



КГУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Директор института атомной и  
тепловой энергетики

*Наименование института*

\_\_\_\_\_ С.О. Гапоненко

«17» 03 2026 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Комбинированные энергоустановки ТЭС**

*(Код и наименование дисциплины в соответствии с РУП)*

Направление подготовки	13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Направленность(и)* (профиль(и))	Технология производства электрической и тепловой энергии на тепловых и атомных электростанциях
Квалификация	магистр

г. Казань, 2026

Программу разработал:

Наименование кафедры	Должность, уч. степень, уч. звание	ФИО разработчика
АТЭС	доцент, к.т.н.	Ляпин А.И.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	Атомные и тепловые электрические станции	18.02.2026	8-25/26	_____ Зав.каф., д.х.н., проф. Чичирова Н. Д.
Согласована	Атомные и тепловые электрические станции	18.02.2026	8-25/26	_____ Зав.каф., д.х.н., проф. Чичирова Н. Д.
Согласована	Учебно- методический совет института ИАТЭ	17.03.2026	7	_____ Директор, к.т.н., доц. Гапоненко С.О.
Одобрена	Ученый совет института ИАТЭ	17.03.2026	8	_____ Директор, к.т.н., доц. Гапоненко С.О.

## 1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

*(Цель и задачи освоения дисциплины, соответствующие цели ОП)*

Целью освоения дисциплины «Комбинированные энергоустановки ТЭС» является изучение принципов функционирования, принципиальных тепловых и технологических схем современных комбинированных энергетических установок (в том числе энергоблоков с газотурбинными и парогазовыми установками) электростанций, которые составляют основу отечественной тепловой энергетики.

Задачами освоения дисциплины являются:

- получение знаний в области производства тепловой и электрической энергии на тепловых электрических станциях с энергоблоками комбинированных энергетических установок;

- приобретение навыков управления и поддержания эффективной эксплуатации комбинированных энергоустановок ТЭС, в том числе с использованием современных компьютерных тренажеров-симуляторов;

- приобретение обучающимися навыков подготовки к пуску, проведения предпусковых операций и пусковых режимов комбинированных энергетических установок ТЭС и их основного и вспомогательного оборудования;

- приобретение обучающимися навыков контроля за параметрами и показателями работы комбинированных энергетических установок ТЭС в пусковых, нормальных и переходных режимах работы, а также при возникновении аварийных и нештатных ситуаций;

- сформировать знания, умения и навыки, позволяющие успешно пройти государственную итоговую аттестацию.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-3 Способен управлять технологическими процессами и поддерживать эффективную эксплуатацию ТЭС и АЭС, в том числе с использованием современных цифровых технологий	ПК-3.3 Способен управлять и поддерживать эффективную эксплуатацию комбинированных энергоустановок ТЭС, в том числе с использованием современных цифровых технологий

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.

- ТЭС и АЭС;
- Вспомогательное оборудование и трубопроводы ТЭС и АЭС;
- Электрооборудование ТЭС и АЭС;
- Турбины ТЭС и АЭС;
- Режимы работы и эксплуатация ТЭС и АЭС;
- Насосы ТЭС и АЭС.

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.

- Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)
			4
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	1,05	38	38
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	0,67	24	24
Лекции	0,22	8	8
Практические занятия	-	-	-
Лабораторные работы	0,44	16	16
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	2,3	84	84
Проработка учебного материала	1,33	48	48
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36	36
Промежуточная аттестация:			Э
			-

#### 3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1	30	6	4		20	ТК1, ТК2, ТК3	ПК-3.3
Раздел 2	42	2	12		28	ТК1, ТК2, ТК3	ПК-3.3
Экзамен	36				36	<b>ОМ1</b>	ПК-3.3
<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>8</b>	<b>16</b>		<b>84</b>		

#### 3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Показатели эффективности работы комбинированных энергетических установок ТЭС

Тема 1.1. Показатели работы и эффективности комбинированных энергетических установок ТЭС.

Тема 1.2. Технологические схемы комбинированных энергетических установок ТЭС.

Тема 1.3. Основное и вспомогательное оборудование, вспомогательные системы и установки комбинированных энергетических установок ТЭС.

Раздел 2. Эксплуатация энергоблоков ТЭС с газотурбинными и парогазовыми установками с использованием компьютерных тренажеров-симуляторов

Тема 2.1. Подготовка к пуску энергоблоков ПГУ

Тема 2.2. Пуск газотурбинной установки энергоблока ПГУ

Тема 2.3 Переменные режимы работы энергоблоков с газотурбинными и парогазовыми установками.

