствии учитывать эти значения для избежания возникновения нежелательных динамических усилий как на протяжении всего трубопровода, так и на его узлах. Большое внимание необходимо уделять местам расположения запорной и регулирующей аппаратуры, стыковое сварное или резьбовое соединение которой является заведомо слабым звеном, особо чувствительным к повышенной амплитуде вибрации и резонансным частотам колебаний.

Для анализа параметров вибрационных колебаний определяется частотный спектр, позволяющий анализировать соотношение амплитуды колебаний на различных частотах. Исследование динамической модели колебания трубопровода, особенно в местах стыка или соединения с арматурой позволит заблаговременно выявить слабые места и обеспечить повышение их надежности [2].

Работа арматуры трубопровода неразрывно связана с динамическим воздействием потока теплоносителя в проточной части. Именно в этом случае возникают нежелательные вибрации и шумы как гидродинамические в жидкости, так и акустические в воздушной среде. Известно, что наиболее интенсивное изменение вибрации и шума происходит при изменении положения арматурных элементов, изменяющие динамическую составляющую потока. Особо нежелательны такие явления, как импульсный режим работы, который приводит к скорому выходу арматуры из строя за счет резкого изменения динамических воздействий потока на неподвижные стенки коммуникации [3].

Повышенные вибрации системы паропроводов или трубопроводов способны приводить к различным повреждениям, таким как появление свищей, обрывы вспомогательных трубопроводов обвязки арматуры, а также многократное снижение циклической прочности главных трубопроводов и повышение вероятности их усталостного разрушения. Спектральный анализ вибрационных колебаний носит также и прикладной характер при оценке технического состояния трубопроводов. Здесь необходимо отметить, знание динамической модели колебаний значительно упрощает и проблему поиска искомого трубопровода по его вибрационной картине или акустическому полю. Целесообразно на заведомо исправном оборудовании составить картину акустических полей при разных режимах работы. Особенно это актуально при затрудненно доступе к коммуникациям или нахождении их в закрытых коробах [4].

Изменение геометрии системы трубопроводов меняет частоты собственных колебаний петель трубопроводов, для предотвращения возникновения резонанса в необходимых установленных режимах работы, значения частот собственных колебаний трубопроводов или паропроводов должны не совпадать с возбуждающими частотами рабочей среды более чем на 10 %. Данный критерий был применён при реконструкции трубопроводной обвязки ТХ50-80 для подводящих трубопроводов к S04 и S05 на первом энергоблоке Волгодонской АЭС. Проведённые мероприятия по изменению геометрии двух трубопроводов позволили снизить значения среднеквадратичного значения виброскоростей на трубопроводах до приемлемых, что значительно снизило риск разгерметизации.

## Источники

1. Acoustic-resonance method for control of the location of hidden hollow objects / S.A. Nazarychev [et al.]. DOI: 10.1088/1742-6596/1328/1/012054 // Journal of Physics: Conference Series: Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma During the Deposition of Functional Coatings. Kazan, 2019. Vol. 1328.

2. Gaponenko S.O., Kondratiev A.E., Zagretdinov A.R. Low-frequency Vibro-acoustic Method of Determination of the Location of the Hidden Canals and Pipelines. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.312 // Proc. of the 2nd International Conference on Industrial Engineering. Chelyabinsk, 2016. Pp. 2321–2326.

3. Горбунов К.Г., Кондратьев А.Е. Законодательные проблемы теплоэнергетики // Научному прогрессу – творчество молодых. 2019. № 2. С. 111–113.

4. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Перспективные методы и методики поиска скрытых каналов, полостей и трубопроводов виброакустическим методом // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2015. № 2 (47). С. 9–13.

## СОДЕРЖАНИЕ

## Направление 1. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТАМИ МЕХАТРОННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ТЭК И ЖКХ

*Абдурасулов Ш.А., Корнилов В.Ю.* Разработка многофункционального безэкипажного катера – инновации на службе безопасности и эффективности ..... 3

*Абдурашитов С.Ф.* Использование метода свободных колебаний и лазерных технологий для диагностики технического состояния изоляторов ..... 5

*Арсланов А.Д., Козелков О.В., Кашаев Р.С.* Разработка системы управления и контроля проточного ПМР-анализатора ..... 9

*Баиуа Д.Л., Кашаев Р.С., Тарасов И.О.* Система защиты и мониторинга переменного напряжения ..... 12

*Валеев А.А.* Разработка модуля цифрового управления системой потолочных подъемников ..... 15

*Габдрахманов Ф.Ф., Малев Н.А.* Оптимизация управления мехатронными системами железнодорожного транспорта ..... 18

*Галяутдинова А.В., Малёв Н.А.* Разработка микроконтроллерного кондуктометрического датчика влажности ..... 20

*Гильмутдинов Р.Р., Саитов С.Р.* Лабиринтные уплотнители ГТД: проблемы и решения ..... 22

*Гильмутдинова Р.И., Попкова О.С.* Разработка устройства с сепарационными элементами ..... 25

*Гонзалез Х.Р.С., Малёв Н.А.* Особенности управления асинхронным сервоприводом электромеханических мехатронных систем ..... 28

*Дуанла Ч.И., Козелков О.В.* Исследование и разработка пожарного робота для эффективного тушения пожаров ..... 31

*Еранов И.М., Будникова И.К.* Мониторинг загрязнений воздушного бассейна предприятиями топливно-энергетического комплекса ..... 33

*Зараев А.В., Ломакин И.В.* Анализ и сравнение алгоритмов управления лазающими роботами на опорах линий электропередач ..... 36

*Ишмуратов Э.А., Мухаметгалеев Т.Х., Львова Т.Н.* Внедрение нейронных сетей в системы обеспечения безопасности учебных заведений ..... 39

