

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор,
проректор по учебной работе

_____ А. Е. Рудин

«30» _____ июня _____ 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.8.1	Моделирование процессов защиты окружающей среды
(Индекс дисциплины)	(Наименование дисциплины)
Кафедра: 18	Инженерной химии и промышленной экологии
Код	Наименование кафедры
Направление подготовки:	<u>20.03.01 Техносферная безопасность</u>
Профиль подготовки:	<u>Инженерная защита окружающей среды</u>
Уровень образования:	<u>бакалавриат</u>

План учебного процесса

Составляющие учебного процесса		Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	252	252	252
	Аудиторные занятия	102	68	24
	Лекции	17	17	8
	Лабораторные занятия	34	34	12
	Практические занятия	51	17	4
	Самостоятельная работа	150	184	220
	Промежуточная аттестация			8
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен			
	Зачет	5,6	7, 8	7, 8
	Контрольная работа			7
	Курсовой проект (работа)	6	8	8
Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)		7	7	7

Форма обучения:	Распределение зачетных единиц трудоемкости по семестрам											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Очная					4	3						
Очно-заочная							3	4				
Заочная						1	3	3				

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность

На основании учебных планов № 1/1/645, 1/2/425, 1/3/427

1. ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Место преподаваемой дисциплины в структуре образовательной программы

Блок 1: Базовая Обязательная Дополнительно является факультативом
 Вариативная По выбору

1.2. Цель дисциплины

Сформировать компетенции обучающегося в области моделирования энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии в целях исследования, прогнозирования результатов функционирования, оптимизации, в том числе с позиций энерго- и ресурсосбережения.

1.3. Задачи дисциплины

- ознакомить с основными понятиями математического моделирования процессов и систем энерго- и ресурсосбережения;
- рассмотреть типовые методы построения эмпирических и детерминированных моделей и их качественного исследования;
- сформировать навыки постановки задач оптимизации параметров технологических процессов на основе построенных математических моделей;
- закрепить у студентов практические навыки по использованию численных методов компьютерного решения систем уравнений математического описания.

1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ПК-20	способность принимать участие в научно-исследовательских разработках по профилю подготовки: систематизировать информацию по теме исследований, принимать участие в экспериментах, обрабатывать полученные данные	Второй
Планируемые результаты обучения Знать: 1) принципы построения математических моделей, их классификацию и подходы к реализации Уметь: 1) разрабатывать математические модели типовых процессов и аппаратов в области защиты окружающей среды; осуществлять постановку задачи аппроксимации Владеть: 1) навыками реализации моделей и анализа результатов моделирования; навыками решения типовых задач аппроксимации		

1.5. Дисциплины (практики) образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4:

- Органическая химия и основы биохимии (ПК-20);
- Аналитическая химия (ПК-20);
- Тепломассообменные процессы в промышленной экологии (ПК-20).

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Выделяемое время (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Учебный модуль 1. Математические модели в автоматизированном расчете систем инженерной защиты окружающей среды			

