



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

АКТУАЛИЗИРОВАНО
решением ученого совета ИЭЭ
протокол № 7 от 24.03.2026

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора ИЭЭ

_____ В.В. Максимов

«18» февраля 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.28 Моделирование химико-технологических процессов

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Направленность (профиль) Технологии в энергетике и нефтегазопереработке

Квалификация Бакалавр

г. Казань, 2025

Программу разработала:

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
Инженерная экология и безопасность труда	д.т.н., профессор	Лаптев А.Г.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	ИЭ	13.02.2025	2	Зав.кафедрой, д.т.н., проф. Николаева Л.А.
Согласована	Учебно-методический совет института	18.02.2025	6	И.о. директора ИЭЭ, к.т.н., доцент Максимов В.В.
Одобрена	Ученый совет института	18.02.2025	8	И.о. директора ИЭЭ, к.т.н., доцент Максимов В.В.

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Цель освоения дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» состоит в применении математического моделирования при анализе, оптимизации и оценке ресурсоэффективности химико-технологических процессов, формировании способности выполнять расчеты химико-технологических процессов с использованием математических моделей, а также в конкретизация теоретических положений научных разработок для применения в инженерной практике.

Задачами дисциплины являются:

- познакомить обучающихся с методами моделирования химико-технологических процессов;
- научить студентов составлять математические модели конкретных процессов химической технологии;
- привить студентам навыки решения задач с использованием справочной и методической литературы.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ОПК-2.1	Обладает навыками применения математического аппарата
ОПК-2.4	Решает стандартные задачи профессиональной деятельности с применением знаний естественных наук
ОПК-2.5	Способен применять методы анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач
ОПК-2.10	Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и теплообмена, применяет их для расчетов элементов теплотехнических установок и систем

2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, др.:

1. Физико-химические основы технологических процессов;
2. Органическая химия;
3. Теоретические основы теплотехники;
4. Процессы и аппараты химических производств.

Последующие дисциплины (модули), практики, др.:

1. Производственная практика (технологическая (проектно- технологическая));
2. Производственная практика (технологическая);
3. Химические реакторы.

Дисциплина Моделирование химико-технологических процессов относится к обязательной части учебного плана по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология.

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения:

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Се
			6
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	5	180	180
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	2,05	74	74
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	1,67	60	60
Лекции	0,83	30	30
Практические (семинарские) занятия	0,83	30	30
Лабораторные работы	0	0	0
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	2,33	84	84
Проработка учебного материала	1,33	48	48
Курсовой проект	0	0	0
Курсовая работа	0	0	0
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.		
1. Методы моделирования. Теоретические основы математического моделирования.	180	30	0	30	84	Устный контроль	ОПК- 2.1-3 ОПК- 2.4-3 ОПК- 2.5-3 ОПК- 2.10-3, ОПК- 2.1-У, ОПК- 2.4-У, ОПК- 2.5-У, ОПК- 2.10-У, ОПК- 2.1-В, ОПК- 2.4-В, ОПК- 2.5-В, ОПК- 2.10-В
Итого за 6 семестр	180	30	0	30	84		
ИТОГО	180	30	0	30	84		

3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Методы моделирования. Теоретические основы математического моделирования.

1.1. Понятия модели и моделирования. Классификация моделей.

1.2. Компьютерное математическое моделирование.

1.3. Методология построения математических моделей химико-технологических процессов.

1.4. Математическое моделирование кинетики химических процессов.

1.5. Математическое описание гидродинамической структуры потоков.

1.6. Моделирование гомогенных химических реакторов.

1.7. Моделирование тепловых процессов в химической технологии.

1.8. Статистические математические модели.

1.9. Оптимизация химико-технологических процессов.

3.4. Тематический план практических занятий

Раздел 1. Методы моделирования. Теоретические основы математического моделирования.

1.1. Расчёт констант скорости сложной химической реакции методом минимизации функционала.

1.2. Решение системы дифференциальных уравнений в частных производных методом сеток.

1.3. Вычисление коэффициентов уравнения регрессии на основании ортогонального плана эксперимента, оценка воспроизводимости, адекватности и значимости коэффициентов

1.4. Поиск экстремума заданной целевой функции симплекс-методом. Определение экстремум аградиентным методом.