*Кордияк Г.В., Козелков О.В.* Постановка задачи разработки робота для картографирования местности на базе стереокамеры ..... 42

*Куликов Р.В., Малёв Н.А.* Особенности адаптивного управления мехатронными системами ..... 45

*Кучкарова М.Р., Никифоров И.В.* Экспериментальная установка для исследования процессов переноса при импульсном воздействии на поток ..... 48

*Ломакин И.В., Шабаева Р.Р., Ахметзянов И.И.* Обзор автоматических каналов контроля и управления параметрами микроклимата в теплицах ..... 51

*Лысов Ф.Д., Саитов С.Р.* Влияние числа Маха на характеристики двухступенчатого компрессора ..... 55

*Магамадов П.Э., Козелков О.В.* Модернизация прибора контроля качества технических жидкостей в нефтедобывающей отрасли ..... 57

*Макунев Т.Ф., Козелков О.В.* Ультразвуковой метод идентификации и анализа газа ..... 60

*Миннегулов Р.Н., Кашаев Р.С.* Краткий обзор разработки и моделирования системы «Умный дом» с использованием платформы Arduino ..... 62

*Миняев Н.М., Мухаметгалеев Т.Х.* Исследование и анализ возможностей использования различных моделей высокотемпературного реактора ..... 66

*Монтиэль К.К.Л., Малёв Н.А.* Особенности функционирования синхронных серводвигателей электромеханических мехатронных систем ..... 69

*Мустафин Т.А., Малёв Н.А.* Расчет и исследование мехатронной системы установки наведения с учетом упругих связей ..... 72

*Мухмадияров И.Т., Малёв Н.А.* Расчет и исследование позиционной мехатронной системы с электродвигателем последовательного возбуждения ..... 75

*Мухаметзянов И.И.* Применение фреймворков в web-разработке для реализации проектов VR ..... 77

*Мухаметшин С.М., Ломакин И.В.* Программное обеспечение робота для аэрации и измерения кислорода в воде для промышленных сельскохозяйственных насосов ..... 80

*Нгуен Д.А., Кашаев Р.С., Козелков О.В., Чан В.Т.* Исследования по разработке оборудования для формирования последовательности импульсов для ПМР-релаксометров ..... 82

*Овсеенко Г.А., Кашаев Р.С., Козелков О.В.* Работа мехатронного комплекса на основе нейронной сети при измерении физико-химических параметров ..... 86

*Салимов Р.Р.* Применение облегчённых криптоалгоритмов для интернета вещей ..... 90

*Салимов Р.Р.* Обзор и анализ конструкторов мобильных приложений ..... 93

*Соколов К.А., Черкасов А.С., Закиров Р.Н.* Перспективы отечественного газотурбинного строения на фоне экономических санкций в отношении РФ со стороны недружественных стран ..... 96

*Столяров И.С., Филимонова Т.К.* Автоматизация процесса обработки заказов по сборке электрораспределительных устройств ..... 99

*Тарасов И.О., Кашаев Р.С., Баиуа Д.Л.* Использование пневмоники для создания процессоров вычислительных устройств ..... 102

*Терентьев С.А.* Методы управления летающим тренажёром..... 104

*Хайрутдинов А.М., Сироткина Л.В.* Проектирование электролизной установки для получения зеленого водорода ..... 109

*Чан Ван Тунг.* РЧ-усилитель класса д для датчика ПМР 20 МГц ..... 112

*Шарафутдинов Г.Э.* Системное построение программно-аппаратного обеспечения управления мобильным роботом ..... 119

## Направление 2. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТЭК и ЖКХ

*Абдулхай Ахмед Мохаммед Ибрахим, Малёв Н.А.* Моделирование мехатронной системы управления поворотного стола с нелинейностью типа «Мёртвая зона»..... 122

*Аклан Омар Мохтар Абдулджаббар, Малёв Н.А.* Исследование динамических характеристик грузоподъёмного механизма с учётом люфта механической передачи ..... 126

*Али Мустафа Абдулкави Мохсен, Малёв Н.А.* Анализ влияния трения на динамические характеристики мехатронного модуля перемещения груза ..... 130

*Алигулиева Х.В., Зверев В.Н., Абдуллаев Н.А.* Упорядочение спинов магнитных атомов в твёрдом растворе $Bi_{0.9}Sb_{0.1}$, легированных Mn..... 134

*Алишев Л.Г., Мухаметгалеев Т.Х.* Модернизация электропривода траволатора SJEC FEW ..... 138

*Аль-Хемьяри Одаи Таха Мохаммед, Малёв Н.А.* Анализ динамических режимов электромеханической системы подачи заготовок с учётом насыщения усилителя ..... 141

*Батухтин С.Г., Лобанов Н.Р., Кузютин К.А., Рудой В.И., Днепровский Д.В.* Организация системы круглосуточного мониторинга параметров солнечных панелей ..... 145

*Белкова Д.Н.* Митационное моделирование автономного энергорайона с ГТУ и нелинейной нагрузкой в MatLab Simulink ..... 148

*Васильев И.А., Петрова М.В.* Исследование и параметрический анализ электроприводов средств малой механизации в ЖКХ..... 151

*Гаджибалаев Н.М.* Прогнозирование использования альтернативной энергетики и тепловой энергии на освобожденных территориях..... 154

*Гайсин Д.М., Мухаметгалеев Т.Х.* Проектирование электропривода шредера по измельчению платмассы ..... 158

*Гатауллин А.А., Мухаметгалеев Т.Х.* Модернизация электропривода аппарата воздушного охлаждения АВГ-20-Ж-6,3-Б3-В2Т/4-2-8 ..... 161

