

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Белгородский Валерий Савельевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 18.09.2023 12:17:16
Уникальный программный ключ:
8df276ee93e17c18e7bee9e7cad2d0ed9ab82473

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)»

Институт Химических технологий и промышленной экологии
Кафедра Энергоресурсоэффективных технологий, промышленной экологии и безопасности

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование химико-технологических процессов

Уровень образования	бакалавриат
Направление подготовки	18.03.01 Химическая технология
Направленность (профиль)	Химическая технология косметических средств, биологически активных веществ и красителей
Срок освоения образовательной программы по очной форме обучения	4 года
Форма(-ы) обучения	Очная

Рабочая программа учебной дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» основной профессиональной образовательной программы высшего образования, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры, протокол № 8 от 10.03.2023 г.

Разработчик(и) рабочей программы учебной дисциплины:

- | | |
|---------------------|--------------------|
| 1. доцент | Е. В. Отрубянников |
| 2. доцент | Е. С. Бородина |
| Заведующий кафедрой | О. И. Седяров |

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Учебная дисциплина «Моделирование химико-технологических процессов» изучается в седьмом семестре.

Курсовая работа/Курсовой проект – не предусмотрен(а)

1.1. Форма промежуточной аттестации: экзамен

1.2. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП

Учебная дисциплина «Моделирование химико-технологических процессов» относится к обязательной части программы.

Основой для освоения дисциплины являются результаты обучения по предшествующим дисциплинам, практикам:

- Математика;
- Информационные и коммуникационные технологии в профессиональной деятельности;

Результаты обучения по учебной дисциплине, используются при изучении следующих дисциплин и прохождения практик:

- Проведение научных теоретических и прикладных исследований.

Результаты освоения учебной дисциплины в дальнейшем будут использованы при выполнении выпускной квалификационной работы.

2. ЦЕЛИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Целями изучения дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» являются:

- ознакомление с основными методами моделирования для исследований и разработок в химической технологии; изучение понятий о взаимосвязях процессов, влияния возмущений и управлений на результат процессов; ознакомление с методами построения вероятностных моделей для исследований в химической технологии; изучение оптимального планирования экспериментов, основ типовых моделей структуры потоков и принципов их применения в химической технологии;

- формирование экспериментально-аналитического подхода к исследованиям и разработкам в химической технологии, методике оптимизации при разработке аппаратов; изучение базовых принципов информационных технологий в области химических технологий;

- формирование у обучающихся компетенций, установленных образовательной программой в соответствии с ФГОС ВО по данной дисциплине;

Результатом обучения по учебной дисциплине является овладение обучающимися знаниями, умениями, навыками и опытом деятельности, характеризующими процесс формирования компетенций и обеспечивающими достижение планируемых результатов освоения учебной дисциплины.

2.1. Формируемые компетенции, индикаторы достижения компетенций, соотнесённые с планируемыми результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	ИД-УК-2.2 Оценка решения поставленных задач в зоне своей ответственности в соответствии с запланированными результатами контроля, корректировка способов решения профессиональных задач.	<ul style="list-style-type: none"> = Способен анализировать возможность поддержания регламента процесса при возмущениях; – Определяет имеющиеся ресурсы и ограничения в рамках поставленной задачи при оптимизации процессов; – Имеет представление о выборе и использовании точек контроля в схеме химико-технологической установки.
	ИД-УК-2.3 Определение имеющихся ресурсов и ограничений, действующих правовых норм в рамках поставленных задач	
ОПК-4. Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	ИД-ОПК-4.5. Применение методов моделирования химико-технологических процессов и производств.	<ul style="list-style-type: none"> – Понимает особенности работы непрерывных аппаратов химической технологии, способен анализировать их управляемость на основе метода моделирования; – Способен обрабатывать функции отклика по данным экспериментов макрогидродинамики; – Может оценивать влияние изменения свойств сырья на параметры технологического процесса.
ОПК-6. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.	ИД-ОПК-6.2. Анализ базовых принципов информационных технологий для решения актуальных задач в области химических технологий.	<ul style="list-style-type: none"> – Понимает базовые принципы работы современных информационных технологий; – Использует современную вычислительную технику и специализированное программное обеспечение для анализа и обработки экспериментальных данных и моделирования технологических процессов и аппаратов
	ИД-ОПК-6.3. Применение прикладного программного обеспечения для разработки и оформления технической документации.	

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоёмкость учебной дисциплины по учебному плану составляет:

<i>по очной форме обучения –</i>	4	з.е.	144	час.
----------------------------------	---	-------------	-----	-------------

3.1. Структура учебной дисциплины для обучающихся по видам занятий (очная форма обучения)

Структура и объем дисциплины									
Объем дисциплины по семестрам	форма промежуточной аттестации	всего, час	Контактная аудиторная работа, час				Самостоятельная работа обучающегося, час		
			лекции, час	практические занятия, час	лабораторные занятия, час	практическая подготовка, час	курсовая работа/ курсовой проект	самостоятельная работа обучающегося, час	промежуточная аттестация, час
7 семестр	Экзамен	144	36		36			36	36
Всего:	Экзамен	144	36		36			36	36

3.2. Структура учебной дисциплины для обучающихся по разделам и темам дисциплины: (очная форма обучения)

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код(ы) формируемой(ых) компетенции(й) и индикаторов достижения компетенций	Наименование разделов, тем; форма(ы) промежуточной аттестации	Виды учебной работы				Самостоятельная работа, час	Виды и формы контрольных мероприятий, обеспечивающие по совокупности текущий контроль успеваемости; формы промежуточного контроля успеваемости
		Контактная работа					
		Лекции, час	Практические занятия, час	Лабораторные работы, час	Практическая подготовка, час		
Пятый семестр							
УК-2: ИД-УК-2.2 ОПК-4: ИД-ОПК-4.5 ОПК-6: ИД-ОПК-6.2 ИД-ОПК-6.3	Раздел I. Вероятностный подход к моделированию	х	х	х	х	7	Формы текущего контроля по разделу I: 1. выполнение индивидуальных на лабораторных работах заданий. 2. защита лабораторных работ.
	Тема 1.1 Математическое моделирование химикотехнологических процессов (ХТП)	2				х	
	Тема 1.2 Функция одной переменной. Выбор вида и определение параметров эмпирической зависимости. Пример монотонной зависимости	2					
	Тема 1.3 Выбор вида и определение параметров немонотонной зависимости	2				х	
	Тема 1.4. Функции многих переменных. Множественная регрессия	2				х	
	Тема 1.5 Планирование эксперимента. Полный факторный эксперимент. Планирование второго порядка.	2					
	Лабораторное занятие № 1.1 Освоение математических пакетов для обработки данных Octave. Графическое отображение математических зависимостей			4		х	
	Лабораторное занятие № 1.2 Обработка результатов эксперимента. Метод наименьших квадратов.			6		х	
	УК-2: ИД-УК-2.2 ОПК-4:	Раздел II. Математическое моделирование гидродинамической структуры однофазных потоков	х	х	х	х	
	Тема 2.1	2				х	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код(ы) формируемой(ых) компетенции(й) и индикаторов достижения компетенций	Наименование разделов, тем; форма(ы) промежуточной аттестации	Виды учебной работы				Самостоятельная работа, час	Виды и формы контрольных мероприятий, обеспечивающие по совокупности текущий контроль успеваемости; формы промежуточного контроля успеваемости
		Контактная работа					
		Лекции, час	Практические занятия, час	Лабораторные работы, час	Практическая подготовка, час		
<i>ИД-ОПК-4.5</i> <i>ОПК-6:</i> <i>ИД-ОПК-6.2</i> <i>ИД-ОПК-6.3</i>	Время пребывания элементов потока как случайная величина. Распределения времени пребывания элементов потока.						1. выполнение индивидуальных заданий. на лабораторных работах 2. защита лабораторных работ.
	Тема 2.2 Интегральная и дифференциальная функции распределения времени пребывания элементов потока. Типовые модели структуры потоков	4				x	
	Лабораторное занятие № 2.1 Исследование гидродинамики насадочного абсорбера			6		x	
<i>УК-2:</i> <i>ИД-УК-2.2</i> <i>ОПК-4:</i> <i>ИД-ОПК-4.5</i> <i>ОПК-6:</i> <i>ИД-ОПК-6.2</i> <i>ИД-ОПК-6.3</i>	Раздел III. Математическое моделирование теплообменных процессов	x	x	x	x	7	Формы текущего контроля по разделу III: 1. выполнение индивидуальных заданий. на лабораторных работах 2. защита лабораторных работ.
	Тема 3.1 Основы теплового расчета. Математические модели теплообменников.	2				x	
	Тема 3.2 Оптимальное проектирование теплообменного аппарата. Постановка задачи оптимального проектирования. Алгоритм расчета критерия оптимизации	2					
	Тема 3.3 Моделирование противоточного теплообменника	2					
	Лабораторное занятие № 3.1 Моделирование теплообменных аппаратов в стационарном режиме.			6		x	
	Раздел IV. Математическое моделирование кинетики химических реакций					7	
	Тема 4.1	2					