1.5. Подбор многофакторного уравнения регрессии на основании имеющихся экспериментальных данных и оценка его адекватности.

1.6. Поиск экстремумов заданной целевой функции в условиях ограничения значений параметров с использованием стандартных процедур.

1.7. Методы аппроксимации. Кросс-валидация данных. Бутстрэп.

1.8. Планирование эксперимента по методу Бокса-Уилтона. Параметры оптимизации. Факторы. Проверка воспроизводимости опытов.

1.9. Интегральная и дифференциальная функции распределения времени пребывания элементов потока.

1.10. Примеры моделирования кинетики реакций ХТП.

3.5. Тематический план лабораторных работ

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом

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	
ОПК-2	ОПК-2.1	знать: основные понятия и утверждения аналитической геометрии, линейной алгебры, теории функции одной переменной				
			Знает основные понятия и утверждения, не допускает ошибок	Знает основные понятия и утверждения, может допустить несколько не грубых ошибок	Плохо знает основные понятия и утверждения, допускает много мелких ошибок	Уровень знаний ниже минимального, допускает грубые ошибки
		уметь: решать основные задачи аналитической геометрии, линейной алгебры, теории функции одной переменной				
			Умеет решать математические задачи, не допускает ошибок	Умеет решать основные математические задачи, допускает небольшие ошибки	Умеет решать типовые математические задачи, допускает много ошибок	При решении типовых математических задач допускает грубые ошибки
		владеть: основными методами решения задач теории функции одной переменной				
			Владеет различными методами решения задач, не допускает ошибок	Владеет основным и методами решения задач, допускает мелкие ошибки	Владеет некоторыми и типовыми методами решения задач, допускает много ошибок	Не владеет методами решения задач, допускает грубые ошибки
	ОПК-2.4	знать: методы математического и физического моделирования, методы решения систем уравнений, проверки адекватности моделей, не допускать ошибок				

			Знает методы математического и физического моделирования, методы решения систем уравнений, не допускает ошибок	Знает методы математического и физического моделирования, методы решения систем уравнений, может допустить несколько негрубых ошибок	Плохо знает методы математического и физического моделирования, методы решения систем уравнений, допускает множество мелких ошибок	Уровень знания ниже минимального, допускает грубые ошибки
уметь: решать стандартные задачи профессиональной деятельности с применением знаний естественных наук						
			Умеет решать математические задачи, не допускает ошибок	Умеет решать основные математические задачи, допускает небольшие ошибки	Умеет решать типовые математические задачи, допускает много ошибок	При решении типовых задач допускает грубые ошибки
владеть: методами математического и физического моделирования, методами решения систем уравнений, проверкой адекватности моделей						
			Владеет различными методами решения задач, не допускает ошибок	Владеет основным и методами решения задач, допускает мелкие ошибки	Владеет некоторым и типовыми методами решения задач, допускает ошибки	Не владеет методами решения задач, допускает грубые ошибки
	ОПК-2.5	знать: принципы физического моделирования химико-технологических процессов, методы построения эмпирических (статистических) и физико-химических(теоретических) моделей химико-технологических процессов				

			<p>Знает законы сохранения и превращения энергии применительно к системам передачи и трансформации теплоты, калорические и переносные свойства веществ применительно к рабочим телам тепловых машин и теплоносителям, динамические процессы и циклы преобразования энергии, протекающие в тепло-технических установках без ошибок</p>	<p>Знает законы сохранения и превращения энергии применительно к системам передачи и трансформации теплоты, калорические и переносные свойства веществ применительно к рабочим телам тепловых машин и теплоносителям, динамические процессы и циклы преобразования энергии, протекающие в тепло-технических установках, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок</p>	<p>Плохо знает законы сохранения и превращения энергии применительно к системам передачи и трансформации теплоты, калорические и переносные свойства веществ применительно к рабочим телам тепловых машин и теплоносителям, динамические процессы и циклы преобразования энергии, протекающие в тепло-технических установках без ошибок</p>	<p>Уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки</p>
<p>уметь: применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения конкретных задач расчета, проектирования, моделирования, идентификации и оптимизации процессов химической технологии</p>						