*Гусейнов Т.К., Гадирова Т.Т.* Нечеткая система автоматической настройки электромагнитной системы возбуждения вибрационно-частотного плотномера жидкости ..... 165

*Занина В.В., Будникова И.К.* Статистический анализ отдельных задач декарбонизации в электроэнергетике Татарстана ..... 168

*Ившина П.П., Цветков А.Н.* Контроль параметров системы быстрой зарядки электрического транспорта ..... 172

*Камалиев И.И., Мухаметгалеев Т.Х.* Внедрение современной элементной базы в информационную систему учета расхода и давления тепловой системы городского хозяйства..... 176

*Карипов Р.М., Артамонова Е.В.* Цифровизация в энергетике: смарт-сети и управление энергопотреблением..... 178

*Крылов Г.А., Старостина Я.К., Гаврилова С.В.* Описание модифицированной системы автоматического управления отопительной газовой котельной..... 181

*Ксенофонтов Р.А., Харитонов К.Ю., Артамонова Е.В.* Повышение эффективности извлечения компонентов нефти из сточных вод ..... 184

*Кудряшов М.В., Артамонова Е.В.* Применение искусственных нейронных сетей для предиктивной аналитики состояния электрооборудования по данным мониторинга..... 187

*Кузеев Д.Р., Якупов Н.М., Галиева Т.Г.* Разработка схемы для платы модуля цифровой индикации..... 190

*Кузин С.С., Тумаева Е.В.* Определение коэффициента загрузки асинхронных двигателей при повышении эффективности электропотребления электротехнического комплекса ..... 193

*Куличихин Д.В., Мухаметгалеев Т.Х.* Разработка и исследование элементов металлоискателя для поиска подземных кабелей ..... 196

*Лесниченко И.Н.* Развитие зеленой энергетики России в промышленных регионах на примере Свердловской области ..... 199

*Львова Т.Н., Мухаметгалеев Т.Х.* Преобразователи частоты Sputnik Vemax для автоматизации технологических процессов ..... 202

*Одозиободо И.Б., Мухаметгалеев Т.Х.* Управление рекуперативным торможением в электромобилях ..... 205

*Осипов Д.А.* Разработка систем бесперебойного питания: технологии и перспективы ..... 208

*Петров Т.И.* Выбор современного программного обеспечения для моделирования и расчета параметров синхронного двигателя с постоянными магнитами ..... 211

*Петров А.Р.* Анализ показателей надежности контакторов низковольтных сетей ..... 214

*Петрова Р.М.* Оценка надежности схем электроснабжения промышленных предприятий 0,4 кВ ..... 217

*Постников Е.В., Ломакин И.В.* Обоснование создания робота для поиска утечек из трубопроводов природного газа ..... 221

*Садриев Р.Р., Кушакова А.И., Зарипова Р.С.* Применение искусственного интеллекта для оптимизации энергопотребления в многоквартирных домах ..... 223

*Салимов Р.Р., Зарипова Р.С.* Криптографические протоколы в сетях интернета вещей ..... 226

*Самойлов П.Н., Шарипов И.И.* Моделирование подсистем АСУТП в среде динамического моделирования технической системы Simintech ..... 229

*Сафонов А.Ш., Мифтахова Н.К.* Анализ емкостного эффекта в системах электроснабжения ..... 232

*Славкина К.А., Шарипов И.И.* Моделирование и имитационное моделирование ..... 235

*Султанов Э.Ф., Мамедов Э.М., Исмаилов С.С.* Анализ характеристик, частотных преобразователей на базе инвертора тока, применяемых в гребных электрических установках большой мощности ..... 238

*Талыфлы А.Ф., Алигулиева Х.В.* AB INITIO и экспериментальное исследование колебательных свойств полупроводникового соединения свойств $In_2Se_3$ ..... 245

*Толочманова М.А., Валиуллина Д.М.* Качество электроэнергии в системе электроснабжения ..... 248

*Файзрахманов Р.Р., Артамонова Е.В.* Схема автоматического управления для повышения взрывопожаробезопасности на элеваторе ..... 251

*Хасанов Т.А, Мифтахова Н.К.* Неразрушающие методы диагностики кабельной линии ..... 254

*Холопов Д.В., Савенко А.Е.* Исследование спектра напряжения тяговых подстанций электротранспорта города ..... 257

*Цветкова А.А.* Технико-экономический расчет параметров вентиляционной системы с учетом внедрения элементов автоматизации ..... 260

*Цветкова А.А.* Анализ методов инкубации перепелов с использованием элементов автоматизации ..... 264

*Чербунов В.А., Мухаметгалеев Т.Х.* Модернизация электропривода бетоносмесителя СБ-8 ..... 267

## Направление 3. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЭК И ЖКХ

*Абдуллина А.А., Зинуров В.Э.* Использование нового сепарационного устройства в вентиляционных системах ..... 270

*Агзамова А.Т., Гущина Н.В., Козлова Е.А., Саитов С.Р.* Применение машинного обучения в задачах мультиклассовой классификации ..... 274

*Азнабаева А.А., Саитов С.Р.* Оптимальное распределение генерирующих мощностей в сетях газо/электро/теплоснабжения ..... 277

*Азнабаева А.А., Беленкова Д.А., Черкасов А.С., Закиров Р.Н.* Современное состояние и перспективы развития термоядерных энергетических установок ..... 280

*Анпилогов Л.Д., Саитов С.Р.* Перспективные материалы для теплоизоляции тепловых сетей ..... 283

*Анцырев А.А., Станислав Р.С.* Акустические зонды для измерения пульсаций давления по тракту газотурбинных двигателей ..... 286

*Асадуллин Л.В., Бабиков О.Е.* Методы уменьшения выбросов оксидов азота на ТЭС ..... 289