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код(ы) формируемой(ых) компетенции(й) и индикаторов достижения компетенций	Наименование разделов, тем; форма(ы) промежуточной аттестации	Виды учебной работы				Самостоятельная работа, час	Виды и формы контрольных мероприятий, обеспечивающие по совокупности текущий контроль успеваемости; формы промежуточного контроля успеваемости
		Контактная работа					
		Лекции, час	Практические занятия, час	Лабораторные работы, час	Практическая подготовка, час		
	Основные понятия химической кинетики.						
	Тема 4.2 Методы упрощения математической модели кинетики ХТП	2					
	Тема 4.3 Примеры моделирования кинетики реакций ХТП	2					
	Лабораторное занятие № 4.1 Моделирование кинетики химических реакций			10			
УК-2: ИД-УК-2.2 ИД-УК-2.3 ОПК-4: ИД-ОПК-4.5 ОПК-6: ИД-ОПК-6.2 ИД-ОПК-6.3	Раздел V. Математическое моделирование массообменных процессов					8	1. выполнение индивидуальных заданий. на лабораторных работах 2. защита лабораторных работ.
	Тема 5.1 Блочный принцип построения моделей массопередачи	2					
	Тема 5.2 Общая характеристика математического описания массообменных процессов	4					
	Тема 5.4 Моделирование массообменного процесса на примере моделирования процесса адсорбции	2					
	Лабораторная работа 5.1 Численное решение задач оптимизации			4			
	Экзамен	х	х	х	х	36	Экзамен
	ИТОГО за 5 семестр	36		36		36	
	ИТОГО за весь период	36		36		36	

3.3. Краткое содержание учебной дисциплины

№ п.п.	Наименование раздела и темы дисциплины	Содержание раздела (темы)
Раздел I	Вероятностный подход к моделированию	
Тема 1.1	Математическое моделирование химикотехнологических процессов (ХТП)	Основные понятия и определения. Классификация моделей. Теория подобия и физическое моделирование. Математическое моделирование. Виды математических моделей. Основные требования к процессу моделирования.
Тема 1.2	Функция одной переменной. Выбор вида и определение параметров эмпирической зависимости. Пример монотонной зависимости	Корреляционный и регрессионный анализ. Виды корреляционной связи. Парная корреляция. Коэффициент корреляции и проверка его значимости. Сила корреляционной связи. Поле корреляции. Корреляционное отношение. Модели ХТП в виде линейных полиномов. Метод наименьших квадратов. Система нормальных уравнений и ее решение в матричном виде. Проверка значимости коэффициентов регрессии и адекватности получаемых моделей.
Тема 1.3	Выбор вида и определение параметров немонотонной зависимости	Статистические модели в виде нелинейных полиномов. Достоинства и недостатки статистических моделей построенных на основе данных пассивного эксперимента.
Тема 1.4	Функции многих переменных. Множественная регрессия	Общее назначение. Вычислительные аспекты. МНК. Однозначный прогноз и частная корреляция. Предсказанные значения и остатки. Остаточная дисперсия и коэффициент детерминации R-квадрат. Интерпретация коэффициента множественной корреляции R. Предположение линейности. Предположение нормальности. Ограничения. Выбор числа переменных
Тема 1.5	Планирование эксперимента. Полный факторный эксперимент. Планирование второго порядка.	Основные положения вывода системы нормальных уравнений, свойства системы. Принципы оптимального планирования. Свойства матрицы спланированного эксперимента.
Раздел II	Математическое моделирование гидродинамической структуры однофазных потоков	
Тема 2.1	Тема 2.1 Время пребывания элементов потока как случайная величина. Распределения времени пребывания элементов потока.	Экспериментальное определение структуры потоков. Экспериментальное изучение распределения частиц потока во времени. Импульсный и ступенчатый сигнал. Трассеры.
Тема 2.2	Тема 2.2 Интегральная и дифференциальная функции распределения времени пребывания элементов потока. Типовые модели структуры потоков	Модели идеального вытеснения и смешения. Понятие о конвективной и молекулярной диффузии. Модели реальных потоков (однопараметрическая диффузионная и ячеечная модели).
Раздел III	Математическое моделирование теплообменных процессов	
Тема 3.1	Основы теплового расчета. Математические модели теплообменников.	Основы теплового расчета. Математические модели теплообменников.

Тема 3.2	Оптимальное проектирование теплообменного аппарата. Постановка задачи оптимального проектирования. Алгоритм расчета критерия оптимизации	Оптимальное проектирование теплообменного аппарата. Оптимизационные задачи и этапы их решения. Общая постановка задачи оптимизации, критерий оптимальности, ограничения.. Алгоритм расчета критерия оптимизации
Тема 3.3	Моделирование противоточного теплообменника	Моделирование противоточного теплообменника
Раздел IV	Математическое моделирование кинетики химических реакций	
Тема 4.1	Основные понятия химической кинетики.	Основные понятия химической кинетики. Классификация реакций. Скорость химической реакции. Кинетические уравнения. Простые и сложные реакции. Степень превращения. Степень полноты реакции. Стехиометрические уравнения. Стехиометрическая матрица
Тема 4.2	Методы упрощения математической модели кинетики ХТП	Методы упрощения математической модели кинетики ХТП. Стехиометрические линейно зависимые и линейно независимые реакции. Линейные инварианты. Этапы идентификации математической модели кинетики химических реакций
Тема 4.3	Примеры моделирования кинетики реакций ХТП	Примеры моделирования кинетики реакций ХТП. Моделирование кинетики гомогенных химических реакций. Моделирование кинетики гетерогенных химических реакций
Раздел V.	Математическое моделирование массообменных процессов	
Тема 5.1	Блочный принцип построения моделей массопередачи	Блочный принцип построения моделей массопередачи. Системный подход в моделировании химико-технологических процессов. Масштабный переход.
Тема 5.2	Общая характеристика математического описания массообменных процессов	Общая характеристика математического описания массообменных процессов. Уравнения баланса массы, равновесия и кинетики реакции на примере математической модели ХТП
Тема 5.3	Моделирование массообменного процесса на примере моделирования процесса адсорбции	Массообменный процесс адсорбции. Моделирование массообменного процесса на примере моделирования процесса адсорбции

3.4. Организация самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студента – обязательная часть образовательного процесса, направленная на развитие готовности к профессиональному и личностному самообразованию, на проектирование дальнейшего образовательного маршрута и профессиональной карьеры.

Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине организована как совокупность аудиторных и внеаудиторных занятий и работ, обеспечивающих успешное освоение дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине выполняется на учебных занятиях под руководством преподавателя и по его заданию. Аудиторная самостоятельная работа обучающихся входит в общий объем времени, отведенного учебным планом на аудиторную работу, и регламентируется расписанием учебных занятий.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся – планируемая учебная, научно-исследовательская, практическая работа обучающихся, выполняемая во внеаудиторное время

по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия, расписанием учебных занятий не регламентируется.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся включает в себя:

- подготовку к лекциям, лабораторным занятиям, зачету
- изучение учебных пособий;
- изучение разделов/тем, невыносимых на лекции и лабораторные занятия самостоятельно;
- изучение теоретического и практического материала по рекомендованным источникам;
- подготовка к выполнению лабораторных работ и отчетов по ним;
- подготовка к индивидуальным заданиям;
- выполнение отчетов по лабораторным работам.
- подготовка к промежуточной аттестации в течение семестра.