### 3.4. Тематический план практических занятий

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом

### 3.5. Тематический план лабораторных работ

Продувка газопроводов. Включение в работу системы ГДК на тренажере-симуляторе ПГУ-450 МВт, 2 час.

Набор вакуума в конденсаторе паровой турбины энергоблока ПГУ при его пуске на тренажере-симуляторе ПГУ-450 МВт, 2 час.

Подготовка газовой турбины энергоблока к пуску на тренажере-симуляторе ПГУ-450 МВт, 4 час

Пуск газовой турбины энергоблока на тренажере-симуляторе ПГУ-450 МВт, 4 час.

Включение в работу сетевых подогревателей на тренажере-симуляторе ПГУ-450 МВт, 2 час.

Отключение теплофикационных отборов паровой турбины энергоблока ПГУ на тренажере-симуляторе ПГУ-450 МВт, 2 час.

### 3.6. Курсовой проект /курсовая работа

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом

## 4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено		не зачтено	
ПК-3	ПК-3.3	знать:				
		1. Схемы, конструкции, характеристики и особенности эксплуатации	Знает схемы, конструкции и, характеристик	Знает схемы, конструкции, характеристик	Плохо знает схемы, конструкции, характеристик,	Уровень знаний ниже минимальных

		ПГУ в разных режимах	ики и особенност и эксплуатаци ПГУ в разных режимах, при ответе не допускает ошибок	тики и особеннос ти эксплуатаци ПГУ в разных режимах, при ответе допускает несколько негрубых ошибок	характерис тики и особеннос ти эксплуатаци ПГУ в разных режимах, при ответе допускает множество негрубых ошибок.	требовани й, при ответе допускает грубые ошибки.
		2. Правила и инструкции по эксплуатации комбинированн ых установок	Знает правила и инструкции по эксплуатаци и комбиниро ванн ых установок, при ответе не допускает ошибок	Знает правила и инструкци и по эксплуатаци и комбиниро ванн ых установок, при ответе допускает несколько негрубых ошибок	Плохо знает правила и инструкци и по эксплуатаци и комбиниро ванн ых установок, при ответе допускает множество негрубых ошибок.	Уровень знаний ниже минимальн ых требовани й, при ответе допускает грубые ошибки.
		3. Размещение и зоны действия систем автоматики, регулирования, защит в комбинированн ых циклах	Знает размещение и зоны действия систем автоматики, регулирова ния, защит в комбиниро ванн ых циклах, при ответе не допускает ошибок	Знает размещени е и зоны действия систем автоматик и, регулирова ния, защит в комбиниро ванн ых циклах, при ответе допускает несколько негрубых ошибок	Плохо знает размещени е и зоны действия систем автоматик и, регулирова ния, защит в комбиниро ванн ых циклах, при ответе допускает множество негрубых ошибок.	Уровень знаний ниже минимальн ых требовани й, при ответе допускает грубые ошибки.
		уметь:				
		регулировать нагрузку в комбинированн ом цикле, распределять мощности между ГТУ и ПТ	Демонстри рует умение регулирова ть нагрузку в комбиниро ванном цикле,	Демонстри рует умение регулирова ть нагрузку в комбиниро ванном цикле,	Демонстри рует умение регулирова ть нагрузку в комбиниро ванном цикле,	При регулиров ании нагрузки в комбинир ованном цикле, распредел ения