*Вагапов В.В., Бабиков О.Е.* Современные технологии охлаждения лопаток газовых турбин ..... 292

*Галиев И.Р., Саитов С.Р.* Технологии теплопередачи для охлаждения лопаток ГТД ..... 295

*Галяутдинов И.И., Опарина Т.А.* Сохранение актуальности вопроса использования золошлаковых отходов, образующихся на ТЭЦ ..... 298

*Галяутдинов Р.М., Саитов С.Р.* Обзор схемных решений газоперекачивающих станций с ГТД ..... 301

*Гареев А.Ю., Саитов С.Р.* Теплообменники в составе газотурбинных установок ..... 304

*Гарифов Р.И., Зарипова Р.С.* Блокчейн в сфере ЖКХ: перспективы и риски ..... 306

*Гимадиева Р.Ф., Шарипов И.И.* Внедрение аддитивных технологий и технологий искусственного интеллекта в образовательный процесс ..... 309

*Даминов Р.Р., Хисамиев Б.Р.* Применение bim-технологий на базе Renga для моделирования систем вентиляции зданий ..... 312

*Жалмаганбетова С.Т., Шарипов И.И.* Применение аддитивных технологий в ТЭК ..... 315

*Зайнуллина Г.А., Бабиков О.Е.* Применение сильнокислотных и слабокислотных катионитов в ионообменных технологиях водоподготовки на ТЭС ..... 318

*Ильясов И.А., Бабиков О.Е.* Система маслоснабжения турбин атомных электрических станций ..... 321

*Калимуллин И.Ф., Бабиков О.Е.* Материалы, применяемые при изготовлении лопастей ветряных электрических станций ..... 324

*Камалиева Р.Ф., Филимонова А.А.* Анализ методов очистки конденсата от аминосодержащих соединений ..... 327

*Камалиева Р.Ф., Власова А.Ю., Филимонова А.А.* Технология озонирования как способ очистки питьевой воды в теплоэнергетике ..... 330

*Карпов Д.Ф., Павлов М.В.* Обследование объектов жилищно-коммунального комплекса: цели, задачи, виды ..... 333

*Кашин В.Г.* Оптимизация работы парогазовой установки Казанской ТЭЦ-2 ..... 337

*Кашин М.А., Бабиков О.Е.* Мониторинг состояния подшипников ветроэнергетических станций ..... 340

*Киселёв И.И., Зиганшин М.Г.* Повышение эффективности газоочистного оборудования для циклонной фильтрации ..... 343

*Комар К.О., Идиатуллов З.Р.* Использование искусственного интеллекта в оптимизации систем теплоснабжения ..... 347

*Кустова А.А., Кузнецов А.Е.* Применение искусственного интеллекта в ТЭК и ЖКХ ..... 349

*Кутилина К.А., Абасев Ю.В.* Оптимизация энергоэффективности в системах отопления зданий с применением электричества ..... 353

*Макаров А.А., Голышев Е.А., Саушин И.И., Гольцман А.Е.* Повышение кавитационной устойчивости инновационных осевых мембранных клапанов АЗ АТОМ «Pacs W» с автоматизированным электроприводом для нужд ЖКХ и ТЭК ..... 356

*Меньшатов А.М., Саитов С.Р.* Анализ опыта использования керамических композиционных материалов для создания сопловых аппаратов турбин ..... 361

*Миниханова А.Р., Зиганшин М.Г.* Эффективность вентиляции многоквартирного дома ..... 364

*Миннебаев Р.Д., Бабиков О.Е.* Методы повышения надежности эксплуатации рабочих лопаток последних ступеней паровых турбин ..... 367

*Мишин М.В., Баранова В.С., Зиганшин М.Г.* Revit и Renga как инструменты обучения проектированию инженерных систем ..... 370

*Нуриаслямова Р.Р., Зарипова Р.С.* Роль информационных технологий в российской энергетике ..... 373

*Нуруллин И.Р., Бабиков О.Е.* Исследование возможности применения гравитационных аккумуляторов для возобновляемой энергетики ..... 376

*Петрова Д.Д., Саитов С.Р.* Конструкции, технологии и применение новых типов уплотнений в перспективных газотурбинных двигателях ..... 379

*Рочева О.О., Рочева О.А.* Автоматизация электросетей в жилищно-коммунальном хозяйстве в современных условиях ..... 382

*Салахутдинова А.Р., Зарипова Р.С.* Инновационные методы оптимизации энергопотребления в жилых и коммунальных объектах ..... 385

*Самигулин Д.С., Саитов С.Р.* Применение защитных покрытий для продления эксплуатационного ресурса ГТД ..... 388

*Сатаров А.С., Бабиков О.Е.* Современные технологические решения при проектировании и эксплуатации зданий и сооружений ..... 390

*Сафонов В.А., Низамова А.Ш.* Образование загрязнений на ультрафильтрационных мембранах и методы их восстановления ..... 393

*Сергеев Н.В.* Анализ работы котельной без водоумягчительной установки ..... 396

*Старостина Я.К., Тимофеев Д.Н.* Автоматизация технических средств охраны с помощью нейронных сетей ..... 399

*Столяров И.С., Зарипова Р.С.* Цифровые технологии в ТЭК и ЖКХ: современные вызовы и перспективы ..... 402

*Тарасова М.В., Закиров Р.Н.* Топливные элементы для генерации электрической энергии на промышленном предприятии ..... 405

*Телешев И.В., Саушин И.И., Телешев М.И., Гольцман А.Е.*

Инновационные технологии моделирования в сфере разработки промышленных газовых горелок Emma-C мощностью от 0,6 до 12 МВт для ТЭК ..... 408

*Терентьев Д.А., Саитов С.Р.* Обоснование оптимальной скорости теплоносителя для водяной тепловой сети ..... 413