Самостоятельная работа обучающихся с участием преподавателя в форме иной контактной работы предусматривает групповую и (или) индивидуальную работу с обучающимися и включает в себя:

- проведение консультаций перед зачетом по необходимости;
- консультации по организации самостоятельного изучения отдельных разделов/тем, базовых понятий учебных дисциплин профильного/родственного бакалавриата, которые формировали ОПК и ПК, в целях обеспечения преемственности образования.

Перечень разделов/тем/, полностью или частично отнесенных на самостоятельное изучение с последующим контролем:

№ п.п.	Наименование раздела /темы дисциплины, выносимые на самостоятельное изучение	Задания для самостоятельной работы	Виды и формы контрольных мероприятий (учитываются при проведении текущего контроля)	Трудоемкость, час
Раздел I	Вероятностный подход к моделированию			
Тема 1.1	Математическое моделирование химикотехнологических процессов (ХТП)	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе). Подготовка к лабораторным работам. Выполнение отчетов по лабораторным работам.	устное собеседование по результатам выполненной работы, защита лабораторных работ	7
Тема 1.2	Функция одной переменной. Выбор вида и определение параметров эмпирической зависимости. Пример монотонной зависимости			
Тема 1.3	Выбор вида и определение параметров немонотонной зависимости			

Тема 1.4.	Функции многих переменных. Множественная регрессия			
Тема 1.5	Планирование эксперимента. Полный факторный эксперимент. Планирование второго порядка.			
Раздел II	Математическое моделирование гидродинамической структуры однофазных потоков			
Тема 2.2	Тема 2.1 Время пребывания элементов потока как случайная величина. Распределения времени пребывания элементов потока.	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе). Проработка дополнительной литературы Подготовка к лабораторным работам. Выполнение отчетов по лабораторным работам.	устное собеседование по результатам выполненной работы, защита лабораторных работ	7
Тема 2.4	Тема 2.2 Интегральная и дифференциальная функции распределения времени пребывания элементов потока. Типовые модели структуры потоков			
Раздел III	Математическое моделирование теплообменных процессов			
Тема 3.1	Основы теплового расчета. Математические модели теплообменников.	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе). Проработка дополнительной литературы Подготовка к лабораторным работам. Выполнение отчетов по лабораторным работам.	устное собеседование по результатам выполненной работы, защита лабораторных работ	7
Тема 3.2	Оптимальное проектирование теплообменного аппарата. Постановка задачи оптимального проектирования. Алгоритм расчета критерия оптимизации			
Раздел IV	Математическое моделирование кинетики химических реакций			
Тема 4.1	Основные понятия химической кинетики.	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе). Проработка дополнительной литературы Подготовка к лабораторным работам. Выполнение отчетов по лабораторным работам.	устное собеседование по результатам выполненной работы, защита лабораторных работ	7
Тема 4.2	Методы упрощения математической модели кинетики ХТП			
Раздел V.	Математическое моделирование массообменных процессов			
Тема 5.1	Блочный принцип построения моделей массопередачи	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе). Проработка	устное собеседование по результатам	8

Тема 5.2	Общая характеристика математического описания массообменных процессов	дополнительной литературы Подготовка к лабораторным работам. Выполнение отчетов по лабораторным работам.	выполненной работы, защита лабораторных работ	
----------	---	--	---	--

3.5. Применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий

При реализации программы учебной дисциплины/учебного модуля электронное обучение и дистанционные образовательные технологии не применяются.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ, СИСТЕМА И ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ

4.1. Соотнесение планируемых результатов обучения с уровнями сформированности компетенции(й).

Уровни сформированности компетенции(-й)	Итоговое количество баллов в 100-балльной системе по результатам текущей и промежуточной аттестации	Оценка в пятибалльной системе по результатам текущей и промежуточной аттестации	Показатели уровня сформированности		
			универсальной(-ых) компетенции(-й)	общепрофессиональной(-ых) компетенций	профессиональной(-ых) компетенции(-й)
			УК-2 ИД-УК-2.2 ИД-УК-2.3	ОПК-4 ИД-ОПК-4.5 ОПК-6 ИД-ОПК-6.2 ИД-ОПК-6.3	
высокий повышенный	85 – 100 65 – 84	отлично	<p>Обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализирует и систематизирует изученный материал с обоснованием актуальности его использования в области химической технологии; – применяет методы анализа и синтеза практических проблем химической технологии; – демонстрирует системный подход при исследовании химико-технологических процессов; – правильно применяет теоретические положения при решении практических задач – правильно применяет теоретические положения при решении задач оптимизации процессов химической технологии 	<p>Обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – исчерпывающе и логически стройно излагает учебный материал по применению методов моделирования химико-технологических процессов и производств, умеет связывать теорию с практикой; – способен провести целостный анализ основных задач исследования и разработок в химической технологии; – дает развернутые, профессионально грамотные ответы на вопросы, в том числе, дополнительные; – ориентируется в учебной и профессиональной литературе; – Применяет информационные технологии при анализе и обработке экспериментальных данных и 	

				математических моделей исследуемых процессов и явлений.	
повышенный	65 – 84	хорошо	<p>Обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализирует и систематизирует изученный материал – применяет методы анализа и синтеза практических проблем химической технологии; – демонстрирует системный подход при исследовании химико-технологических процессов; – правильно применяет теоретические положения при решении практических задач, но испытывать затруднения в применении некоторых теоретических положений в химической технологии; – понимает принципы оптимизации процессов химической технологии – ответ отражает в целом сформированные, но возможно содержащие незначительные пробелы знания. 	<p>Обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – логически стройно излагает учебный материал по применению методов моделирования химико-технологических процессов и производств, умеет связывать теорию с практикой; – способен провести целостный анализ основных задач исследования и разработок в химической технологии; – дает грамотные ответы на вопросы; – достаточно хорошо ориентируется в учебной и профессиональной литературе; – Применяет информационные технологии при анализе и обработке экспериментальных данных и математических моделей исследуемых процессов и явлений. – может допускать единичные негрубые ошибки; – ответ отражает знания на повышенном уровне теоретического и практического материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профилю обучения. – 	

базовый	41 – 64	удовлетворительно	<p>Обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – знает основные источники литературы области химической технологии; – знает методы анализа и синтеза практических проблем химической технологии; – демонстрирует понимание общих принципов системного подхода при исследовании химико-технологических процессов, но испытывает трудности в применении его на практике; – испытывает затруднения в применении некоторых теоретических положений в химической технологии; – ответ отражает в целом сформированные компетенции на базовом уровне, но содержит много ошибок. 	<p>Обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – знает на базовом уровне учебный материал по применению методов моделирования химико-технологических процессов и производств,; – плохо ориентируется в учебной и профессиональной литературе; – Применяет информационные технологии при анализе и обработке экспериментальных данных и математических моделей исследуемых процессов и явлений, но не способен решать сложные задачи – допускает значительны ошибки; – ответ отражает знания на базовом уровне теоретического и практического материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профилю обучения. 	
низкий	0 – 40	не зачтено	<p>Обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – демонстрирует фрагментарные знания теоретического и практического материала по моделированию химико-технологических процессов, допускает грубые ошибки при его изложении на занятиях и в ходе промежуточной аттестации; – испытывает серьёзные затруднения в применении теоретических положений при решении практических задач моделирования стандартного уровня сложности, не владеет необходимыми для этого навыками и приёмами; – не способен проанализировать взаимосвязь экспериментальных и аналитических задач при исследованиях и разработках в химической технологии; 		

			<ul style="list-style-type: none">– не владеет принципами пространственно-временной организации индикаторного метода при исследованиях и разработке аппаратов;– выполняет задания только по образцу и под руководством преподавателя;– ответ отражает отсутствие знаний на базовом уровне теоретического и практического материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы.
--	--	--	--

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ, ВКЛЮЧАЯ САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

При проведении контроля самостоятельной работы обучающихся, текущего контроля и промежуточной аттестации по учебной дисциплине «Моделирование химико-технологических процессов» проверяется уровень сформированности у обучающихся компетенций и запланированных результатов обучения по дисциплине, указанных в разделе 2 настоящей программы.