			распределять мощности между ГТУ и ПТ, не допускает ошибок.	распределять мощности между ГТУ и ПТ С, допускает несколько негрубых ошибок.	распределять мощности между ГТУ и ПТ, допускает множество негрубых ошибок.	мощности между ГТУ и ПТ, допускает грубые ошибки.
		владеть:				
		Навыками анализа взаимодействия газотурбинной и паротурбинной частей при эксплуатации ПГУ	Может без ошибок и недочетов продемонстрировать навыки анализа взаимодействия газотурбинной и паротурбинной частей при эксплуатации ПГУ	При демонстрации навыков анализа взаимодействия газотурбинной и паротурбинной частей при эксплуатации ПГУ допускает несколько негрубых ошибок	Демонстрирует минимальный набор навыков анализа взаимодействия газотурбинной и паротурбинной частей при эксплуатации ПГУ	При проведении анализа взаимодействия газотурбинной и паротурбинной частей при эксплуатации ПГУ допускает грубые ошибки.
		Навыками управления комбинированными циклами для оптимизации КПД, управления и поддержания эффективной эксплуатации ПГУ	Может без недочетов и недостатков продемонстрировать навыки управления комбинированными циклами для оптимизации и КПД, управления и поддержания эффективной эксплуатации ПГУ	При демонстрации навыков управления комбинированными циклами для оптимизации КПД, управления и поддержания эффективной эксплуатации ПГУ, имеют место несущественные и негрубые недочеты	Демонстрирует минимальный набор навыков управления комбинированными циклами для оптимизации КПД, управления и поддержания эффективной эксплуатации ПГУ	При управлении комбинированными циклами и не может продемонстрировать базовые навыки, обеспечить показатель и эффективной эксплуатации энергоблока

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **5.1. Учебно-методическое обеспечение**

#### **5.1.1. Основная литература**

1. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учебное пособие / С. В. Цанев. - 3-е изд., стер. - Москва: Издательский дом МЭИ, 2020. - 573 с. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014240.html>. - ISBN 978-5-383-01424-0. - Текст: электронный.

2. Рогалев, Н.Д. Тепловые электрические станции: учебник / Н. Д. Рогалев, А.А. Дудолин, Е. Н. Олейникова. - Москва: НИУ МЭИ, 2022. - 768 с. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/307250> (дата обращения: 15.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **5.1.2. Дополнительная литература**

1. Компьютерный тренажёрно-аналитический комплекс блока ПГУ-450 МВт: практикум / Н. Д. Чичирова [и др.]; под общ. ред. Н. Д. Чичировой. - Казань: КГЭУ, 2019. - 280 с. - URL: <https://lib.kgeu.ru>. - Текст : электронный.

2. Парогазовые установки электростанций: учебное пособие / А. Д. Трухний. - М.: Издательский дом МЭИ, 2019. - 648 с. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012772.html>. - ISBN 978-5-383-01277-2. - Текст: электронный.

3. Пуск и эксплуатация основного оборудования блока ПГУ-450 МВт : практикум / сост. С. Р. Сайтов. - Казань : КГЭУ, 2022. - 60 с. - URL: <https://lib.kgeu.ru/>. - Текст : электронный.

4. Анализ и расчет схем ПГУ : учебно-методическое пособие / М. Ю. Зорин, Е. И. Рябова. - Иваново : ИГЭУ, 2023. - 100 с. - URL: <https://elib.ispu.ru/node/13608>. - ISBN 978-5-00062-581-1. - Текст : электронный.

5. Перспективные ТЭС. Особенности и результаты исследования: монография / П. А. Щинников. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2007. - 284 с. - ISBN 978-5-7782-0851-3. - Текст: непосредственный.

6. Газотурбинные и парогазовые установки электростанций : учебное пособие / И. В. Евгеньев. - Казань : КГЭУ, 2022. - 125 с. - URL: <https://lib.kgeu.ru/>. - Текст : электронный.

## 5.2. Информационное обеспечение

№ п/п	Наименование электронных и интернет-ресурсов	Ссылка
1	Электронно-библиотечная система «Лань»	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
2	Электронно-библиотечная система «ibooks.ru»	<a href="https://ibooks.ru/">https://ibooks.ru/</a>

### 5.2.1. Профессиональные базы данных

№ п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес	Режим доступа
1	Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации	<a href="https://minenergo.gov.ru/opendata">https://minenergo.gov.ru/opendata</a>	Свободный доступ
2	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	Требуется регистрация
3	Техническая библиотека	<a href="http://techlibrary.ru">http://techlibrary.ru</a>	Требуется регистрация

### 5.2.2. Информационно-справочные системы

№ п/п	Наименование информационно-справочных систем	Адрес	Режим доступа
1	«Гарант»	<a href="http://www.garant.ru/">http://www.garant.ru/</a>	Требуется регистрация, бесплатные материалы выдаются ограниченно, есть платный контент
2	«Консультант плюс»	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>	Требуется регистрация, бесплатные материалы выдаются ограниченно, есть платный контент

### 5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Описание	Реквизиты подтверждающих документов
1	Windows 7 Профессиональная (Starter)	Пользовательская операционная система	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2011.25486 от 28.11.2011 Неискл. право. Бессрочно
2	Браузер Chrome	Система поиска информации в сети интернет	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
3	Adobe Acrobat	Пакет программ для создания и просмотра файлов формата PDF	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно

4	"Компьютерный тренажерно-аналитический комплекс блока ПГУ-450 МВт (неисключительные пользовательские права"	ПТС профессиональной подготовки персонала, реализующее адекватную модель энергообъекта	АО " Тренажеры электрических станций и сетей" №2017.5734- RSA от 14.11.2017 Неискл. право . Бессрочно
---	---	--	---

### 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п/п	Вид учебной работы	Наименование специальных помещений и помещений для СРС	Оснащенность специальных помещений и помещений для СРС
1	Лекционные занятия	Учебная аудитория	доска аудиторная
2	Лабораторные занятия	Учебная аудитория	телевизор (4 шт.), компьютер в комплекте с монитором (10 шт.), компьютерный тренажерно-аналитический комплекс энергоблока ПГУ-450 МВт (10 шт.)
3	Самостоятельная работа	Учебная аудитория	телевизор (4 шт.), компьютер в комплекте с монитором (10 шт.), компьютерный тренажерно-аналитический комплекс энергоблока ПГУ-450 МВт (10 шт.)
		Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение

## **7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета [www//kgeu.ru](http://www//kgeu.ru). Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18

пунктов), тотально озвучивается;

- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

## **8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.**

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

*Гражданское и патриотическое воспитание:*

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и

интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

*Духовно-нравственное воспитание:*

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

*Культурно-просветительское воспитание:*

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

*Научно-образовательное воспитание:*

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

**Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год**

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					

*Приложение к рабочей  
программе дисциплины*



КГУУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГУУ»)

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
по дисциплине**

**Комбинированные энергоустановки ТЭС**  
*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)*

---

Направление подготовки	13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Направленность(и)* (профиль(и))	Технология производства электрической и тепловой энергии на тепловых и атомных электростанциях
Квалификация	магистр

г. Казань, 2026

Оценочные материалы по дисциплине «Комбинированные энергоустановки ТЭС», предназначены для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций.

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля (ТК) и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

## 1. Технологическая карта

### Семестр 4

Наименование раздела	Формы и вид контроля	Рейтинговые показатели						Итого	Промежуточная аттестация
		I текущий контроль	Доп. баллы к ТК1	II текущий контроль	Доп. баллы к ТК2	III текущий контроль	Доп. баллы к ТК3		
<b>Раздел 1. Показатели эффективности работы комбинированных энергетических установок ТЭС</b>	<b>ТК1, ТК-2, ТК-3</b>	<b>5</b>	<b>0-5</b>	<b>5</b>	<b>0-5</b>	<b>5</b>	<b>0-5</b>	<b>15-30</b>	<b>15-30</b>
Контрольная работа для оценки уровня освоения материала дисциплины		5		5		5			
Подготовка письменных ответов на вопросы самостоятельного задания			5		5		5		
<b>Раздел 2. Эксплуатация энергоблоков ТЭС с газотурбинными и парогазовыми установками</b>	<b>ТК1, ТК-2, ТК-3</b>	<b>5</b>	<b>0-5</b>	<b>5</b>	<b>0-5</b>	<b>5</b>	<b>0-5</b>	<b>15-30</b>	<b>15-30</b>
Контрольная работа для оценки уровня освоения материала дисциплины		5		5		5			
Подготовка и защита отчетов по лабораторным работам			5		5		5		
<b>Промежуточная аттестация (экзамен)</b>	<b>ОМ1</b>								<b>0-40</b>
В письменной форме по билетам									<b>0-40</b>

## 2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

### Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

4 семестр

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
Шкала оценивания						
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно

			зачтено			не зачтено
ПК-3	ПК-3.3	знать:				
		1. Схемы, конструкции, характеристики и особенности эксплуатации ПГУ в разных режимах	Знает схемы, конструкции, характеристики и особенности эксплуатации ПГУ в разных режимах, при ответе не допускает ошибок	Знает схемы, конструкции, характеристики и особенности эксплуатации ПГУ в разных режимах, при ответе допускает несколько негрубых ошибок	Плохо знает схемы, конструкции, характеристики и особенности эксплуатации ПГУ в разных режимах, при ответе допускает множество негрубых ошибок.	Уровень знаний ниже минимальных требований, при ответе допускает грубые ошибки.
		2. Правила и инструкции по эксплуатации комбинированных установок	Знает правила и инструкции по эксплуатации комбинированных установок, при ответе не допускает ошибок	Знает правила и инструкции по эксплуатации комбинированных установок, при ответе допускает несколько негрубых ошибок	Плохо знает правила и инструкции по эксплуатации комбинированных установок, при ответе допускает множество негрубых ошибок.	Уровень знаний ниже минимальных требований, при ответе допускает грубые ошибки.
		3. Размещение и зоны действия систем автоматики, регулирования, защиты в комбинированных циклах	Знает размещение и зоны действия систем автоматики, регулирования, защиты в комбинированных циклах, при ответе не допускает ошибок	Знает размещение и зоны действия систем автоматики, регулирования, защиты в комбинированных циклах, при ответе допускает несколько негрубых ошибок	Плохо знает размещение и зоны действия систем автоматики, регулирования, защиты в комбинированных циклах, при ответе допускает множество негрубых ошибок.	Уровень знаний ниже минимальных требований, при ответе допускает грубые ошибки.
		уметь:				
	регулировать нагрузку в	Демонстри	Демонстри	Демонстри	При	

		комбинированном цикле, распределять мощности между ГТУ и ПТ	рует умение регулировать нагрузку в комбинированном цикле, распределять мощности между ГТУ и ПТ, не допускает ошибок.	рует умение регулировать нагрузку в комбинированном цикле, распределять мощности между ГТУ и ПТ С, допускает несколько негрубых ошибок.	рует умение регулировать нагрузку в комбинированном цикле, распределять мощности между ГТУ и ПТ, допускает множество негрубых ошибок.	регулировании нагрузки в комбинированном цикле, распределения мощности между ГТУ и ПТ, допускает грубые ошибки.
		владеть:				
		Навыками анализа взаимодействия газотурбинной и паротурбинной частей при эксплуатации ПГУ	Может без ошибок и недочетов продемонстрировать навыки анализа взаимодействия газотурбинной и паротурбинной частей при эксплуатации ПГУ	При демонстрации навыков анализа взаимодействия газотурбинной и паротурбинной частей при эксплуатации ПГУ допускает несколько негрубых ошибок	Демонстрирует минимальный набор навыков анализа взаимодействия газотурбинной и паротурбинной частей при эксплуатации ПГУ	При проведении анализа взаимодействия газотурбинной и паротурбинной частей при эксплуатации ПГУ допускает грубые ошибки.
		Навыками управления комбинированными циклами для оптимизации КПД, управления и поддержания эффективной эксплуатации ПГУ	Может без недочетов и недостатков продемонстрировать навыки управления комбинированными циклами для оптимизации КПД, управления и поддержания эффективной	При демонстрации навыков управления комбинированными циклами для оптимизации КПД, управления и поддержания эффективной эксплуатации ПГУ,	Демонстрирует минимальный набор навыков управления комбинированными циклами для оптимизации КПД, управления и поддержания эффективной эксплуатации	При управлении комбинированными циклами и не может продемонстрировать базовые навыки, обеспечить показатели и эффективной эксплуатации

			эксплуатации ПГУ	имеют место несущественные и негрубые недочеты	ии ПГУ	энергоблока
--	--	--	------------------	--	--------	-------------

Оценка **«отлично»** выставляется по сумме баллов БРС за письменные ответы на задания экзаменационного билета; успешное выполнение контрольных работ ТК1, ТК2, ТК3; выполнение лабораторных работ в семестре; подготовку отчетов по итогам выполнения лабораторных работ; защиту отчетов лабораторных работ; представление письменных ответов на вопросы самостоятельного задания, ответы на дополнительные вопросы в формате собеседования.

Оценка **«хорошо»** выставляется по сумме баллов БРС за письменные ответы на задания экзаменационного билета в которых имеет место не точности при ответе, не грубые ошибки; выполнение контрольных работ ТК1, ТК2, ТК3; выполнение лабораторных работ в семестре; подготовку отчетов по итогам выполнения лабораторных работ; защиту отчетов лабораторных работ; представление письменных ответов на вопросы самостоятельного задания, ответы на дополнительные вопросы в формате собеседования.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется по сумме баллов БРС за письменные ответы на задания экзаменационного билета в которых имеет место ошибки при ответе; выполнение контрольных работ ТК1, ТК2, ТК3 в ходе которых обучающийся демонстрирует средние показатели; выполнение лабораторных работ в семестре; подготовку отчетов по итогам выполнения лабораторных работ; защиту отчетов лабораторных работ.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за слабое и неполное выполнение заданий экзаменационного билета.