*Терская А.А., Станислав Р.С.* Утилизация попутного нефтяного газа в качестве топлива для газотурбинных установок тепловых электростанций ..... 416

*Ульянов А.А., Бабиков О.Е.* Технология 3*D*-печати лопаток газовых турбин ..... 419

*Халиулина К.Р., Бабиков О.Е.* Актуальные способы снижения выбросов диоксида углерода из уходящих газов ТЭС ..... 422

*Хуснутдинова К.Р., Саитов С.Р.* Методы локализации промышленных аварий с утечкой энергоносителей ..... 425

*Чурикова Ю.Г., Бускин Р.В.* Ядерная энергетика в космосе ..... 428

*Шайдуллина А.Р., Саитов С.Р.* Применение виртуальных синхронных машин в системах накопления энергии ..... 431

*Шайхутдинов Я.О., Грибков А.М.* Способ утилизации низкопотенциальной теплоты нагретой воды бассейнов выдержки АЭС ..... 434

*Шакиров Э.Р., Саитов С.Р.* Способы снижения себестоимости производства умягченной воды для подпитки теплосети ..... 437

*Шарипов Т.И., Базин Д.А., Вилданов Р.Р.* Современные фотоэлектрические системы ..... 440

*Шарипов Т.И., Саитов С.Р.* Термодинамическое моделирование газотурбинного цикла в сочетании с твердооксидным топливным элементом ..... 443

*Щербенев Н.А.* Цифровые двойники: от концепции до промышленной эксплуатации ..... 446

*Юсупова Р.И., Будникова И.К.* Возобновляемые источники энергии как инструмент снижения уровня загрязнения атмосферы в Республике Татарстан ..... 449

## Направление 4. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

*Баткаев А.Р., Хамитова Д.В.* Импортозамещение с использованием *D*-печати и *D*-сканирования ..... 452

*Баширов А.М., Шарипов И.И.* Современные технологии моделирования инновации в обучении и перспективы развития ..... 455

*Будникова И.К.* Новые цифровые инструменты для работы с электронными курсами в Moodle ..... 461

*Валиуллин С.Р., Валиуллина Д.М.* Образование. Технологии виртуальной реальности ..... 464

*Валюк А.С., Хамитова Д.В.* Использование аддитивных технологий при производстве промышленной техники ..... 467

*Васильев А.В., Завада Г.В.* Проблемы качества высшего образования в современном обществе ..... 470

*Гайнутдинова Д.Ф., Гайнутдинов Ф.Р.* Проблемы интеграции искусственного интеллекта в образовательный процесс ..... 474

*Галиулина А.Р., Рукавишников В.А.* Эффективность использования аддитивных технологии в производстве ..... 478

*Гельдыева Р.А., Завада Г.В.* Продуктивность онлайн-обучения в вузе на современном этапе ..... 481

*Гибадуллина А.А., Зарипова Р.С.* Роль мобильных приложений в образовательном процессе ..... 484

*Завада Г.В., Говорков И.В.* Модель психолого-педагогического сопровождения студентов как предмет исследования ..... 487

*Дорофеева С.И., Никифорова С.В.* Математика в подготовке инженеров ..... 490

*Жексенбекова А.Д., Шарипов И.И.* Значение моделирования в науке и технике ..... 493

*Заббаров А.Н., Камалов И.Ф., Рукавишников В.А.* Актуальность и перспективы развития ременных передач ..... 496

*Закиров Ф.Н., Завада Г.В.* Инклюзивное образование как психолого-педагогическая проблема ..... 499

*Иванов Д.В., Завада Г.В.* Профессиональное развитие преподавателей: некоторые направления и формы ..... 501

*Ильина Д.И., Зарипова Р.С.* Метод SCRUM в обучении студентов: перспективы и риски ..... 504

*Кадырмятов Ю.Р.* Роль университета в подготовке кадров для электротехнической отрасли ..... 507

*Казбакова И.Р., Завада Г.В.* Проблема гендерного неравенства в высшем образовании ..... 510

*Кариева Л.И., Завада Г.В.* Специфика применения мобильного обучения в высшем образовании ..... 513

*Каримов Р.Ф., Гибадуллина Р.Н.* Изучение истории родного края с точки зрения иностранца ..... 516

*Кораблёв И.Е., Шарипов И.И.* Моделирование и имитационное моделирование в промышленной электронике ..... 519

*Кузеев Д.Р., Хамитова Д.В.* Современные *D*-сканеры ..... 521

*Кутилина К.А., Завада Г.В.* Особенности коммуникации преподавателей и студентов в энергетическом университете ..... 524

*Маннапов А.А., Рукавишников В.А.* Проблема инженерного образования в условиях *D* индустриальной революции ..... 527

*Миранов С.Р., Николаев К.В.* Разработка тренажёра для обучения основам автоматизации на микроконтроллерной базе ..... 530

*Миронова Е.А.* Проведение лабораторного практикума в цикле дисциплин ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань ..... 533

*Миронова Е.А.* Преемственность научной и исследовательской деятельности студентов в высшей школе ..... 537

*Мишин Н.А., Шарипов И.И.* Перспективы применения аддитивных технологий в машиностроении ..... 541

*Мусин А.И., Зинов Н.А., Рукавишников В.А.* Изделия из пластмассы ..... 544

*Мустахитдинова Ю.А., Зарипова Р.С.* Разработка телеграм-бота для использования в образовательном процессе ..... 547

*Мухаметзянов И.И., Зарипова Р.С.* Применение нейронных сетей в сфере образования ..... 550

*Мухутдинов К.Р., Шарипов И.И.* Универсальные программные системы анализа методом конечных элементов в инженерном моделировании ... 553