5.1 Формы текущего контроля успеваемости, примеры типовых заданий:

№ п.п.	Формы текущего контроля	Примеры типовых заданий	Формируемая компетенция																																														
1	Индивидуальные задания по разделу к лабораторным работам	<p>Лабораторная работа №1.1</p> <p>Построить график функции $f(x)$ и приблизительно определить один из корней уравнения. Решить уравнение $f(x) = 0$ с точностью $\varepsilon = 10^{-4}$.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Вариант</th> <th>Функция</th> <th>Вариант</th> <th>Функция</th> <th>Вариант</th> <th>Функция</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>$3 \sin(\sqrt{x}) + 0,35x - 3,8$ $x \in [2; 3]$</td> <td>2</td> <td>$x - \frac{1}{3 + \sin(3,6x)}$ $x \in [0; 1]$</td> <td>3</td> <td>$\arccos x - \sqrt{1 - 0,3x^3}$ $x \in [0; 1]$</td> </tr> </tbody> </table>	Вариант	Функция	Вариант	Функция	Вариант	Функция	1	$3 \sin(\sqrt{x}) + 0,35x - 3,8$ $x \in [2; 3]$	2	$x - \frac{1}{3 + \sin(3,6x)}$ $x \in [0; 1]$	3	$\arccos x - \sqrt{1 - 0,3x^3}$ $x \in [0; 1]$	<p>УК-2: ИД-УК-2.2 ОПК-6: ИД-ОПК-6.2 ИД-ОПК-6.3</p>																																		
		Вариант	Функция	Вариант	Функция	Вариант	Функция																																										
1	$3 \sin(\sqrt{x}) + 0,35x - 3,8$ $x \in [2; 3]$	2	$x - \frac{1}{3 + \sin(3,6x)}$ $x \in [0; 1]$	3	$\arccos x - \sqrt{1 - 0,3x^3}$ $x \in [0; 1]$																																												
<p>Лабораторная работа №1.2</p> <p>Построить для экспериментальных данных уравнение регрессии в виде полинома некоторой степени и подобрать её оптимальное значение.</p> <p>Вариант №1</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>x</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>y</td> <td>2.0</td> <td>5.28</td> <td>9.31</td> <td>13.9</td> <td>19.0</td> <td>24.5</td> <td>30.4</td> <td>36.7</td> <td>43.3</td> <td>50.2</td> </tr> </tbody> </table> <p>Построить для экспериментальных данных уравнение регрессии в виде $Y = a \cdot x^b \cdot e^{cx}$. При этом согласно исходных данных зависимость функции отклика от влияющего фактора должна находиться с помощью функции <code>polyfit(x, y, k)</code> и функции <code>c=sqr(c, @f_mnk)</code>.</p> <p>Вариант №1</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>x</th> <th>1</th> <th>1.5</th> <th>2</th> <th>2.5</th> <th>3</th> <th>3.5</th> <th>4</th> <th>4.5</th> <th>5</th> <th>5.5</th> <th>6</th> <th>6.5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>y</td> <td>0.121</td> <td>0.175</td> <td>0.228</td> <td>0.278</td> <td>0.328</td> <td>0.377</td> <td>0.425</td> <td>0.472</td> <td>0.529</td> <td>0.565</td> <td>0.618</td> <td>0.657</td> </tr> </tbody> </table>	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	y	2.0	5.28	9.31	13.9	19.0	24.5	30.4	36.7	43.3	50.2	x	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	y	0.121	0.175	0.228	0.278	0.328	0.377	0.425	0.472	0.529	0.565	0.618	0.657	<p>ОПК-4: ИД-ОПК-4.5 ОПК-6: ИД-ОПК-6.2 ИД-ОПК-6.3</p>
x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																							
y	2.0	5.28	9.31	13.9	19.0	24.5	30.4	36.7	43.3	50.2																																							
x	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5																																					
y	0.121	0.175	0.228	0.278	0.328	0.377	0.425	0.472	0.529	0.565	0.618	0.657																																					

Лабораторная работа № 2.1

1. Ознакомиться с методикой моделирования гидродинамики насадочного абсорбера.
2. Ознакомиться со структурной схемой алгоритма исследования гидродинамики насадочного абсорбера.
3. Подготовить исходные данные.
4. Разработать программу и выполнить расчеты при различных значениях числа ячеек (N).
5. Выбрать оптимальное число ячеек.

Концентрация абсорбируемого компонента C_0 , % об.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	0,155	0,18	0,40	0,05	0,10	0,075	0,18	0,35	0,10	0,20
Концентрация на выходе из абсорбера, % об.										
Время, с										
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	0,0025	0,001	0,005	0,006	0,002	0,014	0,002	0,070	0,015	0,100
2	0,0100	0,008	0,020	0,013	0,012	0,023	0,050	0,150	0,030	0,120

Лабораторная работа № 3.1

1. Ознакомиться с методикой построения математической модели теплообменника.
2. Ознакомиться с методикой расчета статистических и динамических характеристик теплообменника.
3. Построить математическую модель теплообменного аппарата типа «труба в трубе».
4. Выбрать численный метод и разработать программу расчета.
5. Исследовать влияние температуры и расхода теплоносителя и хладагента, выбрать оптимальную длину теплообменного аппарата.

Вариант	Теплоноситель	Начальная температура, °С	Объёмная скорость, м ³ /с	Плотность, кг/м ³	Теплоёмкость, Дж/кг·°С
1	Горячий Холодный	180	$2,3 \cdot 10^{-4}$	900	$3,35 \cdot 10^3$
		25	$5,1 \cdot 10^{-4}$	1000	$4,19 \cdot 10^3$
2	Горячий Холодный	190	$1,3 \cdot 10^{-4}$	890	$3,15 \cdot 10^3$
		35	$4,1 \cdot 10^{-4}$	990	$4,1 \cdot 10^3$
3	Горячий Холодный	210	$2,5 \cdot 10^{-4}$	920	$3,45 \cdot 10^3$

УК-2:
ИД-УК-2.2
ОПК-4:
ИД-ОПК-4.5
ОПК-6:
ИД-ОПК-6.2
ИД-ОПК-6.3

		15	$5,1 \cdot 10^{-4}$	1000	$4,19 \cdot 10^3$
--	--	----	---------------------	------	-------------------

Лабораторная работа № 4.1

1. Составить, в соответствии с заданной схемой реакций, на основании закона действующих масс кинетическую модель.
2. Разработать алгоритм расчёта составленной кинетической модели с использованием численных методов Эйлера и Рунге-Кутты.
3. Разработать программу расчета кинетики с учетом температурной зависимости констант скорости гомогенной химической реакции.

№ задания	Уравнение химической реакции	Начальные концентрации, моль/л	Значение констант скоростей при $T = 580 \text{ K}$			Значения энергии активации E , Дж/моль		
			k_1	k_2	k_3	E_1	E_2	E_3
1	k_1 $2A \leftrightarrow 2B + C$ k_2	$CA_0 = 0,5$	0,2	0,15	–	$9,305 \cdot 10^4$	$10,1 \cdot 10^4$	–
2	k_1 $2A \rightarrow B + C$ k_2 k_3 $D + E \rightarrow B$	$CA_0 = 0,3;$ $CE_0 = 0,2;$ $CD_0 = 0,2$	0,4	0,2	0,3	$11,514 \cdot 10^4$	$9,524 \cdot 10^4$	$7,254 \cdot 10^4$
3	k_1 $A \leftrightarrow 2B + C$ k_2 k_3 $B + D \rightarrow C$	$CA_0 = 0,3;$ $CD_0 = 0,4$	0,2	0,2	0,1	$12,444 \cdot 10^4$	$14,897 \cdot 10^4$	$14,1 \cdot 10^4$

1. Составить кинетическую модель гетерогенной химической реакции.
2. Выбрать метод решения системы дифференциальных уравнений.
3. Разработать программу расчета и провести расчеты на ЭВМ.