Тема 1. Математическое моделирование как основной метод решения задач оптимизации и проектирования систем инженерной защиты окружающей среды. Современные ЭВМ – техническая основа моделирования. Экономическая и социальная значимость сохранения биосферы и роль методов математического моделирования и оптимизации в инженерном экологическом менеджменте. Общее понятие математической модели. Параметры модели. Классификация математических моделей. Принципы построения математических моделей. Реализация моделей, программные средства реализации моделей.	8	4	4
Тема 2. Специализированные базы и банки данных как основа информационного обеспечения математического моделирования. Банк данных по физико-химическим свойствам веществ и смесей как инструмент автоматизированного расчета свойств технологических потоков. Этапы создания банка данных. Построение и применение баз данных (БД) по типовому оборудованию. Общий подход к построению и хранению данных. Изучение принципов создания и применения БД на примере базы данных по теплообменным кожухотрубным аппаратам.	12	8	8
Тема 3. Эмпирические математические модели: получение и их использование в информационном обеспечении технологических расчетов. Моделируемый процесс как «черный ящик». Независимые переменные и функция отклика. Исходные данные для моделирования. Выбор формы модели. Подходы к оценке параметров уравнения модели. Метод наименьших квадратов и его реализация. Обзор доступных программных средств регрессионного анализа.	16	16	16
Текущий контроль 1 (решение контрольной задачи)	2	2	
Учебный модуль 2. Детерминированные математические модели элементов ХТС			
Тема 4. Общие подходы к построению детерминированных математических моделей объектов химической и смежных технологий. Описание гидродинамики, равновесия, кинетики, условий массопереноса как составляющих математической модели процесса.	10	10	10
Тема 5. Моделирование гидравлических систем как пример построения детерминированных моделей разной математической формы. Моделирование процессов в установках монтажу. Моделирование короткого разветвленного трубопровода. Моделирование процессов истечения.	14	10	10
Тема 6. Моделирование кинетики химического взаимодействия. Материальный баланс простой химической реакции. Скорость реакции. Закон действующих масс. Описание кинетики простой и сложной химической реакции.	14	12	12
Текущий контроль 2 (решение контрольной задачи)	2	2	
Учебный модуль 3. Математическое моделирование аппаратов с учетом выбранной гидродинамической модели структуры потоков			
Тема 7. Представление о гидродинамической структуре потоков как определяющий фактор выбора формы математического описания. Типовые модели гидродинамической структуры потоков и их применение.	18	8	18
Тема 8. Моделирование теплообменных аппаратов с учетом принятой модели структуры потоков (задача в форме поверочного расчета).	20	14	20
Тема 9. Моделирование химических реакторов с учетом выбранной гидродинамической модели структуры потоков. Материальный баланс химической реакции. Общая скорость реакции. Моделирование кинетики сложных реакций. Моделирование химических реакторов на основе моделей идеального вытеснения, идеального смешения, ячеечной.	14	12	14
Тема 10. Подходы к моделированию массообменных процессов и аппаратов.	6	4	6
Текущий контроль 3 (письменный экспресс-опрос)	2	2	
Текущий контроль (контрольная работа)			22
Промежуточная аттестация по дисциплине (зачет)	6	4	4
Учебный модуль 4. Исследование элементов химико-технологических систем (ХТС) по математическим моделям			
Тема 11. Исследование теплообменных аппаратов по математическим моделям (задача в форме поверочного расчета).	14	20	14
Тема 12. Исследование стационарных режимов теплопередачи (задача в форме проектного расчета).	14	18	14
Тема 13. Исследование химических реакторов по моделям разного типа.	14	18	14
Текущий контроль 4 (письменный экспресс-опрос)	2	2	

Учебный модуль 5. Моделирование ХТС как сложной технологической системы			
Тема 14. ХТС как объект моделирования. Понятие сложной ХТС. Статические и динамические режимы функционирования. Элементы. Технологические операторы. Технологические потоки. Параметричность потоков. Замкнутые и разомкнутые системы. Постановка задач синтеза и анализа ХТС. Проектный и поверочный расчеты ХТС и ее элементов.	8	18	10
Тема 15. Интегральные методы расчета стационарных режимов ХТС. Сущность интегральных методов и их применимость. Ограничения методов. Расчет материальных потоков в замкнутой схеме матричным методом.	8	14	8
Тема 16. Декомпозиционные методы расчета стационарных режимов ХТС. Сущность декомпозиционных методов и их применимость. Формальные методы определения последовательности расчета элементов разомкнутой ХТС. Расчет материальных потоков в разомкнутой ХТС декомпозиционным методом. Структурный анализ системы.	12	16	14
Текущий контроль 5 (письменный экспресс-опрос)	2	2	
Промежуточная аттестация по дисциплине (курсовая работа)	30	30	30
Промежуточная аттестация по дисциплине (зачет с оценкой)	4	6	4
ВСЕГО:	252	252	252

3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

3.1. Лекции

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	5	1	6	1	6	1
2	5	1	6	1		
3	5	2	6	2	6	1
4	5	1	6	1		
5	5	2	6	2	6	1
6	5	2	6	2	6	1
7	5	2	6	2	7	1
8	5	2	6	2	7	2
9	5	2	6	2	7	1
10	5	2	6	2		
11						
12						
13						
14						
15						
16						
ВСЕГО:		17		17		8

3.2. Практические и семинарские

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
2	Изучение структуры и возможностей банка данных по свойствам веществ и смесей и его СУБД	5	6	6	2		
3	Метод наименьших квадратов и его использование для оценки коэффициентов эмпирических уравнений	5	5	6	2	6	1
3	Реализация линейной регрессии в среде математического пакета Mathcad	5	6	6	2	6	1