### 3. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Оценочные материалы
Письменная контрольная работа	Представляет собой теоретические вопросы по пройденной теме	Варианты заданий

<p>Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы. Защита отчета выполнении лабораторной работы</p>	<p>Задание выполняется на тренажере-симуляторе энергоблока ПГУ-450 МВт. За некорректные действия оператора (обучающегося) при выполнении пусковых операций программой тренажера выносятся штрафы в виде баллов. Результаты оценки оформляются программой тренажера в виде протокола.</p> <p>По итогам выполнения лабораторной работы обучающийся готовит письменный отчет, включающий описание алгоритма выполнения лабораторной работы, ответы на контрольные вопросы лабораторной работы. Защита отчета о выполнении лабораторной работы предусматривает устные ответы на дополнительные вопросы в формате собеседования.</p>	<p>Компьютерная программа / отчет о лабораторной работе</p>
<p>Письменная самостоятельная работа</p>	<p>Представляет собой теоретические вопросы для самостоятельного дополнительного изучения</p>	<p>Примеры вопросов</p>

**4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины**

*Примеры заданий*

**Для текущего контроля ТК1, ТК-2, ТК-3:**

Проверяемая компетенция: ПК-3 (З, У, В)

**Письменная контрольная работа (примеры вопросов)**

1. Что понимается под маневренностью ГТУ? Сравните по этому показателю ГТУ с ПТУ.
2. Как определяется степень повышения давления в компрессоре, степень уменьшения давления газов в ГТ? Дайте ответ в виде формул, распишите все составляющие формул.
3. Как выражается термический КПД компрессора?
4. Как выражается удельная теоретическая работа сжатия воздуха в компрессоре ГТУ?
5. Как выглядит графическая зависимость термического КПД цикла Брайтона (адиабатное сжатие воздуха в компрессоре) при увеличении степени повышения давления в компрессоре?
6. Как выглядит термодинамический цикл ГТУ простого цикла в T-S диаграмме? Перечислите основные особенности термодинамического цикла ТЭС с ГТУ (цикла Брайтона).
7. Как выражается удельная теоретическая работа расширения газов в ГТ?
8. Какие преимущества у ГТУ и ПГУ по сравнению с ПТУ? Приведите сравнительный анализ по уровню внутреннего КПД, по удельным затратам и срокам строительства и другим характеристикам.

9. Как выражается температурный коэффициент (степень повышения температуры) цикла? Распишите все составляющие формулы.

10. Как выглядит графическая зависимость полезной работы простейшей ГТУ от степени повышения давления воздуха в компрессоре?

11. Как выглядит графическая зависимость внутреннего КПД реального цикла ГТУ от начальной температуры окружающего (наружного) воздуха?

12. Как выражается степень повышения давления, при которой полезная работа ГТУ имеет максимальное значение? Распишите все составляющие формулы. Каким соотношением связаны между собой  $\pi_k$  и  $\pi_{ГТ}$ ? Распишите все составляющие формулы.

### **Критерии оценивания:**

– 10 баллов за правильные ответы на вопрос задания в одном текущем контроле. Суммарно по ТК1, ТК2, ТК3 – 30 баллов.

### **Подготовка и защита отчетов по лабораторным работам**

Все обучающиеся выполняют ряд одинаковых заданий на компьютерном тренажере-симуляторе энергоблока ПГУ-450 МВт. Отчеты о проделанных работах оформляются в тетради.

Отчёт должен содержать:

- а) титульный лист с названием работы;
- б) цель и задачи работы;
- в) краткое описание алгоритма лабораторной работы.
- г) развёрнутые ответы на контрольные вопросы, приведенные в конце методических указаний к выполнению лабораторной работы;
- д) выводы.

Примеры дополнительных вопросов на защите отчетов по итогам выполнения лабораторных работ:

1. С какой целью применяется продувка газопроводов газотурбинной установки? Дайте расшифровку аббревиатурам ППГ, ГДК, ДКС, ГРП.

2. Какой рабочий уровень масла в баке чистого масла ГДК-1?

3. Какое минимальное давление газа должно быть перед фильтром и перед ГТ-41 при выполнении работы на тренажере ПГУ-450? Какое давление было реально создано ГДК при работе с тренажером-симулятором?