			Демонстрирует умение применять физические законы для решения задач теоретического, экспериментального и прикладного характера, не допускает ошибок.	Демонстрирует умение применять физические законы для решения задач теоретического, экспериментального и прикладного характера, решает типовые задачи с минимальными ошибками.	Частично демонстрирует умение теоретического экспериментального и прикладного характера, решает типовые задачи, но допускает много ошибок. Задания выполнены не в полном объеме.	При решении типовых задач не демонстрирует сформированное умение применять физические законы для решения задач теоретического, экспериментального и прикладного характера
<p>владеть: методами разработки обобщенных вариантов решения проблемы в условиях многокритериальности, неопределенности, планирования, реализации проекта методами математической статистики для обработки результатов активных и пассивных экспериментов, пакетами прикладных программ для моделирования химико-технологических процессов</p>						
			Продемонстрированы навыки термодинамического анализа рабочих процессов в тепловых машинах, определены параметры работы, тепловой эффективности, без ошибок и недочетов	Продемонстрированы базовые навыки термодинамического анализа рабочих процессов в тепловых машинах, определены параметры работы, тепловой эффективности, допущен ряд мелких ошибок	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач, много ошибок	Не продемонстрированы базовые навыки, допущены грубые ошибки

ОПК-2.10	<p>знать: принципы работы химико-технологических систем и аппаратов, а также протекающие в их элементах процессы при технологическом режиме</p>				
		<p>Знает принципы работы ХТС и аппаратов, а также протекающие в их элементах процессы при технологическом режиме. Не допускает ошибок.</p>	<p>Знает принципы работы ХТС и аппаратов, а также протекающие в их элементах процессы при технологическом режиме. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок.</p>	<p>Знает принципы работы ХТС и аппаратов, а также протекающие в их элементах процессы при технологическом режиме. Допускает множество мелких ошибок.</p>	<p>Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки.</p>
	<p>уметь: рассчитывать основные показатели (параметры) работы установок ХТС и аппаратов, а также оценивать их эффективность</p>				
	<p>Умеет рассчитывать основные показатели (параметры) работы установок ХТС и аппаратов, а также оценивать их эффективность. Не допускает ошибок.</p>	<p>Умеет рассчитывать основные показатели (параметры) работы установок ХТС и аппаратов, а также оценивать их эффективность. Решает задачи с минимальными ошибками.</p>	<p>Умеет рассчитывать основные показатели (параметры) работы установок ХТС и аппаратов, а также оценивать их эффективность. Решает типовые задачи, допускает много мелких ошибок.</p>	<p>Не сформировано умение рассчитывать основные показатели (параметры) работы установок ХТС и аппаратов, а также оценивать их эффективность. Допускает при решении типовых задач грубые ошибки.</p>	
<p>владеть: методиками расчета ХТС и аппаратов и их элементов</p>					

			Продемонстрированы навыки владения методиками расчета ХТС и аппаратов и их элементов	Продемонстрированы базовые навыки владения методиками расчета ХТС и аппаратов и их элементов	Продемонстрированы минимальные навыки владения методиками расчета ХТС и аппаратов и их элементов.	Не продемонстрированы навыки владения методиками расчета ХТС и аппаратов и их элементов.
--	--	--	--	--	---	--

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. Кудинов И. В., Кудинов В. А., Еремин А. В., Колесников С. В.

Математическое моделирование гидродинамики и теплообмена в движущихся жидкостях. - СПб.: Лань, 2015 URL: <https://e.lanbook.com/book/56168>

2. Гумеров А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов. - СПб.: Лань, 2014 URL: <https://e.lanbook.com/book/41014>

3. Высоцкий Л. И., Коперник Г. Р., Высоцкий И. С. Математическое и физическое моделирование потенциальных течений жидкости. - СПб.: Лань, 2014 URL: <https://e.lanbook.com/book/44842>