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
5	Исследование гидравлических систем по математическим моделям	5	6	6	2	6	1
6	Математическое описание кинетики сложных реакций	5	4	6	2	6	1
7	Определение параметров гидродинамических моделей структуры потоков по экспериментальным данным	5	6	6	2		
8	Изучение подходов к разработке математических описаний теплообменных аппаратов	5	6	6	2		
9	Изучение подходов к разработке математических описаний химических реакторов	5	6	6	2		
10	Метод аналогий в моделировании тепло- и массопереноса	5	6	6	1		
ВСЕГО:			51		17		4

3.3. Лабораторные занятия

Номера изучаемых тем	Наименование лабораторных занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
7	Расчетные исследования C-кривых для оценки параметров типовых гидродинамических моделей					7	2
9	Оценка эффективности химических реакторов в зависимости от структуры потоков					7	2
11	Изучение зависимости формы математического описания теплообменных аппаратов от выбранной гидродинамической структуры потоков теплоносителей	6	6	7	4	8	2
12	Оценка коэффициента теплопередачи для различных состояний теплоносителей в компьютерных расчетах	6	6	7	2	8	2
11-12	Моделирование и исследование теплообменных аппаратов с учетом зависимости коэффициента теплопередачи от состава и температуры потоков	6	6	7	2	8	2
13	Исследование моделей химических реакторов. Оценка эффективности реакторов разного типа	6	6	7	4		

Номера изучаемых тем	Наименование лабораторных занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
15	Расчет материальных потоков в замкнутой ХТС интегральным (матричным) методом	6	4	7	2	8	1
16	Компьютерный расчет замкнутой ХТС итерационным методом	6	6	7	3	8	1
ВСЕГО:			34		34		12

4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

4.1. Цели и задачи курсовой работы

Основной целью курсовой работы является привитие студентам навыков самостоятельной постановки и реализации задачи математического моделирования как отдельного аппарата (элемента ХТС), так и химико-технологической системы в целом.

4.2. Тематика курсовой работы (проекта)

Курсовая работа выполняется студентами по индивидуальному заданию. Типовое задание на выполнение курсовой работы включает по выбору преподавателя 2 задания из приведенных ниже

- разработка математического описания аппарата как элемента ХТС и реализация модели с последующим вычислительным экспериментом;
- обработка набора экспериментальных данных с получением эмпирической математической модели методами линейной или нелинейной регрессии, оптимизационными методами;
- расчет замкнутой ХТС интегральным и декомпозиционным методами с проверкой результата в моделирующей программе.

4.3. Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы

Выбор способа реализации заданий курсовой работы (язык программирования, автоматизированная среда моделирования и расчета, математические программы) – по желанию студента. Рекомендуемые средства реализации – Borland Delphi, Mathcad.

Результаты представляются в виде пояснительной записки объемом от 20 стр., включая тексты разработанных программных продуктов. Пояснительная записка выполняется в текстовом редакторе с соблюдением правил оформления по ГОСТ 7.32-2001. При защите курсовой работы обучающимся должны быть продемонстрированы работоспособные программные продукты.

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Номера учебных модулей, по которым проводится контроль	Форма контроля знаний	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1,2	Решение контрольной задачи	5	2	6	2		
3	Письменный экспресс-опрос	5	1	6	1		
4,5	Письменный экспресс-опрос	6	2	7	2		
1-3	Контрольная работа					7	1

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Усвоение теоретического материала	5	26	7	32	6	20
	6	-	8	30	7	44
					8	32
Подготовка к практическим (семинарским) и лабораторным занятиям	5	44	7	38	6	8
	6	40	8	44	7	30
					8	34
Выполнение домашних заданий					7	22
Выполнение курсовых проектов (работ)	6	30	8	30	8	30
Подготовка к зачетам	5	6	7	4	7	4
	6	4	8	6	8	4
ВСЕГО:		150		184		228

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

7.1. Характеристика видов и используемых инновационных форм учебных занятий

Наименование видов учебных занятий	Используемые инновационные формы	Объем занятий в инновационных формах (часы)		
		очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Лекции	Лекция с презентацией; рассмотрение примеров решения прикладных задач	12	12	2
Практические и семинарские занятия	Компьютерное моделирование, дискуссия при коллективном анализе результатов моделирования	20	10	1
Лабораторные занятия	Компьютерное моделирование, организация и проведение вычислительного эксперимента, мастер-класс.	34	17	3
ВСЕГО:		66	39	6

7.2. Балльно-рейтинговая система оценивания успеваемости и достижений обучающихся