4. Какие действия должен осуществить машинист-обходчик турбины после создания давления в конденсаторе менее 30 кПа при пуске блока ПГУ-450 МВт?

5. Какая температура поддерживается в коллекторе собственных нужд на участке трубопровода до РК подачи пара на концевые уплотнения турбины при пуске блока ПГУ-450 МВт?

6. Какая температура пара должна поддерживаться в коллекторе уплотнения турбины при выполнении набора вакуума в конденсаторе паровой при пуске блока ПГУ-450 МВт?

7. Каким образом можно проверить отсутствие парений через концевые уплотнения турбины и образованием конденсата после подачи пара на уплотнения турбины при пуске блока ПГУ-450 МВт?

8. Какие теплообменные поверхности могут быть частью конструкции двухконтурного котла-утилизатора ПГУ? Какое назначение этих поверхностей теплообмена в тепловой схеме котла-утилизатора ПГУ?

9. Какой расход воды на газоохладители генератора должен поддерживаться при подготовке газотурбинной установки к пуску на тренажере блока ПГУ-450 МВт? (Укажите значение и размерность)

10. Какое давление масла на смазку подшипников газовой турбины (ГТ-41) необходимо создать при подготовке ее к пуску на тренажере блока ПГУ-450 МВт? (Укажите значение и размерность)

### **Критерии оценивания:**

– 5 баллов в одном текущем контроле за предоставленные отчеты по итогам выполнения лабораторной работы и правильные ответы на дополнительные вопросы на защите отчета лабораторной работы.

Отчет должен быть в обязательном порядке оформлен надлежащим образом. Оценка 5 баллов проставляется за развернутые ответы на дополнительные вопросы на защите лабораторной работы.

При оценке результатов, выполненной лабораторной работы учитываются следующие критерии:

1. Знание теоретического материала по темам дисциплины. Оценивается на основании полноты ответов на контрольные вопросы, приведенные в методических указаниях к лабораторной работе.

2. Полнота отчета о проделанной работе.

3. Понимание алгоритма выполнения работы. Оценивается на основании полноты ответов на дополнительные вопросы, задаваемые преподавателем при защите работы.

4. Выполнение лабораторной работы без штрафов за некорректные операции согласно алгоритму работы.

Суммарно по ТК1, ТК2, ТК3 – 15 баллов.

### **Примеры заданий для подготовки письменных ответов на вопросы самостоятельного задания:**

1. Каково назначение дожимной компрессорной станции? Как выглядят схемы включения дожимных компрессоров?

2. Какие виды топлива сжигаются в камере сгорания ГТУ? Приведите характеристики топлив, используемых в энергетических ГТУ.

3. Какие основные отечественные и зарубежные производители систем очистки воздуха для энергетических и транспортных газотурбинных установок и двигателей представлены на современном рынке энергетической продукции?

4. Приведите примеры крупнейших производителей газовых турбин в России и за рубежом. Какова география поставок энергетических ГТУ лидеров

мирового энергомашиностроения? Приведите характеристики производимой продукции лидеров мирового энергомашиностроения.

5. Приведите примеры крупнейших производителей паровых турбин в России и за рубежом. Какова география поставок энергетических ГТУ лидеров мирового энергомашиностроения? Приведите характеристики производимой продукции лидеров мирового энергомашиностроения.

6. Приведите примеры отечественных и зарубежных компаний, осуществляющих ремонт и обслуживание элементов ГТУ.

7. Перечислите виды сервисного технического обслуживания энергоустановок на базе ГТУ.

8. Приведите примеры схем современных малоэмиссионных камер сгорания энергетических ГТУ.

9. Каковы пути достижения экологических показателей работы современных ПГУ?

10. Приведите методику построения тепловой диаграммы одно- и двухконтурных котлов-утилизаторов.

**Критерии оценивания:**

– 5 баллов в одном текущем контроле за развернутые ответы на письменные вопросы самостоятельного задания.

Суммарно по ТК1, ТК2, ТК3 – 15 баллов.

**Для промежуточной аттестации:**

Экзаменационный билет включает 2 теоретических вопроса по различным темам дисциплины.

Развернутые, правильные ответы на все задания экзаменационного билета – 40 баллов;

Наличие неточностей, негрубых ошибок снижают оценку.

Минимальное количество баллов за экзамен – 20.