5.1.2. Дополнительная литература

1. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Альянс, 2006

2. Самойлов Н. А. Примеры и задачи по курсу "Математическое моделирование химико-технологических процессов". - СПб.: Лань, 2013 URL: <https://e.lanbook.com/book/37356>

3. Коваленко А. В., Узденова А. М., Уртенев М. Х., Никоненко В. В. Математическое моделирование физико-химических процессов в среде ComsolMultiphysics 5.2. - СПб.: Лань, 2017 URL: <https://e.lanbook.com/book/93695>

5.2. Информационное обеспечение

5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

Электронная ссылка: «Моделирование химико-технологических процессов и процессов оптимизации в системах» (видеоуроки) - <https://lms.kgeu.ru/course/view.php?id=482>

5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

Электронная библиотека диссертаций (РГБ) - diss.rsl.ru

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - <http://elibrary.ru>

Национальная электронная библиотека (НЭБ) - <https://rusneb.ru/>

Техническая библиотека - <http://techlibrary.ru>

ИСС «Кодекс»/«Техэксперт» - <http://app.kgeu.local/Home/Ar ps>

5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

Office Professional Plus 2007 Windows32 Russian DiskKit MVL CD - Пакет программных продуктов содержащий в себе необходимые офисные программы

Windows 7 Профессиональная (сертифицированная ФСТЭК) - Пользовательская операционная система

Браузер Chrome - Система поиска информации в сети интернет

LMS Moodle - ПО для эффективного онлайн- взаимодействия преподавателя и студента

MATLAB Academic new Product From 10 to 24 Group Licenses (per License) - Пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений.

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Доска аудиторная, проектор мультимедийный, экран, переносное оборудование ноутбук.
Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Доска аудиторная, проектор мультимедийный, экран, переносное оборудование ноутбук.
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет	Моноблок (30 шт.), проектор, экран
	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	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					
4					



КГЭУ

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

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
по дисциплине**

Б1.О.28 Моделирование химико-технологических процессов

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Направленность (профиль) Технологии в энергетике и нефтегазопереработке

Квалификация Бакалавр

1. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

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	
ОПК-2	ОПК-2.1	знать: основные понятия и утверждения аналитической геометрии, линейной алгебры, теории функции одной переменной				
			Знает основные понятия и утверждения, не допускает ошибок	Знает основные понятия и утверждения, может допустить несколько не грубых ошибок	Плохо знает основные понятия и утверждения, допускает много мелких ошибок	Уровень знаний ниже минимального, допускает грубые ошибки
		уметь: : решать основные задачи аналитической геометрии, линейной алгебры, теории функции одной переменной				
			Умеет решать математические задачи, не допускает ошибок	Умеет решать основные математические задачи, допускает небольшие ошибки	Умеет решать типовые математические задачи, допускает много ошибок	При решении типовых математических задач допускает грубые ошибки
		владеть: основными методами решения задач теории функции одной переменной				
		Владеет различными методами решения задач, не допускает ошибок	Владеет основным и методами решения задач, допускает мелкие ошибки	Владеет некоторым и типовыми методами решения задач, допускает много ошибок	Не владеет методами решения задач, допускает грубые ошибки	
	ОПК-2.4	знать: методы математического и физического моделирования, методы решения систем уравнений, проверки адекватности моделей, не допускать ошибок				

			Знает методы математического и физического моделирования, методы решения систем уравнений, не допускает ошибок	Знает методы математического и физического моделирования, методы решения систем уравнений, может допустить несколько негрубых ошибок	Плохо знает методы математического и физического моделирования, методы решения систем уравнений, допускает множество мелких ошибок	Уровень знания ниже минимального, допускает грубые ошибки
уметь: решать стандартные задачи профессиональной деятельности с применением знаний естественных наук						
			Умеет решать математические задачи, не допускает ошибок	Умеет решать основные математические задачи, допускает небольшие ошибки	Умеет решать типовые математические задачи, допускает много ошибок	При решении типовых задач допускает грубые ошибки
владеть: методами математического и физического моделирования, методами решения систем уравнений, проверкой адекватности моделей						
			Владеет различными методами решения задач, не допускает ошибок	Владеет основным и методами решения задач, допускает мелкие ошибки	Владеет некоторыми и типовыми методами решения задач, допускает ошибки	Не владеет методами решения задач, допускает грубые ошибки
	ОПК-2.5	знать: принципы физического моделирования химико-технологических процессов, методы построения эмпирических (статистических) и физико-химических(теоретических) моделей химико-технологических процессов				