Перечень и параметры оценивания видов деятельности обучающегося

№ п/п	Вид деятельности обучающегося	Весовой коэффициент значимости, %	Критерии (условия) начисления баллов
1	Аудиторная активность: посещение практических занятий, выполнение индивидуальных заданий, прохождение текущего контроля	60	<u>1-й семестр изучения дисциплины</u> <ul style="list-style-type: none"> 1 балл за каждое занятие (всего 16-17 занятий в семестре), максимум 16 баллов; 6 баллов за каждое решение индивидуального задания и успешную защиту (всего 9 заданий в семестре), максимум 54 балла; 10 баллов за корректные ответы на вопросы (задачи) текущего контроля (всего 3 текущих контроля в семестре), максимум 30 баллов

№ п/п	Вид деятельности обучающегося	Весовой коэффициент значимости, %	Критерии (условия) начисления баллов
		40	<u>2-й семестр изучения дисциплины</u> <ul style="list-style-type: none"> • 2 балла за каждое занятие (всего 8-9 занятий в семестре), максимум 16 баллов; • 10 баллов за каждую своевременно выполненную и успешно защищенную лабораторную работу (всего 6 заданий в семестре), максимум 60 баллов; • 12 баллов за корректные ответы на вопросы текущего контроля (2 в семестр), максимум 24 баллов
2	Выполнение курсовой работы	40	<u>2-й семестр изучения дисциплины</u> <ul style="list-style-type: none"> • 20 баллов за правильность оформления пояснительной записки по ГОСТ 7.32-2001, максимум 20 баллов;; • 50 баллов за правильность и полноту решения задач индивидуального задания на курсовую работу, максимум 50 баллов; • 30 баллов за корректные ответы на вопросы при защите курсовой работы, максимум 30 баллов.
3	Сдача зачета	40	<u>1-й семестр изучения дисциплины</u> <ul style="list-style-type: none"> • 40 баллов за ответ на теоретический вопрос (полнота, владение терминологией, затраченное время, всего 1 вопрос) – максимум 40 баллов; • 60 баллов обоснование выбора способа решения практического задания, максимум 60 баллов.
		20	<u>2-й семестр изучения дисциплины</u> <ul style="list-style-type: none"> • 40 баллов за ответ на теоретический вопрос (полнота, владение терминологией, затраченное время, всего 1 вопрос) – максимум 40 баллов; • 60 баллов обоснование выбора способа решения практического задания, максимум 60 баллов.
Итого (%):		100	

Перевод балльной шкалы в традиционную систему оценивания

Баллы	Оценка по нормативной шкале
86 - 100	5 (отлично)
75 – 85	4 (хорошо)
61 – 74	
51 - 60	3 (удовлетворительно)
40 – 50	
17 – 39	2 (неудовлетворительно)
1 – 16	
0	
40 - 100	Зачтено
0 - 39	Не зачтено

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Учебная литература

а) основная учебная литература

1. Закгейм, А. Ю. Общая химическая технология. Введение в моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ А. Ю. Закгейм – Электрон. текстовые данные. – М.: Логос, 2012. – 304 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9103>. – ЭБС «IPRbooks».

2. Алексеев, Е. В. Моделирование систем водоснабжения и водоотведения [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ Е. В. Алексеев, В. Б. Викулина, П. Д. Викулин. – Электрон. текстовые данные. – М.: Московский гос. строительный ун-тет, ЭБС АСВ, 2015. – 128 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/40194>. – ЭБС «IPRbooks».

3. Аверченков, В. И. Основы математического моделирования технических систем [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ В. И. Аверченков, В. П. Федоров, М. Л. Хейфец. – Электрон. текстовые данные. – Брянск: Брянский гос. технический ун-тет, 2012. – 271 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/7003>. – ЭБС «IPRbooks».

4. Бусыгин Н. Ю. Моделирование процессов защиты окружающей среды [Электронный ресурс]: учебное пособие / Бусыгин Н. Ю. — СПб.: СПбГУПТД, 2019.— 188 с.— Режим доступа: <http://publish.sutd.ru>, по паролю.

б) дополнительная учебная литература

1. Моделирование процессов защиты окружающей среды. Курсовая работа [Электронный ресурс]: методические указания / Сост. Бусыгин Н. Ю. — СПб.: СПбГУПТД, 2016.— 45 с.— Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=3432, по паролю.

2. Волков, А. А. Моделирование энергоэффективных инженерных систем [Электронный ресурс] / А. А. Волков, П. Д. Челышков, А. В. Седов – Электрон. текстовые данные. – М.: Московский гос. строительный ун-тет, ЭБС АСВ, 2014. – 64 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30346>. – ЭБС «IPRbooks».