№ задания	Уравнение химической реакции	Начальные концентрации, мольн. доли	Значения констант скоростей
1	Реакция изомеризации пентана	$CC_5H_{12}(0) = 0,64;$ $Сизо-C_5H_{12}(0) = 0;$	$k_1 = 0,32;$ $k_2 = 0,18;$

		$\text{н-C}_5\text{H}_{12} + z \xleftarrow{k_1} z \cdot \text{н-C}_5\text{H}_{12}$ $z\text{C}_5\text{H}_{12} \xleftarrow{k-2} z \cdot \text{изо-C}_5\text{H}_{12}$ $\frac{z \cdot \text{изо-C}_5\text{H}_{12} \xrightarrow{k_3} z + \text{изо-C}_5\text{H}_{12}}{\text{н-C}_5\text{H}_{12} \longrightarrow \text{изо-C}_5\text{H}_{12}}$	$Z(0)=1;$ $Z_{\text{н-C}_5\text{H}_{12}}(0)=0;$ $Z_{\text{изо-C}_5\text{H}_{12}}(0)=0$	$k_3=0,14;$ $k-1=0,09;$ $k-2=0,08$
2	<p>Реакция диспропорционирования</p> $\text{C}_3\text{H}_8 + z \xleftarrow{k_1} z\text{C}_3\text{H}_8$ $z\text{C}_3\text{H}_8 + \text{C}_3\text{H}_8 \xleftarrow{k_2} z\text{C}_4\text{H}_{10} + \text{C}_2\text{H}_6$ $\frac{z\text{C}_4\text{H}_{10} \xrightarrow{k_3} z + \text{C}_4\text{H}_{10}}{2\text{C}_3\text{H}_8 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_6 + \text{C}_4\text{H}_{10}}$	$\text{CC}_3\text{H}_8(0)=0,73;$ $\text{CC}_2\text{H}_6(0)=0;$ $\text{CC}_4\text{H}_{10}(0)=0;$ $Z(0)=1;$ $Z_{\text{C}_3\text{H}_8}(0)=;$ $Z_{\text{C}_4\text{H}_{10}}(0)=0$	$k_1=0,54;$ $k_2=0,48;$ $k_3=0,38;$ $k-1=0,02;$ $k-2=0,11$	
3	<p>Реакция диспропорционирования</p> $\text{C}_3\text{H}_8 + z \xleftarrow{k_1} z\text{C}_3\text{H}_8$ $\frac{z\text{C}_3\text{H}_8 + \text{C}_3\text{H}_8 \xleftarrow{k_2} z + \text{C}_4\text{H}_{10} + \text{C}_2\text{H}_6}{2\text{C}_3\text{H}_8 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_6 + \text{C}_4\text{H}_{10}}$	$\text{CC}_3\text{H}_8(0)=0,73;$ $\text{CC}_2\text{H}_6(0)=0;$ $\text{CC}_4\text{H}_{10}(0)=0;$ $Z(0)=1;$ $Z_{\text{C}_3\text{H}_8}(0)=0$	$k_1=0,54;$ $k_2=0,43;$ $k-1=0,0;$ $k-2=0,11$	

		<p style="text-align: center;">Лабораторная работа № 5.1</p> <p style="text-align: center;">1. Нахождение экстремумов функций. Определить возможные экстремумы функций (В случае множества экстремумов ограничиться тремя)</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Вариант</th> <th>Функция</th> <th>Вариант</th> <th>Функция</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>$x - \sin x = 0.25$ $x^3 - 3x^2 + 9x - 8 = 0$</td> <td>2</td> <td>$tg(0.2 + x) = x^3 + 3$ $x^3 + 2x^2 - 7x + 1 = 0$</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">2. Решение задач оптимизации Решить задачу оптимизации методом целочисленного программирования</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Вариант</th> <th>Функция</th> <th>Вариант</th> <th>Функция</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>$W = 2x_1 - x_2 + x_4 \rightarrow \min$ $\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 - x_4 \leq 1 \\ x_1 - x_2 + x_3 - x_4 \leq 0 \\ 2x_1 + x_2 + x_3 - x_4 \geq 3 \end{cases}$</td> <td>2</td> <td>$W = x_1 + x_3 \rightarrow \max$ $\begin{cases} 2x_1 - 7x_2 + 22x_3 \leq 22 \\ 2x_1 - x_2 + 6x_3 \leq 6 \\ 2x_1 - 5x_2 + 2x_3 \leq 2 \\ -4x_1 + x_2 + x_3 \leq 1 \end{cases}$</td> </tr> </tbody> </table>	Вариант	Функция	Вариант	Функция	1	$x - \sin x = 0.25$ $x^3 - 3x^2 + 9x - 8 = 0$	2	$tg(0.2 + x) = x^3 + 3$ $x^3 + 2x^2 - 7x + 1 = 0$	Вариант	Функция	Вариант	Функция	1	$W = 2x_1 - x_2 + x_4 \rightarrow \min$ $\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 - x_4 \leq 1 \\ x_1 - x_2 + x_3 - x_4 \leq 0 \\ 2x_1 + x_2 + x_3 - x_4 \geq 3 \end{cases}$	2	$W = x_1 + x_3 \rightarrow \max$ $\begin{cases} 2x_1 - 7x_2 + 22x_3 \leq 22 \\ 2x_1 - x_2 + 6x_3 \leq 6 \\ 2x_1 - 5x_2 + 2x_3 \leq 2 \\ -4x_1 + x_2 + x_3 \leq 1 \end{cases}$	<p>УК-2: ИД-УК-2.2 ИД-УК-2.3 ОПК-6: ИД-ОПК-6.2 ИД-ОПК-6.3</p>
Вариант	Функция	Вариант	Функция																
1	$x - \sin x = 0.25$ $x^3 - 3x^2 + 9x - 8 = 0$	2	$tg(0.2 + x) = x^3 + 3$ $x^3 + 2x^2 - 7x + 1 = 0$																
Вариант	Функция	Вариант	Функция																
1	$W = 2x_1 - x_2 + x_4 \rightarrow \min$ $\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 - x_4 \leq 1 \\ x_1 - x_2 + x_3 - x_4 \leq 0 \\ 2x_1 + x_2 + x_3 - x_4 \geq 3 \end{cases}$	2	$W = x_1 + x_3 \rightarrow \max$ $\begin{cases} 2x_1 - 7x_2 + 22x_3 \leq 22 \\ 2x_1 - x_2 + 6x_3 \leq 6 \\ 2x_1 - 5x_2 + 2x_3 \leq 2 \\ -4x_1 + x_2 + x_3 \leq 1 \end{cases}$																
2	Задания к защитам лабораторных работ	<p>Защита ЛР № 1.1 в виде тестирования Задания с выбором ответа</p> <p>1. Выберите верное утверждение:</p> <p>(1) Octave является интерпретируемым языком программирования (2) Octave — название интерпретатора в пакете MATLAB (3) Octave — это графическая оболочка пакета компьютерной алгебры GNU (4) Octave — это свободно распространяемый текстовый редактор</p> <p>2. Выберите верное утверждение. Символ ";" (точка с запятой)</p> <p>(1) обязателен в конце каждой строки программы на Octave (2) применяется для блокировки вывода результата на экран инструкции в соответствующей строке (3) применяется для объявления комментария (4) применяется для отделения столбцов при заполнении матриц</p> <p>3. Выберите верное утверждение. Символ "%" (процент)</p> <p>(1) применяется для объявления комментария (2) применяется для вычисления остатка от деления чисел (3) является оператором деления чисел (4) является оператором взятия по модулю числа</p>	<p>УК-2: ИД-УК-2.2 ОПК-6: ИД-ОПК-6.2 ИД-ОПК-6.3</p>																