*Насибуллин А.И., Шарипов И.И.* Роль моделирования в технологическом процессе ..... 556

*Нуриахметова Ф.М.* Цифровизация образования: традиции и новации в преподавании истории в техническом вузе ..... 559

*Панаев М.В., Шарипов И.И.* Категории современных *D*-сканеров ..... 563

*Пономарёв К.И.* Применение САПР-мультифизикс в процессе подготовке специалистов вуза ..... 566

*Прец М.А.* Технология аддитивного производства в инженерном образовании ..... 569

*Романова Л.М., Жуманазаров М.А.* Подготовка инженеров-энергетиков в Узбекистане ..... 572

*Рукавишников В.А.* Системный инжиниринг как методологическая основа инженерного образования ..... 576

*Садриев Р.Р., Кушакова А.И.* Будущее образования: онлайн-курсы, их преимущества и вызовы в цифровой эпохе ..... 579

*Сафина К.И., Зарипова Р.С.* Использование мобильных приложений для повышения эффективности обучения ..... 582

*Себегатов К.З., Завада Г.В.* Особенности и условия корпоративного образования сотрудников энергетической отрасли ..... 585

*Себегатов К.З., Замалетдинова Л.Р.* Эффективные методы повышения квалификации для специалистов энергетической сферы..... 588

*Селезнев Д.К., Пелевин О.В., Юсупова И.В.* Влияние активности резидентов территорий опережающего развития Республики Татарстан на показатели рынка труда моногородов..... 592

*Селезнев Д.К., Пелевин О.В., Юсупова И.В.* К вопросу о кадровом обеспечении отраслей промышленности в Республике Татарстан..... 596

*Селезнев Д.К., Пелевин О.В., Юсупова И.В.* О мерах по обеспечению связности территорий в рамках реализации стратегии пространственного развития Российской Федерации (на примере Республики Татарстан)..... 603

*Селезнев Д.К., Пелевин О.В., Юсупова И.В.* О разработке единого документа территориального планирования агломерации..... 608

*Селезнев Д.К., Пелевин О.В., Юсупова И.В.* О совершенствовании механизмов межмуниципального сотрудничества в рамках развития городских агломераций ..... 613

*Семенов М.А., Зарипова Р.С.* Использование концепций виртуальной реальности в области образования ..... 620

*Силкина О.Ю., Зарипова Р.С.* Применение технологий дополненной и виртуальной реальности в подготовке инженерных кадров ..... 624

*Слесаренко З.Р., Гафарова В.Р.* Экскурсия как метод изучения культуры и истории родного края ..... 627

*Тупицин К.С., Морозов М.А., Завада Г.В.* Требования к проектированию и разработке лабораторных стендов..... 631

*Федотов С.В., Гарифуллина Р.Р., Завада Г.В.* Определение эффективности существующих методов и форм профессиональной ориентации учащихся в энергетическом образовательном кластере ..... 634

*Хамитов А.Р., Шарипов И.И.* Технологии аддитивного производства как наиболее приоритетные современные цифровые технологии..... 637

## Направление 5. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА НА ОБЪЕКТАХ ЖКХ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Вагапов А.И.* Применение искусственной нейронной сети для обнаружения частичных разрядов в высоковольтных изоляторах ..... 640

*Валюк А.С., Якупов Н.М.* Реализация программного кода светодиодной индикации для микроконтроллера *STM* ..... 644

*Валюк А.С., Якупов Н.М.* Реализация программного кода для модуля цифровой индикации ..... 647

*Голенищев-Кутузов А.В., Семенников А.В., Иванов Д.А.* Автоматизированное бесконтактное устройство для контроля частичных разрядов ..... 650

*Кротов В.И.* Методика расчета частотной характеристики электродного преобразователя на поверхностных акустических волнах ..... 653

*Кузнецов Г.В., Якупов Н.М.* Разработка автоматизированной системы управления установкой деаэрирования воды ..... 656

*Малаева Е.Д.* Использование приборов для измерения электрических и диэлектрических характеристик высоковольтных изоляторов в научных исследованиях ..... 659

*Помысова А.Ю., Ахметвалеева Л.В.* Использование российских ПЛИС для оптимизации вычислительных процессов в автоматизированных системах ..... 662

*Рязанов С.С., Колбина А.Ю.* Способность поддержания остроты ножей в аппарате куттере ..... 665

*Сагитов Э.Р., Ахметвалеева Л.В.* Методы диагностики дефектов разомкнутого контура в преобразователях силовой электроники ..... 668

*Саидгараева Р.Р., Ахметвалеева Л.В.* Обзор и анализ рынка применения 32-разрядных микроконтроллеров ..... 671

*Саидгараева Р.Р., Якупов Н.М.* Разработка схемы прототипа цифрового устройства записи акустических колебаний ..... 674

*Халимов Э.Р., Шарипов И.И.* Внедрение *D*-сканеров в промышленную электронику ..... 677

*Храмов А.С., Шарипов И.И.* Оценка экономической эффективности технологии изготовления композитных металл-металлополимерных деталей в сравнении с аддитивной и субтрактивной технологиями ..... 680

*Якупов Н.М., Валюк А.С.* Разработка программы управления светодиодной индикацией на языке С для микроконтроллера STM ..... 683

## Направление 6. СВЕТОТЕХНИКА

*Абрамов М.В., Мышонков А.Б.* Исследование светодиодных диммируемых ламп-ретрофитов ..... 686

*Абрамов М.В., Тертычный М.С., Прытков С.В.* Разработка УФ-гониорадиометра для измерения оптических и электрических характеристик эритемных ламп ..... 690

*Александров А.А., Горбунов А.А.* Прикроватное освещение в палатах медицинских учреждений ..... 693