3. Автоматизированные расчеты химико-технологических систем. Интегральные и декомпозиционные методы / Сост. Н. Ю. Бусыгин, И. В. Багров. – СПб.: СПГУТД, 2015. – 47 с.— Режим доступа: – Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2493, по паролю

4. Бусыгин Н. Ю. Методы и средства автоматизированных расчетов в экологии. Решение задач в среде Mathcad [Электронный ресурс]: учебное пособие / Бусыгин Н. Ю. — СПб.: СПГУТД, 2014.— 258 с.— Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2178, по паролю.

8.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Спицкий, С. В. Эффективная аудиторная и самостоятельная работа обучающихся: методические указания / С. В. Спицкий. – СПб.: СПбГУПТД, 2015. – Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=2015811, по паролю.

2. Караулова И. Б. Организация самостоятельной работы обучающихся / И. Б. Караулова, Г. И. Мелешкова, Г. А. Новоселов. – СПб.: СПГУТД, 2014. – 26 с. – Режим доступ http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=2014550, по паролю

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

1. ЭБС «IPRbooks», <http://www.iprbookshop.ru>
2. ЭБС «СПБГУПТД», <http://publish.sutd.ru>

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. Microsoft Windows 10 Home Russian Open No Level Academic Legalization Get Genuine (GGK) + Microsoft Windows 10 Pro Russian Upgrade Open No Level Academic;
2. Office Professional Plus 2007 Russian Academic No Level;
3. Mathcad Education – University Edition.

8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Компьютерный класс с современным компьютерным оборудованием (не менее 12 рабочих мест), объединенных в локальную сеть с постоянным подключением к Интернету; выделенный сервер; мультимедийное оборудование (видеопроектор с экраном, стационарный компьютер или ноутбук); технические средства для ввода-вывода данных различного типа (принтеры лазерные и цветные струйные, сканеры, внешние устройства для записи данных).

8.6. Иные сведения и (или) материалы

Презентации к материалам лекций и практических занятий.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Лекции	<p>Лекции обеспечивают теоретическое изучение дисциплины. На лекциях излагается основное содержание курса, иллюстрируемое конкретными примерами, широко используется зарубежный и отечественный опыт по соответствующей тематике.</p> <p>Освоение лекционного материала обучающимся предполагает следующие виды работ:</p> <ul style="list-style-type: none"> • проработка рабочей программы в соответствии с целями и задачами, структурой и содержанием дисциплины; • конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы и формулировки; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. <p>Проверка терминов, понятий: осуществлять с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь.</p>
Практические занятия	<p>Практические занятия обеспечивают выработку умений и навыков студентов при решении практических задач из области моделирования сложных объектов химической технологии в рамках изучаемой дисциплины.</p> <p>Освоение материалов по практическим занятиям обучающимся предполагает следующие виды работ:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Проработка презентаций по практическим занятиям; • Самостоятельное выполнение индивидуальных заданий по моделированию объектов химической технологии и/или процессов и аппаратов защиты окружающей среды с реализацией расчетов на компьютере.
Лабораторные занятия	<p>Лабораторные занятия способствуют развитию практических навыков владения изучаемыми методами моделирования и автоматизированного расчета и исследования объектов химической технологии по разработанным математическим моделям.</p> <p>На лабораторных работах обучающийся изучает процесс или объект на основе взаимодействия с его математической моделью. В результате проведения лабораторного занятия обучающийся должен освоить методику исследования предметов сходного типа.</p>
Самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа предполагает расширение и закрепление знаний, умений и навыков, усвоенных на аудиторных занятиях путем самостоятельной проработки учебно-методических материалов по дисциплине и другим источникам информации, а также подготовки к экзамену.</p> <p>Самостоятельная работа связана с выполнением индивидуальных заданий.</p> <p>При подготовке к зачету необходимо ознакомиться с демонстрационным вариантом задания (перечнем вопросов, практических заданий), проработать конспекты лекций, проанализировать результаты выполнения лабораторных и практических занятий, рекомендуемую литературу, получить консультацию у преподавателя.</p>

10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

10.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования

Код компетенции / этап освоения	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ПК-20/второй этап	Приводит общее определение математической модели и описание ее параметров, элементы классификации, характеризует подходы к постановке	Вопросы для устного собеседования	<i>Перечень вопросов для устного собеседования</i>