			<p>Знает законы сохранения и превращения энергии применительно к системам передачи и трансформации теплоты, калорические и переносные свойства веществ применительно к рабочим телам тепловых машин и теплоносителям, динамические процессы и циклы преобразования энергии, протекающие в тепло-технических установках без ошибок</p>	<p>Знает законы сохранения и превращения энергии применительно к системам передачи и трансформации теплоты, калорические и переносные свойства веществ применительно к рабочим телам тепловых машин и теплоносителям, динамические процессы и циклы преобразования энергии, протекающие в тепло-технических установках, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок</p>	<p>Плохо знает законы сохранения и превращения энергии применительно к системам передачи и трансформации теплоты, калорические и переносные свойства веществ применительно к рабочим телам тепловых машин и теплоносителям, динамические процессы и циклы преобразования энергии, протекающие в тепло-технических установках без ошибок</p>	<p>Уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки</p>
<p>уметь: применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения конкретных задач расчета, проектирования, моделирования, идентификации и оптимизации процессов химической технологии</p>						

			Демонстрирует умение применять физические законы для решения задач теоретического, экспериментального и прикладного характера, не допускает ошибок.	Демонстрирует умение применять физические законы для решения задач теоретического, экспериментального и прикладного характера, решает типовые задачи с минимальными ошибками.	Частично демонстрирует умение теоретического экспериментального и прикладного характера, решает типовые задачи, но допускает много ошибок. Задания выполнены не в полном объеме.	При решении типовых задач не демонстрирует сформированное умение применять физические законы для решения задач теоретического, экспериментального и прикладного характера
<p>владеть: методами разработки обобщенных вариантов решения проблемы в условиях многокритериальности, неопределенности, планирования, реализации проекта методами математической статистики для обработки результатов активных и пассивных экспериментов, пакетами прикладных программ для моделирования химико-технологических процессов</p>						
			Продемонстрированы навыки термодинамического анализа рабочих процессов в тепловых машинах, определения параметров их работы, тепловой эффективности, без ошибок и недочетов	Продемонстрированы базовые навыки термодинамического анализа рабочих процессов в тепловых машинах, определения параметров их работы, тепловой эффективности, допущен ряд мелких ошибок	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач, много ошибок	Не продемонстрированы базовые навыки, допущены грубые ошибки

	ОПК-2.10	знать: принципы работы химико-технологических систем и аппаратов, а также протекающие в их элементах процессы при технологическом режиме				
			Знает принципы работы ХТС и аппаратов, а также протекающие в их элементах процессы при технологическом режиме. Не допускает ошибок.	Знает принципы работы ХТС и аппаратов, а также протекающие в их элементах процессы при технологическом режиме. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок.	Знает принципы работы ХТС и аппаратов, а также протекающие в их элементах процессы при технологическом режиме. Допускает множество мелких ошибок.	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки.
		уметь: рассчитывать основные показатели (параметры) работы установок ХТС и аппаратов, а также оценивать их эффективность				
	Умеет рассчитывать основные показатели и (параметры) работы установок ХТС и аппаратов, а также оценивать их эффективность. Не допускает ошибок.	Умеет рассчитывать основные показатели и (параметры) работы установок ХТС и аппаратов, а также оценивать их эффективность. Решает задачи с минимальными ошибками.	Умеет рассчитывать основные показатели и (параметры) работы установок ХТС и аппаратов, а также оценивать их эффективность. Решает типовые задачи, допускает много мелких ошибок.	Не сформировано умение рассчитывать основные показатели и (параметры) работы установок ХТС и аппаратов, а также оценивать их эффективность. Допускает при решении типовых задач грубые ошибки.		
владеть: методиками расчета ХТС и аппаратов и их элементов						