		<p>Задания на работу с программой Простые вычисления (1 вопрос)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вычислите значение выражения $(\sin(7,6))^3$. Ответ округлите до двух знаков после запятой. Ответ: 0,91 2. Вычислите значение выражения $(\sin(0,33))^3$. Ответ округлите до двух знаков после запятой. Ответ: 0,03 3. Вычислите значение выражения $(\sin(0,33))^2 + (\cos(0,66))^2$. Ответ округлите до двух знаков после запятой. Ответ: 0,73 	
		<p><i>Защита ЛР № 1.2</i> Абсциссы экспериментальных точек: $x=[0.16,0.73,0.94,0.76,0.25,0.85,0.73,0.4,0.33,0.07,0.530,0.7,0.36,0.79,0.58,0.32]$; ординаты: $y=[-0.65,0.99,1.76,1.1,-0.44,1.42,0.99,-0.04,-0.23,-0.86,0.34,0.89,-0.15,1.2,0.5,-0.26]$. В ответе укажите коэффициент корреляции. Ответ округлите до 3-го знака после запятой. Ответ: 0.997</p> <p>12. Подберите коэффициенты полинома 5-й степени методом наименьших квадратов. Абсциссы экспериментальных точек: $x = [0.053, 0.705, 0.624, 0.204, 0.824, 0.421]$, ординаты: $y = [-19.236, 15.031, 7.926, -15.577, 27.156, -6.077]$. В ответе укажите коэффициент при 5-й степени x. Ответ округлите до 2-го знака после запятой. Ответ: 0.83</p>	<p><i>ОПК-4:</i> <i>ИД-ОПК-4.5</i> <i>ОПК-6:</i> <i>ИД-ОПК-6.2</i> <i>ИД-ОПК-6.3</i></p>
		<p><i>Защита ЛР № 2.1</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Какие гидродинамические модели вы знаете? 2. Какие методы применяются для определения гидродинамической структуры потоков в аппаратах? 3. Назовите основные типовые возмущения. <p><i>Защита ЛР № 3.1</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сформулируйте основные законы, описывающие процессы теплообмена. 2. Каким образом можно определить гидродинамическую структуру потоков в теплообменном аппарате? 3. Назовите математические модели теплообменных аппаратов <p><i>Защита ЛР № 4.1</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Какие основные концепции формальной кинетики вам известны? 	<p><i>УК-2:</i> <i>ИД-УК-2.2</i> <i>ОПК-4:</i> <i>ИД-ОПК-4.5</i></p>

	<p>2. Что такое скорость химической реакции? Как определяется?</p> <p>3. Какова температурная зависимость скорости химической реакции?</p> <p><i>Защита ЛР № 4.2</i></p> <p>1. Для каких реакций применим ЗДП?</p> <p>2. Что такое гетерогенная химическая реакция?</p> <p>3. Сформулируйте понятие скорости гетерогенной химической реакции.</p>	
	<p><i>Защита ЛР № 5.1 в виде тестирования</i></p> <p>1. Выберите встроенную функцию, позволяющую решить оптимизационную задачу.</p> <p>(1) sqp (2) sqr (3) opt (4) math</p> <p>2. Выберите встроенную функцию, позволяющую решать задачи линейного программирования.</p> <p>(1) sqp (2) sqr (3) gplk (4) minimum</p>	<p><i>УК-2:</i> <i>ИД-УК-2.2</i> <i>ИД-УК-2.3</i> <i>ОПК-6:</i> <i>ИД-ОПК-6.2</i> <i>ИД-ОПК-6.3</i></p>

5.2. Критерии, шкалы оценивания текущего контроля успеваемости:

Наименование оценочного средства (контрольно-оценочного мероприятия)	Критерии оценивания	Шкалы оценивания	
		100-балльная система	Пятибалльная система
Индивидуальные практические задания к лабораторным работам	Обучающийся демонстрирует грамотное решение всех задач, использование правильных методов и формул для решения при незначительных погрешностях в коде написания программы	5 баллов	5
	Продемонстрировано использование правильных методов и формул при решении задач при наличии существенных ошибок в 1 из них;	4 баллов	4
	Обучающийся использует верные методы решения, но правильные ответы в большинстве случаев (в том числе из-за арифметических ошибок) отсутствуют;	3 баллов	3
		2 баллов	2
	Обучающимся использованы неверные методы решения, отсутствуют верные ответы. Работа не выполнена.	0 баллов	0
Защита лабораторных работ в виде устного опроса	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос (вопросы), показана совокупность осознанных знаний об объекте, проявляющаяся в свободном оперировании понятиями, умении выделить причинно-следственные связи. Обучающийся демонстрирует глубокие и прочные знания материала по заданным вопросам, исчерпывающе и последовательно, грамотно и логически стройно его излагает	5 баллов	5
	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос (вопросы), показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения дисциплины; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Обучающийся твердо знает материал по заданным вопросам, грамотно и последовательно его излагает, но допускает несущественные неточности в определениях.	4 балла	4
	Дан полный, но недостаточно последовательный ответ на поставленный вопрос (вопросы), но при этом показано умение выделить причинно-следственные связи. Ответ логичен и изложен в терминах науки. Обучающийся владеет знаниями только по основному материалу, но не знает отдельных деталей и особенностей,	3 балла	3

Наименование оценочного средства (контрольно-оценочного мероприятия)	Критерии оценивания	Шкалы оценивания		
		100-балльная система	Пятибалльная система	
	допускает неточности и испытывает затруднения с формулировкой определений.			
	Дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Обучающийся не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа обучающегося не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы темы.	2 баллов	2	
	Не получены ответы по базовым вопросам дисциплины.	0 баллов		
Тестирования для защиты лабораторных работ	За выполнение каждого тестового задания испытуемому выставляются баллы. Тип используемой шкалы оценивания – порядковая. В заданиях с выбором нескольких верных ответов, заданиях на установление правильной последовательности, заданиях на установление соответствия, заданиях открытой формы используют порядковую шкалу. Баллы выставляются не за всё задание, а за тот или иной выбор в каждом задании. ЗЛР № 1.1: Задания с выбором ответа 14 в. (0,25 б.), Задания на работу с программой — 3 в (0,5 б.). ЗЛР № 1.2: Задания на работу с программой — 5 в. (1 б.) ЗЛР № 5.1: Задания с выбором ответа 12 в. (0,25 б.), Задания на работу с программой — 2 в. (1 б.)	5 баллов	5	85% - 100%
		4 балла	4	65% - 84%
		3 балла	3	41% - 64%
		0-2 балла	2	40% и менее 40%

5.3. Промежуточная аттестация:

Форма промежуточной аттестации	Типовые контрольные задания и иные материалы для проведения промежуточной аттестации:	Формируемые компетенции
Экзамен:	Экзаменационный билет N 1 1. Основные понятия моделирования. Физические модели, их преимущества и недостатки.	УК-2: ИД-УК-2.2 ИД-УК-2.3

<p>в устной форме по билетам.</p>	<p>2. Типовые математические модели структуры потоков. Модель идеального смешения.</p> <p>3. Найдите минимум функции $f(x, y) = 15(2y - x^2)^4 + (4 - 2x^2)^2$. В ответ запишите значение x, при котором достигается минимум. Ответ округлите до 2-го знака после запятой.</p> <p style="text-align: center;">Экзаменационный билет N 2</p> <p>1. Критериальные уравнения подобия в гидрогазодинамике.</p> <p>2. Структура потоков в технологических аппаратах, виды типовых входных сигналов, функции отклика.</p> <p>3. Абсциссы экспериментальных точек: $x=[0.16, 0.73, 0.94, 0.76, 0.25, 0.85, 0.73, 0.4, 0.33, 0.07, 0.530, 0.7, 0.36, 0.79, 0.58, 0.32]$; ординаты: $y=[-0.65, 0.99, 1.76, 1.1, -0.44, 1.42, 0.99, -0.04, -0.23, -0.86, 0.34, 0.89, -0.15, 1.2, 0.5, -0.26]$.</p> <p>В ответе укажите коэффициент корреляции. Ответ округлите до 3-го знака после запятой.</p> <p style="text-align: center;">Экзаменационный билет N 3</p> <p>1. Основные уравнения регрессионного анализа.</p> <p>2. Оптимизация методом крутого восхождения: метод градиента, преимущества и недостатки.</p> <p>3. Вычислите в octave значение выражения $(\sin(0,33))^2 + (\cos(0,66))^2$. Ответ округлите до двух знаков после запятой.</p>	<p><i>ОПК-4:</i> <i>ИД-ОПК-4.5</i> <i>ОПК-6:</i> <i>ИД-ОПК-6.2</i> <i>ИД-ОПК-6.3</i></p>
-----------------------------------	---	--

5.4. Критерии, шкалы оценивания промежуточной аттестации учебной дисциплины/модуля:

Форма промежуточной аттестации	Критерии оценивания	Шкалы оценивания	
Наименование оценочного средства		100-балльная система	Пятибалльная система
<p>Экзамен: в устной форме по билетам. Распределение баллов по вопросам билета: Распределение баллов по вопросам билета: 1-й вопрос: 0 – 15баллов 2-й вопрос: 0 – 15 баллов 3-й вопрос (задача): 0 – 10 баллов</p>	<p>Обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – демонстрирует знания отличающиеся глубиной и содержательностью, дает полный исчерпывающий ответ, как на основные вопросы билета, так и на дополнительные; – свободно владеет научными понятиями, ведет диалог и вступает в дискуссию; – способен к интеграции знаний по определенной теме, структурированию ответа, к анализу положений существующих теорий, направлений по вопросу билета; – логично и доказательно раскрывает проблему, предложенную в билете; <p>Ответ не содержит фактических ошибок и характеризуется глубиной, полнотой, уверенностью суждений, иллюстрируется примерами, в том числе из собственной практики.</p>	<p>33 -40 баллов</p>	<p>5</p>

Форма промежуточной аттестации	Критерии оценивания	Шкалы оценивания	
Наименование оценочного средства		100-балльная система	Пятибалльная система
	<p>Обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – показывает достаточное знание учебного материала, но допускает несущественные фактические ошибки, которые способен исправить самостоятельно, благодаря наводящему вопросу; – недостаточно раскрыта проблема по одному из вопросов билета; – недостаточно логично построено изложение вопроса; <p>В ответе раскрыто, в основном, содержание билета, имеются неточности при ответе на дополнительные вопросы.</p>	24 – 33 баллов	4
	<p>Обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – показывает знания фрагментарного характера, которые отличаются поверхностностью и малой содержательностью, допускает фактические грубые ошибки; – не может обосновать закономерности и принципы, объяснить факты, нарушена логика изложения, отсутствует осмысленность представляемого материала, представления о межпредметных связях слабые. <p>Содержание билета раскрыто слабо, имеются неточности при ответе на основные и дополнительные вопросы билета, ответ носит репродуктивный характер.</p>	13 – 23 баллов	3
	<p>Обучающийся, обнаруживает существенные пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки при ответе на вопросы.</p> <p>На большую часть дополнительных вопросов по содержанию экзамена затрудняется дать ответ или не дает верных ответов.</p>	0 – 12 баллов	2

5.5. Система оценивания результатов текущего контроля и промежуточной аттестации.

Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущей и промежуточной аттестации.

Форма контроля	100-балльная система	Пятибалльная система
Текущий контроль:		
- Выполнение индивидуальных заданий лабораторной работы №1.1	0 – 5 баллов	2 – 5
- Выполнение индивидуальных заданий лабораторной работы №1.2	0 – 5 баллов	2 – 5
Тестирование ЗЛР №1.1	0 – 5 баллов	2 – 5
Тестирование ЗЛР №1.2	0 – 5 баллов	2 – 5
Выполнение индивидуальных заданий лабораторной работы №2	0 – 5 баллов	2 – 5
ЗЛР №2.1	0 – 5 баллов	2 – 5
Выполнение индивидуальных заданий лабораторной работы №3.1	0 – 5 баллов	2 – 5
Выполнение индивидуальных заданий лабораторной работы №4.1	0 – 5 баллов	2 – 5
ЗЛР №.3.1	0 – 5 баллов	2 – 5
ЗЛР №.4.1	0 – 5 баллов	2 – 5
Выполнение индивидуальных заданий лабораторной работы №5.1	0 – 5 баллов	2 – 5
Тестирование ЗЛР №5.1	0 – 5 баллов	2 – 5
Промежуточная аттестация экзамен	0 – 40 баллов	отлично хорошо
Итого за семестр экзамен	0 – 100 баллов	удовлетворительно неудовлетворительно

Полученный совокупный результат конвертируется в пятибалльную систему оценок в соответствии с таблицей:

100-балльная система	пятибалльная система
	экзамен
85 – 100баллов	отлично
65 – 84баллов	хорошо
41–64 баллов	удовлетворительно
0 – 40баллов	неудовлетворительно

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Реализация программы предусматривает использование в процессе обучения следующих образовательных технологий:

- проблемная лекция;
- разбор конкретных ситуаций;

- анализ ситуаций и результатов расчетов имитационных моделей;
- преподавание дисциплины в форме курсов, составленных на основе результатов научных исследований, в том числе с учётом региональных особенностей профессиональной деятельности выпускников и потребностей работодателей;
- поиск и обработка информации с использованием сети Интернет;
- просмотр учебных фильмов с их последующим анализом;
- использование на лекционных занятиях видеоматериалов и наглядных пособий;
- самостоятельная работа в системе компьютерного тестирования;
- обучение в сотрудничестве (командная, групповая работа);
- компьютерные эксперименты и исследования.

7. ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

Практическая подготовка в рамках учебной дисциплины реализуется при проведении лабораторных занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Проводятся отдельные занятия лекционного типа, которые предусматривают передачу учебной информации обучающимся, которая необходима для последующего выполнения практической работы.

8. ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов используются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды: технологии дифференциации и индивидуального обучения, применение соответствующих методик по работе с инвалидами, использование средств дистанционного общения, проведение дополнительных индивидуальных консультаций по изучаемым теоретическим вопросам и практическим занятиям, оказание помощи при подготовке к промежуточной аттестации.

При необходимости рабочая программа дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса лицам с ограниченными возможностями здоровья, в том числе для дистанционного обучения.

Учебные и контрольно-измерительные материалы представляются в формах, доступных для изучения студентами с особыми образовательными потребностями с учетом нозологических групп инвалидов:

Для подготовки к ответу на практическом занятии, студентам с ограниченными возможностями здоровья среднее время увеличивается по сравнению со средним временем подготовки обычного студента.

Для студентов с инвалидностью или с ограниченными возможностями здоровья форма проведения текущей и промежуточной аттестации устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.).

Промежуточная аттестация по дисциплине может проводиться в несколько этапов в форме рубежного контроля по завершению изучения отдельных тем дисциплины. При необходимости студенту предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете или экзамене.

Для осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся создаются, при необходимости, фонды оценочных средств, адаптированные для лиц с ограниченными возможностями здоровья и позволяющие оценить достижение ими запланированных в основной образовательной программе результатов

обучения и уровень сформированности всех компетенций, заявленных в образовательной программе.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Характеристика материально-технического обеспечения дисциплины составляется в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение дисциплины при обучении с использованием традиционных технологий обучения.

Наименование учебных аудиторий, лабораторий, мастерских, библиотек, спортзалов, помещений для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования и т.п.	Оснащенность учебных аудиторий, лабораторий, мастерских, библиотек, спортивных залов, помещений для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования и т.п.
119071, г. Москва, Донская улица, дом 39, строение 4	
аудитории для проведения занятий лекционного типа	комплект учебной мебели, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: – ноутбук; – проектор, – экран, – маркерная доска
аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	комплект учебной мебели, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: – ноутбук, – проектор, – маркерная доска, – наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающих тематические иллюстрации, соответствующие рабочей программе дисциплины.
аудитории для проведения лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций	комплект учебной мебели, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: - экран переносной ClassicSolutionLibra 180x180, - проектор BenQMX511 9H.J3R77.33 компьютерная техника, 16 персональных компьютеров, подключение к сети «Интернет»
119071, г. Москва, Малый Калужский переулок, дом 2, строение 6	
читальный зал библиотеки:	компьютерная техника; подключение к сети «Интернет»

Технологическое обеспечение реализации программы осуществляется с использованием элементов электронной информационно-образовательной среды университета.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Автор(ы)	Наименование издания	Вид издания (учебник, УП, МП и др.)	Издательство	Год издания	Адрес сайта ЭБС или электронного ресурса	Количество экземпляров в библиотеке Университета
10.1 Основная литература, в том числе электронные издания							
1	Носов Г.А., Айнштейн В.Г., Захаров М.К. и др.	Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: в 2-х книгах	Учебник	М., БИНОМ, Лаборатория знаний, 1758 с.	2014	https://e.lanbook.com/book/20594 6 https://e.lanbook.com/book/20594 9	5
2	Ефремов, Г. И.	Моделирование химико-технологических процессов	Учебник	Москва : ИНФРА-М	2021	https://znanium.com/catalog/document?id=371094	
3	Кафаров В.В	Методы кибернетики в химии и химической технологии	Учебник	М., Химия	1985		98
4	Самойлов Н. А.	Примеры и задачи по курсу "Математическое моделирование химико-технологических процессов"	УП	Санкт-Петербург : Лань	2022	https://e.lanbook.com/book/21327 2	
5	Т. Н. Гартман, Д. В. Клушин	Моделирование химико-технологических процессов. Принципы применения пакетов компьютерной математики	УП	Санкт-Петербург : Лань	2020	https://e.lanbook.com/book/12690 5	
6	Е. Р. Алексеев, О. В. Чеснокова	Введение в Octave для инженеров и математиков	Книга	М.: ALT Linux	2012	https://www.altlinux.org/Images/0/07/OctaveBook.pdf	
10.2 Дополнительная литература, в том числе электронные издания							
1	Черноусова, Н. В.	Методы математической обработки результатов экспериментальных данных	Учебное пособие	М.: МГУДТ	2010		5
2	Севостьянов П.А.	Математические методы обработки данных	Учебник	М: МГТУ им. А.Н.Косыгина	2004		200