Код компетенции / этап освоения	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
	<p>задачи расчета по моделям, определяет роль математического моделирования в технологических расчетах и научных исследованиях; описывает подходы к решению задачи аппроксимации таблично заданной функции (таблицы наблюдений) математической зависимостью, формулирует принцип наименьших квадратов, дает определения базовых понятий регрессионного анализа</p> <p>Определяет исходные данные, выбор формы уравнения, обосновывает принцип оценки коэффициентов модели, оценки качества аппроксимации; составляет детерминированные математические описания аппаратов с учетом гидродинамической структуры потоков, равновесия и кинетики процессов, условий тепломассопереноса; преобразует эмпирико-статистические модели для оценки их коэффициентов с использованием доступного программного обеспечения</p> <p>Выполняет проектные или поверочные расчеты по модели (моделирование гидравлических систем, химической кинетики, теплообменной аппаратуры и др.), анализирует результаты моделирования, проводит вычислительный эксперимент; оценивает коэффициент эмпирических моделей на основе регрессионного анализа, оценивает результаты аппроксимации; реализует на компьютере оценку коэффициентов эмпирических математических моделей с использованием доступного программного обеспечения (MSExcel, Mathcad, Delphi)</p>	Курсовая работа	<p>(40 вопросов)</p> <p><i>Перечень заданий (от 10 до 24 заданий по составляющим курсовой работы)</i></p>

10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

Критерии оценивания сформированности компетенций

1-й семестр изучения дисциплины (форма промежуточного контроля – зачет)

40 – 100	Зачтено	Обучающийся своевременно выполнил индивидуальные задания на практических занятиях, представил результаты в виде рабочих листов Mathcad, защитил работы, возможно допуская несущественные* ошибки в ответе на вопросы преподавателя. Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.
0 – 39	Не зачтено	Обучающийся выполнил частично индивидуальные задания на практических занятиях, не в полном объеме представил результаты в виде рабочих листов Mathcad, не защитил работы и/или допустил существенные** ошибки в ответе на вопросы преподавателя. Не учитываются баллы, накопленные в течение семестра.

2-й семестр изучения дисциплины (формы промежуточного контроля – зачет с оценкой и курсовая работа)

Баллы	Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций	
		Устное собеседование	Курсовая работа
86 - 100	5 (отлично)	<p>Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области. Критический, оригинальный подход к материалу.</p> <p>Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.</p>	<p>Обучающийся всесторонне и глубоко разработал тему на основе широкого круга источников технической литературы и нормативно-технической документации, проявил самостоятельность в разработке информационного и программного обеспечения, представил правильные расчеты и выводы, применил разнообразные методы решения; нет существенных недостатков в пояснительной записке (графической части и стиле изложения), при защите курсовой работы не допущены погрешности в интерпретации подхода к решению задачи и результатов.</p>
75 – 85	4 (хорошо)	<p>Ответ полный, основанный на проработке всех обязательных источников информации. Подход к материалу ответственный, но стандартный.</p> <p>Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.</p>	<p>Обучающийся в полном объеме выполнил задание, представил решение задач разнообразными методами, проявил самостоятельность в разработке информационного и программного обеспечения, представил правильные расчеты и выводы; нет существенных недостатков в пояснительной записке (графической части и стиле изложения), при защите курсовой работы допущены небольшие погрешности в интерпретации подхода к решению задачи и результатов.</p>
61 – 74		<p>Ответ стандартный, в целом качественный, основан на всех обязательных источниках информации. Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки.</p> <p>Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.</p>	<p>Обучающийся в полном объеме выполнил задание, представил решение задач разнообразными методами, проявил самостоятельность в разработке информационного и программного обеспечения, представил правильные расчеты и выводы; нет существенных недостатков в пояснительной записке (графической части и стиле изложения), при защите курсовой работы допущены небольшие погрешности в интерпретации подхода к решению задачи и результатов, допущены нарушения или небрежность в оформлении работы.</p>
51 - 60	3 (удовлетворительно)	<p>Ответ воспроизводит в основном только лекционные материалы, без самостоятельной работы с рекомендованной литературой. Демонстрирует понимание предмета в целом, без углубления в детали. Присутствуют существенные ошибки или пробелы в знаниях по некоторым темам.</p> <p>Учитываются баллы,</p>	<p>Обучающийся в целом выполнил задание, представил решение всех задач, но проявил недостаточную самостоятельность в разработке информационного и программного обеспечения, и потребовалась существенная помощь преподавателя; нет существенных недостатков в пояснительной записке (графической части и стиле изложения).</p>