			Продемонстрированы навыки владения методиками расчета ХТС и аппаратов и их элементов.	Продемонстрированы базовые навыки владения методиками расчета ХТС и аппаратов и их элементов.	Продемонстрированы минимальные навыки владения методиками расчета ХТС и аппаратов и их элементов.	Не продемонстрированы навыки владения методиками расчета ХТС и аппаратов и их элементов.
--	--	--	---	---	---	--

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение расчетных работ в семестре; тестовых заданий; глубокое понимание технологических методов расчета норм расхода материалов, полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание);

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение расчетных работ в семестре; тестовых заданий; понимание технологических методов расчета норм расхода материалов, ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание);

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение расчетных работ в семестре и тестовых заданий;

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за слабое и неполное выполнение расчетных работ в семестре и тестовых заданий.

2. 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	Описание оценочного средства
устный опрос (устн)	оценочное средство, позволяющее оценить знания и кругозор студента, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные	опрос по теоретическому материалу
контрольная работа (КонтрР)	работа, состоящая из небольшого количества средних по трудности вопросов, задач или заданий, требующих	задачи по пройденной теме

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

1. Устный опрос

Примеры моделирования кинетики реакций ХТП

1. Определение скорости химической реакции.
2. Составление стехиометрического уравнения реакции.
3. Кинетические уравнения простых элементарных реакций.
4. Кинетические уравнения сложных реакций и соответствующие им дифференциальные уравнения.
5. Нахождение кинетических кривых.

Уравнения баланса массы, равновесия и кинетики реакции на примере математической модели ХТП

1. Общая характеристика математического описания системы
2. Принцип материального баланса.
3. Применение баланса массы в математической модели ХТП

Моделирование массообменного процесса на примере моделирования процесса адсорбции

1. Уравнения материального баланса ХТП
2. Уравнения кинетики сорбции, равновесия сорбции ХТП
3. Уравнения теплового баланса, передачи тепла ХТП

Сравнение химических реакторов идеального смешения и идеального вытеснения и каскада реакторов идеального смешивания

1. Сравнение химических реакторов при помощи параметра времени пребывания.
2. Анализ расчетных формул.
3. Нахождение степени превращения.
4. Получение графической зависимости реактора идеального смешивания и реактора идеального вытеснения.
5. Сравнительный анализ процессов различных реакторов.

Выбор вида и определение параметров немонотонной зависимости

1. Этапы моделирования.
2. Основные зависимости и параметры для их выбора.
3. Монотонная зависимость.

Сравнение экспериментальной и расчетной кривых

2. Контрольная работа

1. В прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе» охлаждается этиловый эфир от температуры $T_w(x=0)$ равной $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $T_w(x=L)$ равной $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Охлаждение эфира осуществляется рассолом, поступающим из холодильной установки при температуре $T_n(x=0)$ равной $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$. Объемный расход эфира $6,98\text{ м}^3/\text{ч}$, рассола – $2,61\text{ м}^3/\text{ч}$; диаметр внутренней трубы – $0,038\text{ м}$; плотность эфира $716\text{ кг}/\text{м}^3$ рассола – $1150\text{ кг}/\text{м}^3$; теплоемкость эфира – $0,514\text{ ккал}/(\text{кг град})$,

рассола – 0,813 ккал/(кг град); коэффициент теплопередачи – 475 ккал/(м² ч град). Найти длину теплообменника, необходимого для снижения температуры эфира до заданного значения. Определить профили температур эфира и рассола по длине теплообменника. За условный нуль принять температуру $T_H(x=0) = -17$ °С. Тогда $T_B(x=L) = 22$ °С, $T_H(x=0) = 0$ °С, $T_B(x=0) = 47$ °С.

2. Исследовать стационарный режим работы теплообменника типа «труба в трубе», используя данные, приведенные в задании 1 для случая противотока. Сопоставить эффективность теплообмена в обоих случаях, если длина теплообменника 60 м.

3. Определить необходимую длину противоточного теплообменника для охлаждения 1,6 м³ /ч сероуглерода от температуры кипения 46,3 °С до 22 °С. Охлаждающая вода нагревается до 25 °С. Диаметр внутренней трубы теплообменника 0,075 м; расход охлаждающей воды 0,32 м³/ч; плотность сероуглерода – 129 кг/м³, воды – 998 кг/м³; теплоемкость сероуглерода – 0,32 ккал/(кг град), воды – 0,999 ккал/(кг град); коэффициент теплопередачи – 168 ккал/(м² кг град).