3	Харлампида, Х. Э.	Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологических процессов	Учебник	Санкт-Петербург : Лань	2022	https://e.lanbook.com/book/213269	
4	Бесков В.С.	Общая химическая технология	Учебник	М.: НКЦ «Академкнига»	2005 2006	https://booksee.org/book/770588	1 4
5	Е.Л. Федотова, А.А. Федотов	Информационные технологии в науке и образовании	Учебное пособие	Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М	2021	https://znanium.com/catalog/document?id=377512	
10.3 Методические материалы (указания, рекомендации по освоению дисциплины авторов РГУ им. А. Н. Косыгина)							
1	Тюрин М.П., Бородина Е.С.	Практикум. Теория и практика экспериментальных исследований.	УП	М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина»	2021		20
2	Тюрин М.П., Бородина Е.С.	Теория и практика эксперимента.	УП	М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина»	2021		20
3	Тюрин М.П., Бородина Е.С.	Теория и практика экспериментальных исследований. Практикум. Часть II	УП	М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина»	2022		20
4	А. С. Белоусов, В. И. Курин	Разработка моделей теплообмена в проточных технологических аппаратах	Методические указания	<u>М.:МГУДТ</u>	2016		20
5	В. В. Иванов, А. В. Фирсов, А. Н. Новиков	Моделирование с помощью MATLAB [Электронный ресурс]	Электронное учебное пособие	М.:МГУДТ	2016		20
6	Белоусов А.С.	Обработка данных экспериментов технологических процессов	Методические указания	М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина»,	2021		20
7	Белоусов А.С.	Построение статистической модели процесса методом регрессионного анализа.	Методические указания	М: МГТУ им. А.Н.Косыгина	2011		5, на кафедре 6

11. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

11.1 Ресурсы электронной библиотеки, информационно-справочные системы и профессиональные базы данных:

№ пп	Электронные учебные издания, электронные образовательные ресурсы
1.	«Znanium.com» научно-издательского центра «Инфра-М» http://znanium.com/
2.	Электронные издания «РГУ им. А.Н. Косыгина» на платформе ЭБС «Znanium.com» http://znanium.com/
3.	«ЭБС ЮРАЙТ» www.biblio-online.ru
4.	О предоставлении доступа к информационно-аналитической системе SCIENCE INDEX (включенного в научный информационный ресурс elibrary.ru) https://www.elibrary.ru/
5.	ЭБС «Лань» http://www.e.lanbook.com/
6.	ООО «Национальная электронная библиотека» (НЭБ) http://нэб.рф/ Договор № 101/НЭБ/0486 – пот 21.09.2018 г.
7.	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU http://www.elibrary.ru/ Лицензионное соглашение № 8076 от 20.02.2013 г.
8.	НЭИКОН http://www.neicon.ru/ Соглашение №ДС-884-2013 от 18.10.2013 г.
Профессиональные базы данных, информационные справочные системы	
1.	«Polpred.com Обзор СМИ» http://www.polpred.com Соглашение № 2014 от 29.10.2016 г.
2.	Scopus http://www.Scopus.com/ Сублицензионный Договор № Scopus /917 от 09.01.2018 г.
3.	«SpringerNature» http://www.springernature.com/gp/librarians Платформа Springer Link: https://rd.springer.com/ Платформа Nature: https://www.nature.com/ Базаданных Springer Materials: http://materials.springer.com/ Базаданных Springer Protocols: http://www.springerprotocols.com/ База данных zbMath: https://zbmath.org/ База данных Nano: http://nano.nature.com/ Сублицензионный договор № Springer/41 от 25 декабря 2017 г.
4.	http://arxiv.org — база данных полнотекстовых электронных публикаций научных статей по физике, математике, информатике
5.	http://www.garant.ru/ - Справочно-правовая система (СПС) «Гарант», комплексная правовая поддержка пользователей по законодательству Российской Федерации
6.	http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/databases/ -базы данных на Едином Интернет-портале Росстата

11.2 Перечень программного обеспечения

№п/п	Программное обеспечение	Реквизиты подтверждающего документа/Свободно распространяемое
1.	Windows 10 Pro, MS Office 2019	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
2.	PrototypingSketchUp: 3D modeling for everyone	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
3.	V-Ray для 3Ds Max	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
4.	NeuroSolutions	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
5.	Wolfram Mathematica	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
6.	Microsoft Visual Studio	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
7.	CorelDRAW Graphics Suite 2018	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
8.	Mathcad	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
9.	Matlab+Simulink	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019.
10.	Adobe Creative Cloud 2018 all Apps (Photoshop, Lightroom, Illustrator, InDesign, XD, Premiere Pro, Acrobat Pro, Lightroom Classic, Bridge, Spark, Media Encoder, InCopy, Story Plus, Muse и др.)	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
11.	SolidWorks	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
12.	Rhinoceros	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
13.	Simplify 3D	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
14.	FontLab VI Academic	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
15.	Pinnacle Studio 18 Ultimate	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
16.	КОМПАС-3d-V 18	контракт № 17-ЭА-44-19 от 14.05.2019
17.	Project Expert 7 Standart	контракт № 17-ЭА-44-19 от 14.05.2019
18.	АЛЬТ-Финансы	контракт № 17-ЭА-44-19 от 14.05.2019
19.	АЛЬТ-Инвест	контракт № 17-ЭА-44-19 от 14.05.2019
20.	Программа для подготовки тестов Indigo	контракт № 17-ЭА-44-19 от 14.05.2019
21.	Диалог NIBELUNG	контракт № 17-ЭА-44-19 от 14.05.2019
22.	Windows 10 Pro, MS Office 2019	контракт 85-ЭА-44-20 от 28.12.2020
23.	Adobe Creative Cloud for enterprise All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Enterprise Licensing Subscription New	контракт № 60-ЭА-44-21 от 10.12.2021
24.	Mathcad Education - University Edition Subscription	контракт № 60-ЭА-44-21 от 10.12.2021
25.	CorelDRAW Graphics Suite 2021 Education License (Windows)	контракт № 60-ЭА-44-21 от 10.12.2021
26.	Mathematica Standard Bundled List Price with Service	контракт № 60-ЭА-44-21 от 10.12.2021
27.	Network Server Standard Bundled List Price with Service	контракт № 60-ЭА-44-21 от 10.12.2021
28.	Office Pro Plus 2021 Russian OLV NL Acad AP LTSC	контракт № 60-ЭА-44-21 от 10.12.2021
29.	Microsoft Windows 11 Pro	контракт № 60-ЭА-44-21 от 10.12.2021
30.	LibreOffice GNU Lesser General Public License	Свободно распространяемое
31.	ScilabCeCILL (свободная, совместимая с GNU GPL v2)	Свободно распространяемое
32.	Linux Ubuntu GNU GPL	Свободно распространяемое
33.	FDS-SMV free and open-source software	Свободно распространяемое
34.	AnyLogic Personal Learning Edition	Свободно распространяемое
35.	Helyx-OS GNU General Public License	Свободно распространяемое
36.	OpenFoam v.4.0 GNU General Public License	Свободно распространяемое
37.	DraftSight 2018 SP3 Автономная бесплатная лицензия	Свободно распространяемое
38.	GNU Octave GNU General Public License	Свободно распространяемое

ЛИСТ УЧЕТА ОБНОВЛЕНИЙ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В рабочую программу учебной дисциплины внесены изменения/обновления и утверждены на заседании кафедры:

№ пп	год обновления РПД	характер изменений/обновлений с указанием раздела	номер протокола и дата заседания кафедры