*Григорькин А.В., Горбунов А.А.* Исследование характеристик «умного» светодиодного светильника с автономным источником питания ..... 696

*Ковардаков А.А., Микаева С.А., Журавлева Ю.А., Чуваткина Т.А.* Разработка электронного светодиодного устройства для измерения скорости реакции человека на световой индикатор ..... 699

*Кузнецов А.Е., Саидов У.Х., Мальцев А.А.* Прогнозирование отказов мощных транзисторов и светодиодов ..... 703

*Кузнецов Е.А., Ашрятов А.А.* К вопросу разработки классификации многофункциональных световых приборов ..... 707

*Лапшов М.О.* Особенности и преимущества гибких светодиодных экранов ..... 710

*Малаева Е.Д.* Проектирование среды, на основе исследования влияния искусственного освещения с различными длинами волн на биопродуктивность растений ..... 713

*Меликянц А.А., Микаева С.А., Журавлева Ю.А.* Перспективы органических светодиодов ..... 716

*Микаева С.А., Абрамова Н.В., Шигапова В.А., Шушлебин А.В.* Методика измерения напряжения на лампах ДБ ..... 719

*Микаева С.А., Микаева А.С., Шигапов А.Э.* Методика программирования УФ-монитора для работы установок по обеззараживанию ..... 722

*Микаева С.А., Шигапов А.Э., Шигапова В.А.* Анализ неисправностей в результате измерения дуговых бактерицидных ламп для фототерапии желтухи ..... 725

*Нестеркина Н.П., Олейник И.А., Колтаева О.А.* Источники оптического излучения для фототерапии желтухи ..... 728

*Смолин К.А., Ашрятов А.А.* План эксперимента для вопросов исследования влияний условий освещения на производительность зрительных работ для различных возрастных групп ..... 731

*Спиридонов В.А., Микаева С.А., Журавлева Ю.А., Коваленко О.Ю.* Электронный светодиодный прибор для изучения различения цветов .... 735

*Трущенко Е.Е., Гречкина Т.В.* Формирование биодинамической среды свещения в офисном пространстве ..... 738

*Тукшаитов Р.Х., Нургалиев И.З.* Характеристика отдельных моделей современных светодиодных ламп с филаментами разной длины ..... 741

*Шакиров Р.С., Фофонова О.С., Мальцев А.А.* Применение жидкостных термостатов для измерения тепловых параметров мощных светодиодов..... 746

## Направление 7. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ ЖКХ

*Гильмутдинова З.А., Плотников В.В.* Проблемы учёта энергоресурсов ..... 749

*Денисова А.Р., Гурлихина Ю.С.* Разработка системы управления малой генерирующей газопоршневой электростанцией, относящейся к объекту распределенной генерации ..... 752

*Денисова А.Р., Семенова О.Д., Колесников Н.Е.* Воздействие отклонений показателей качества электроэнергии на функционирование медицинского электротехнического оборудования ..... 756

*Исламгулов М.А., Иванова В.Р.* О задачах и преимуществах реализации светодиодной подсветки ..... 761

*Кабиров А.А., Иванова В.Р.* Анализ систем слежения за солнцем на солнечных электрических станциях..... 764

*Колесников Н.Е., Денисова А.Р.* Использование искусственного интеллекта в электроэнергетике ..... 767

*Комар К.О.* Энергосберегающие технологии в системах вентиляции и кондиционирования воздуха в жилых зданиях..... 771

*Мухаметова А.Р., Гусамов Д.И., Иванова В.Р.* О разработке устройства с использованием солнечных концентраторов ..... 774

*Несмейко А.В., Плотников В.В.* Влияние температуры окружающей среды на стоимость отопления..... 776

*Сандаков В.Д., Садыкова Л.Р.* Разработка системы вентиляции с технологией очистки воздуха электрофизическими методами..... 778

## Направление 8. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ. КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК, ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

*Акулич Т.И., Ильеня Е.С.* Энергосберегающие мероприятия при очистке сточных вод ..... 781

*Валиуллин С.Р., Валиуллина Д.М.* Применение интеллектуального цифрового разъединителя в электроэнергетике ..... 784

*Горячев К.И., Куракина О.Е.* Качество электроэнергии: проблемы альтернативной энергетики и методы их решения ..... 787

*Гумерова Г.М., Валиуллина Д.М., Валиуллин С.Р., Габдуллин А.А.* Измерительные преобразователи тока для цифровых устройств релейной защиты и автоматики ..... 790

*Гумерова Г.М., Валиуллина Д.М., Валиуллин С.Р., Габдуллин А.А.* Микропроцессорная релейная защита и современные возможности анализа ее работы ..... 793

*Иркагалиева И.И., Хузяшев Р.Г.* Моделирование переходного процесса в одно- и трехпроводных линиях ..... 796

*Кадырмятов Ю.Р.* Метод обнаружения неисправностей в блоке генератор-трансформатор на основе сопряжения ..... 799

*Кадырмятов Ю.Р.* Обзор беспроводной сети датчиков и исполнительных устройств для эффективного использования электроэнергии ..... 802

*Картузов П.Н., Валиуллина Д.М.* Дистанционное управление на объектах электроэнергетики ..... 806

*Кашафутдинова Т.Ф.* Современные методы поиска повреждений кабельных линий в электроустановках ..... 809

*Макумби Р., Маклецов А.М.* Показатели качества электрической энергии несимметричных режимов работы электрических сетей ..... 812

*Мытников А.В., Стругов В.В.* Метод контроля частичных разрядов в высоковольтной изоляции на основе импульсных взаимодействий ..... 815

*Несмейко А.В.* Влияние вибраций на работу механического оборудования в энергетических системах ..... 818