Баллы	Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций	
		Устное собеседование	Курсовая работа
40 – 50		накопленные в течение семестра.	
		<p>Ответ неполный, основанный только на лекционных материалах. При понимании сущности предмета в целом – существенные ошибки или пробелы в знаниях сразу по нескольким темам, незнание (путаница) важных терминов.</p> <p>Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.</p>	<p>Обучающийся в целом выполнил задание, представил решение всех задач, но проявил недостаточную самостоятельность в разработке информационного и программного обеспечения, и потребовалась существенная помощь преподавателя; пояснительная записка оформлена небрежно.</p>
17 – 39	2 (неудовлетворительно)	<p>Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки.</p> <p>Не учитываются баллы, накопленные в течение семестра.</p>	<p>Обучающимся представлена частично выполненная работа (решены не все задачи), предусмотренные методической литературой.</p>
1 – 16		<p>Непонимание заданного вопроса. Неспособность сформулировать хотя бы отдельные концепции дисциплины.</p> <p>Не учитываются баллы, накопленные в течение семестра.</p>	<p>Обучающимся представлена частично выполненная работа (решены не все задачи), при этом содержащая грубые ошибки, свидетельствующие о непонимании студентом разрабатываемой им темы.</p>
0		<p>Попытка списывания, использования неразрешенных технических устройств или пользования подсказкой другого человека (вне зависимости от успешности такой попытки).</p> <p>Не учитываются баллы, накопленные в течение семестра.</p>	<p>Представление чужой работы, плагиат, либо отказ от представления работы.</p>

10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

10.2.1. Перечень вопросов (тестовых заданий), разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировка вопроса (задания)	№ темы
1	Понятие математической модели. Входные и выходные параметры, управляющие воздействия.	1
2	Классификация математических моделей химико-технологических процессов.	1
3.	Понятие баз данных. Реляционные базы данных	2
4.	Система управления базой данных (СУБД) – общее понятие и назначение. Универсальные и специализированные СУБД.	2
5.	Назначение и структура банка данных по физико-химическим параметрам веществ и смесей. Особенности СУБД	2
6.	Технология использования модулей расчета свойств из библиотеки банка данных по физико-химическим параметрам веществ и смесей в расчетах элементов ХТС.	2
7.	Эмпирико-статистические математические модели в автоматизированных	3

№ п/п	Формулировка вопроса (задания)	№ темы
	расчетах. Исходные данные для построения моделей. Выбор формы уравнений. Общая постановка задачи построения моделей данного типа	
8.	Основные понятия, применяемые при построении эмпирико-статистических моделей: независимые переменные, факторы, функции отклика, объем выборки, выборочные оценки и др.	3
9.	Метод наименьших квадратов и его использование при оценке коэффициентов линейных регрессионных уравнений. Вывод системы уравнений.	3
10.	Нелинейная регрессия общего вида.	3
11.	Реализация линейной регрессии общего вида в Mathcad.	3
12.	Детерминированные математические модели: определение, подходы к построению, основные составляющие моделей	4
13.	Математическое моделирование гидравлических систем. Модель трубопровода	5
14.	Математическое моделирование гидравлических систем. Моделирование процессов истечения жидкостей из емкостей	5
15.	Математическое моделирование кинетики простой химической реакции	6
16.	Математическое моделирование кинетики сложной химической реакции	6
17.	Необходимость учета особенностей гидродинамической структуры потоков вещества при построении детерминированных математических моделей	7
18.	Однопараметрическая диффузионная модель структуры потоков вещества в аппарате: основные допущения и области применения.	7
19.	Модель идеального вытеснения: основные допущения и области применения.	7
20.	Модель идеального смешения: основные допущения и области применения.	7
21.	Ячеечная модель структуры потоков вещества в аппарате: основные допущения и области применения.	7
22.	Моделирование теплообменного аппарата без изменения агрегатного состояния теплоносителей на основе модели идеального смешения и ячейочной.	8
23.	Моделирование теплообменного аппарата без изменения агрегатного состояния теплоносителей на основе модели идеального вытеснения. Вывод уравнений модели для проточной схемы движения теплоносителей.	8
24.	Моделирование теплообменного аппарата без изменения агрегатного состояния теплоносителей на основе модели идеального вытеснения. Особенности решения системы уравнений для противоточной схемы движения теплоносителей.	8
25.	Комбинированные модели (типа смешение-вытеснение) для теплообменных аппаратов без изменения агрегатного состояния теплоносителей. Особенности решения системы уравнений для противоточной схемы движения теплоносителей.	8
26.	Модель химического реактора идеального смешения	9
27.	Модель химического реактора идеального вытеснения	9
28.	Модель каскада ректоров (ячеечная модель структуры потоков)	9
29.	Математическое моделирование массообменных процессов (на примере процессов перегонки, ректификации, абсорбции).	10
30.	Оценка эффективности процессов теплопередачи от структуры потоков вещества в аппарате	11
31.	Особенности учета зависимости свойств потоков в теплообменном аппарате от температуры.	12
32.	Компьютерный расчет коэффициента теплопередачи для различного агрегатного состояния теплоносителей	12
33.	Оценка эффективности процессов химического превращения от структуры потоков вещества в аппарате	13
34.	Химико-технологическая система (ХТС). Элементы ХТС. Технологические операторы, их назначение и условные обозначения.	14
35.	Различные формы постановки задач расчета ХТС. Понятия синтеза и анализа ХТС	14
36.	Сущность интегральных методов расчета ХТС. Применимость, достоинства и недостатки интегральных методов	15
37.	Расчет материальных потоков ХТС интегральным методом на основе уравнений материального баланса и линейных уравнений связи	15
38.	Сущность декомпозиционных методов расчета ХТС, их применимость, достоинства и недостатки	16
39.	Структурный анализ замкнутой ХТС – основные этапы и их сущность	16