Для найденной длины теплообменника исследовать стационарный режим прямоточного теплообменника. Установить, какую температуру приобретает охлаждаемый поток. Определить профили температур по длине теплообменника.

Вопросы промежуточной аттестации:

1. Понятия модели, моделирования.
2. Роль и значение моделирования в современном обществе.
3. Классы моделей (классификация).
4. Понятия системы. Признаки системности.
5. Модель структуры и состава системы.
6. Структурная схема системы.
7. Виды структурных схем системы.
8. Классификация видов моделей систем.
9. Понятие информационной системы (ИС).
10. Понятие информационной технологии (ИТ).
11. Основные функции ИС, структура ИС. Отличия от ИТ.
12. Системный подход в моделировании систем.
13. Понятие большой и сложной системы.
14. Основные задачи системотехники.
15. Схема функционирования управляемых систем.
16. Типы переменных систем.
17. Фрагмент классификации систем по описанию переменных.
18. Типы операторов систем.
19. Фрагмент классификации систем по типу их операторов.
20. Классификация систем по способу управления.
21. Классификация систем, управляемых извне.
22. Управление по параметрам.

23. Управление по структуре.
24. Ресурсы управления и качества системы.
25. Классификация систем по степени ресурсной обеспеченности управления.
26. Информационные аспекты изучения систем.
27. Сигналы в системах.
28. Типы сигналов.
29. Случайный процесс – математическая модель сигнала.
30. Классы случайных процессов. Примеры.
31. Математические модели реализации случайных процессов. Примеры.
32. Понятие энтропии. Примеры.
33. Понятие и назначение имитационных моделей.
34. Требования, предъявляемые к имитационным моделям.
35. Основные принципы имитационного моделирования информационных процессов.
36. Понятие математической модели.
37. Методы определения математических моделей.
38. Формы представления математических моделей.
39. Основные этапы математического моделирования.
40. Методы реализации математических моделей.
41. Оценка правильности математической модели.
42. Математические схемы моделирования систем.
43. Непрерывно-детерминированная схема модели.
44. Дискретно-детерминированная схема модели.
45. Дискретно-стохастическая схема модели.
46. Непрерывно-стохастическая схема модели.
47. Сетевые модели.
48. Комбинированные модели.
49. Понятие формализации.
50. Методика разработки и машинной реализации модели систем.
51. Этапы моделирования систем.
52. Понятие концептуальной модели.
53. Блочная модель системы. Переход от описания к блочной модели системы.
54. Понятие алгоритмизации. Логическая структура моделей.
55. Схемы алгоритмов. Построение логической схемы модели системы.
56. Этапы построения моделирующих алгоритмов.
57. Общая характеристика метода статистического моделирования.
58. Псевдослучайные последовательности и методы их генерирования.
59. Моделирование случайных воздействий на системы.
60. Пакеты прикладных программ моделирования систем.
61. Гибридные моделирующие комплексы.
62. Базы данных моделирования.

63. Основы систематизации языков моделирования систем.
64. Понятие планирования эксперимента.
65. Стратегическое планирование машинных экспериментов с моделями систем.
66. Tактическое планирование машинных экспериментов с моделями систем.
67. Особенности фиксации и статистической обработки результатов моделирования систем на ЭВМ.
68. Методы тестирования моделей систем.
69. Способы устранения расхождения между реальностью и результатами моделирования.
70. Особенности машинного синтеза.
71. Обработка результатов машинного эксперимента при синтезе систем.
72. Имитационное моделирование информационных систем и сетей.
73. Моделирование для принятия решений при управлении.
74. Особенности в системе управления.
75. Эволюционные и десижентные модели.
76. Элементы теории управления.
77. Схема разработки модели системы S.
78. Содержание, структура и логика прикладной теории.
79. Модели в адаптивных системах управления.
80. Моделирование в системах управления в реальном масштабе и времени.