*Несмейко А.В., Плотников В.В.* Влияние температуры окружающей среды на стоимость отопления ..... 820

*Олейник Ф.Ю., Куракина О.Е.* Методы устранения потерь электроэнергии ..... 822

*Саданбеков К.Э., Воркунов О.В.* Регулирование напряжения с помощью компенсирующих устройств ..... 825

*Субханова А.М., Куракина О.Е.* Сравнительная характеристика натуральных эфиров и минеральных масел, применяемых в качестве изоляционных жидкостей в трансформаторах ..... 828

*Тухфатуллин И.Р., Хузяшев Р.Г.* Модовые каналы распространения сигнала бегущей волны в распределительных электрических сетях ..... 831

*Фаизов Н.Н.* Автоматизация электроустановок с целью уменьшения потерь электроэнергии ..... 834

*Фаизов Н.Н.* Контроль и учёт электроэнергии с использованием дистанционных технологий ..... 837

*Филина О.А., Михайловский А.Е.* Пути экономии электрической энергии в системе тягового электроснабжения ..... 840

*Яковлева Е.В., Воркунов О.В.* Ограничение токов короткого замыкания на вторичной обмотке силового трансформатора ..... 843

## Направление 9. ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ В ЖКХ

*Абдулхаков Д.Н.* Экологические аспекты организации ЖКХ ..... 846

*Александров Р.Н., Загретдинов А.Р.* Сравнение моделей турбулентности в *ANSYS FLUENT* ..... 849

*Анцупов Н.А.* Особенности применения солнечных коллекторов в России ..... 852

*Анцупов Н.А.* Стационарные солнечные коллекторы ..... 855

Беленкова Д.А., Саитов С.Р. Создание платформы оптимизации распределенной промышленной энергетики на основе интеллектуальных систем ..... 858

*Гайфуллин Р.Р., Кондратьев А.Е.* Сравнительный анализ централизованных и индивидуальных систем отопления ..... 861

*Галимова А.Р., Гапоненко С.О.* Анализ результатотов численного моделирования стеклопластикового трубопровода ..... 864

*Гарнышова Е.В., Измайлова Е.В.* Контроль отложений на поверхностях теплообмена аппаратно-программным комплексом ..... 867

*Гатауллина И.М.* Энтропийная обработка диагностических параметров ..... 870

*Гатауллина И.М.* Утилизация свалочного газа ..... 873

*Глухова П.Е., Саитов С.Р.* Интеллектуальные системы диспетчеризации теплосетей ..... 876

*Глухова П.Е., Низамова А.Ш.* Технологии обработки мазута и подготовка его к сжиганию ..... 879

*Зарипов Р.Р., Звонарева Ю.Н.* Оценка эффективности перевода жилых домов с центральной системы теплоснабжения на индивидуальную ..... 882

*Исаев Н.П.* Работа теплового насоса с отстойником сточных вод ..... 885

*Кабатьева А.Ю.* Анализ классификации процессов ферментации в биогазовых установках ..... 888

*Кабатьева А.Ю.* Улучшение процесса ферментации при производстве биогазового топлива ..... 891

*Карачурин Б.Р.* Проблема утилизации свалочного газа ..... 894

*Кариева Л.И.* Перспективы развития систем воздухоснабжения ..... 897

*Клюкин И.И., Загретдинов А.Р.* Влияние утечки трубопровода на скейлинговую экспоненту акустических сигналов ..... 899

*Колосов Г.В., Низамова А.Ш.* Проблема реализации подъёма воды верхней отметки многоэтажного здания ..... 902

*Комогорова О.А.* Двухконтурное управление съемом тепла с солнечных коллекторов ..... 905

*Кондратьев А.Е.* Особенности анализа параметров вибрационных колебаний ..... 908

*Коныжов К.В.* Способы определения состояния тепловых сетей ..... 911

*Коныжов К.В.* Преимущества тепловых насосов ..... 914

*Куковякин О.Я.* Сравнение различных вариантов тепловой защиты трубопроводов тепловых сетей ..... 917

*Мукатдаров А.А., Вафин Д.Б.* Автоматизированная система управления туннельной печи обжига керамического кирпича ..... 920

*Мухамедзянов Д.Р., Измайлова Е.В.* Теплообменники и способы повышения их энергоэффективности ..... 923

*Мухамедзянов Д.Р., Измайлова Е.В.* Роль теплообменника на ТЭЦ..... 926

*Рудич А.П.* Основные задачи развития энергетических предприятий..... 929

*Семенчук А.О.* Интеллектуальные способы контроля работы тепловых сетей ..... 932

*Сидоров М.В.* Машинное обучение для обнаружения протечек в трубопроводе ..... 935

*Сидоров М.В.* Акустические методы обнаружения протечек в трубопроводе ..... 938

*Фартушин В.Ю., Ваньков Ю.В.* Замена насосного оборудования на китайские аналоги в зданиях БМЦТП ..... 941

*Хусаинова К.Л., Саитов С.Р.* Синергия между сетями теплоснабжения..... 944

*Чибирев А.А.* Традиционные способы производства тепловой энергии..... 947

*Якупова И.Д.* Экспериментальная установка для измерения вибрационных колебаний трубопроводов ..... 950

*Якупова И.Д.* Анализ вибрационых колебаний энергетического трубопровода ..... 953

*Научное издание*

# ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

IX Национальная научно-практическая конференция,
посвященная 55-летию КГЭУ
(Казань, 7–8 декабря 2023 г.)

Электронный сборник материалов конференции

Подписано в печать 16.05.2024.
Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 56,76. Уч.-изд. л. 43,32.
Заказ № 521/эл.

Центр публикационной активности КГЭУ.
420066, г. Казань, ул. Красносельская, д. 51.

ISBN 978-5-89873-662-0