№ п/п	Формулировка вопроса (задания)	№ темы
40.	Реализация итерационных алгоритмов расчета ХТС на основе результатов структурного анализа схемы	16

10.2.2. Перечень тем докладов (рефератов, эссе, пр.), разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций
Не предусмотрены.

Вариант типовых заданий (задач, кейсов), разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Условия типовых задач (задач, кейсов)	Ответ
1.	Проанализируйте уравнение Аррениуса $k = k_0 e^{-\frac{E}{RT}}$ с точки зрения подхода к оценке предэкспоненциального множителя и энергии активации методом линейной регрессии. Определите вид функции отклика и факторов. Предложите программные средства решения задачи.	Уравнение линейно в логарифмических координатах: функция отклика $y = \ln(k)$, единственный фактор $z_1 = -\frac{1}{RT}$. Методом линейной регрессии определяются коэффициенты $\beta_0 = \ln(k_0)$, $\beta_1 = E$. Способы решения: построение линии тренда в MS Excel или с помощью функции linfit в среде Mathcad.
2	В аппарат поступают 2 входных потока, для которых заданы объемные расходы V_1 и V_2 (в м ³ /ч), и 2 выходных с объемными расходами V_3 и V_4 . Плотности всех потоков известны, обозначим их как $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4$ соответственно. Запишите уравнения материального баланса.	$V_1\rho_1 + V_2\rho_2 = V_3\rho_3 + V_4\rho_4$
3	Для химической реакции, протекающей по схеме $A_1 + A_2 \rightarrow 2 A_3$ запишите кинетические уравнения. Предложите метод и программные средства для решения уравнений.	$\frac{dC_1}{d\tau} = \frac{dC_2}{d\tau} = -kC_1C_2$ $\frac{dC_3}{d\tau} = 2kC_1C_2$ Для решения этих дифференциальных уравнений можно предложить метод Эйлера с реализацией в MS Excel, Mathcad или более точный метод Рунге-Кутты, реализуемый в Mathcad через функцию rkfixed.

10.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности), характеризующих этапы формирования компетенций

10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче экзаменам и порядок ликвидации академической задолженности

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся (принято на заседании Ученого совета 31.08.2013г., протокол № 1)

10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

устная письменная компьютерное тестирование иная*

Зачет предполагает устное собеседование, а также составление математической модели процесса или аппарата с реализацией ее на компьютере с получением разумного с физико-химической точки зрения результата. Модель и способ ее реализации обосновываются в ходе устного собеседования.

Курсовая работа предоставляется в виде пояснительной записки, содержащей подробное описание всех этапов разработки моделей и их реализации, результатов исследования по модели. Курсовая работа подлежит обязательной защите в форме устного обсуждения достигнутых результатов и путей их получения. Требования к содержанию и оформлению пояснительной записки представлены в соответствующих методических указаниях.

**В случае указания формы «Иная» требуется дать подробное пояснение*

10.3.3. Особенности проведения экзаменов

- время на подготовку к устному собеседованию составляет 20 минут, на выполнение практического задания на компьютере – до 45 минут;
- при защите курсовой работы демонстрация студентами работоспособных программных продуктов, представленных в пояснительной записке, обязательна.