

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


_____ Н.В.Лобов

« 06 » октября 20 21 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: _____
Моделирование химико-технологических процессов
(наименование)

Форма обучения: _____
очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: _____
бакалавриат
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: _____
144 (4)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: _____
18.03.01 Химическая технология
(код и наименование направления)

Направленность: _____
Химическая технология (общий профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование системы знаний, умений и навыков в области разработки и применения математических моделей химико-технологических процессов, производств и отдельных аппаратов с целью оптимизации основного технико-экономического показателя «затраты: результат».

Задачи учебной дисциплины:

- изучение методов составления полной системы математических уравнений, описывающих предмет моделирования;
- формирование умения реализовать математические модели ХТП на ЭВМ;
- формирование навыков проведения компьютерных исследований моделируемых объектов.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- балансные, кинетические, вспомогательные уравнения и системы уравнений, описывающие, или моделирующие работу отдельных аппаратов, процессов и производств;
- методы численного или аналитического решения уравнений и систем уравнений, описывающих моделируемые объекты, а также математические и физические ограничения, соответствующие данной модели;
- методы реализации математических моделей и навыки составления программных моделей на современных ЭВМ;
- существующее программное обеспечение для моделирования процессов и производств.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПКО-2	ИД-1пко-2	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - современные информационные технологии и численные методы решения поставленных задач; - виды балансных, кинетических и вспомогательных уравнений, используемых при разработке математических моделей; - основные статистические уравнения и критерии, используемые при обработке экспериментальных данных; - способы реализации физических и математических моделей. 	<p>Знает аналитические и численные методы решения поставленных задач; современные информационные технологии; сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования.</p>	Экзамен
ПКО-2	ИД-2пко-2	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать современные информационные технологии; - выполнять математический анализ экспериментальных данных с целью определения параметров для моделирования процессов и аппаратов; - составлять системы математических уравнений при разработке математических моделей; - разрабатывать программы для ЭВМ при реализации математических моделей; - исследовать математические модели на ЭВМ для расчета технологических параметров оборудования и с целью оптимизации технологических процессов. 	<p>Умеет применять аналитические и численные методы решения поставленных задач; использовать современные информационные технологии; проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств и использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования.</p>	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПКО-2	ИД-3пко-2	Владеть: - методами обработки экспериментальных данных и использования их результатов для обоснования параметров математических моделей; - навыками использования программного обеспечения ЭВМ при разработке математических моделей.	Владеет навыками использования аналитических и численных методов решения поставленных задач и современных информационных технологий, пакетов прикладных программ в своей профессиональной области.	Защита лабораторной работы

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	68	68	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	17	17	
- лабораторные работы (ЛР)	34	34	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	15	15	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	40	40	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
7-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Общие вопросы моделирования.	4	12	2	10
<p>Введение. Основные понятия и принципы моделирования. Классификация математических моделей. Примеры применения математических моделей для решения производственных задач. Раздел 1. Виды уравнений и методы их решения при моделировании химико-технологических процессов. Тема 1. Уравнения баланса. Уравнения материального баланса в интегральной и дифференциальной формах. Понятия переходного и стационарного состояния объекта. Некоторые варианты решения уравнений баланса и предельные переходы к стационарному состоянию. Интегральные и дифференциальные уравнения теплового баланса. Размерности величин, участвующих в вычислениях и их согласования Тема 2. Коэффициенты кинетических моделей. Известные математические модели простых и сложных химических реакций. Способы определения кинетических констант (4-5 способов). Метод нахождения обеих констант скорости для реакций последовательного типа, основанный на минимизации квадратичного функционала. Тема 3. Метод сеток для решения дифференциальных уравнений со смешанными производными. Задачи, приводящие к дифференциальным уравнениям со смешанными производными. Метод сеток для решения дифференциальных уравнений. Ограничения метода сеток и способы частичного преодоления недостатков процедуры.</p>				
Детерминированные модели.	5	18	3	15
<p>Раздел 2. Математические модели основных процессов химической технологии. Тема 4. Моделирование теплообменных процессов. Процедура составления системы дифференциальных уравнений для теплообменника смешения. Решение дифференциального уравнения теплообмена и переход его решения в стационарное. Примеры реализации подобного варианта теплообмена в промышленных условиях Тема 5. Моделирование процессов с межфазным переносом. Процедура составления системы дифференциальных уравнений теплообмена через стенку, включая вариант протекания неизотермической химической реакции в одном из</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
объемов теплообменного аппарата. Варианты погружного аппарата, теплообменника типа «труба в трубе» для случаев сопутствующего тока и противотока. Процедура составления дифференциальных уравнений для межфазных химических реакций, протекающих на границе двух сред. Системы уравнений, описывающие межфазные процессы абсорбции, ректификации и экстракции. Тема 6. Моделирование процесса кристаллизации. Математическое описание кристаллизации из растворов.				
Статистические модели.	8	4	10	15
Раздел 3. Регрессионные модели и оптимизация на их основе. Тема 7. Метод МНК. Методы аппроксимации экспериментальных данных. Варианты метода МНК, позволяющие проводить процедуры линеаризации зависимостей. Тема 8. Регрессионный анализ. Вариант описания экспериментальных результатов многомерной функцией Тейлора. Ограничение размерности разложения, приводящие к частному виду – уравнению регрессии. Процедура построения матриц эксперимента в общем виде и в варианте с кодированными переменными. Статистические критерии воспроизводимости, адекватности и значимости. Метод дробных реплик. Понятия активного и пассивного эксперимента. Матричный метод решения системы уравнений для нахождения коэффициентов уравнения регрессии. Процедура рандомизации эксперимента. Симплекс-метод поиска экстремума в активном эксперименте. Примеры применения методов регрессионного анализа. Тема 9. Оптимизация химико-технологических процессов. Основные виды функций отклика сложной системы на внешние возмущения и методы поиска экстремумов многомерных функций, систематизированные как градиентные и безградиентные методы. Метод градиентного спуска, метод наискорейшего спуска, симплекс метод поиска экстремума. Заключение. Применение моделирования в химической промышленности для определения оптимальных технологических параметров.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
ИТОГО по 7-му семестру	17	34	15	40
ИТОГО по дисциплине	17	34	15	40

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Расчёт констант скорости сложной химической реакции методом минимизации функционала.
2	Решение системы дифференциальных уравнений в частных производных методом сеток.
3	Вычисление коэффициентов уравнения регрессии на основании ортогонального плана эксперимента, оценка воспроизводимости, адекватности и значимости коэффициентов.
4	Поиск экстремума заданной целевой функции симплекс-методом. Определение экстремума градиентным методом.

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Регулирование температуры в реакторе с экзотермической реакцией.
2	Исследование влияния внешних параметров на режим работы пористого гранулированного катализатора на основе анализа уравнения Зельдовича-Тиле.
3	Исследование процесса адиабатного окисления сернистого ангидрида с учётом теплового эффекта реакции при использовании стандартных процедур решения систем дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты.
4	Разработка математической и программной модели в системе Mathcad и исследование режимов работы реактора трубчатого типа для реакции с тепловым эффектом при учёте противоточного теплообмена.
5	Исследование процесса абсорбции аммиака из газовой смеси водой в аппарате с насадкой.
6	Подбор многофакторного уравнения регрессии на основании имеющихся экспериментальных данных и оценка его адекватности.
7	Поиск экстремумов заданной целевой функции в условиях ограничения значений параметров с использованием стандартных процедур.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Андриевская Н. В. Моделирование систем : учебное пособие / Н. В. Андриевская, С. В. Бочкарёв. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	50
2	Бочкарев В. В. Оптимизация химико-технологических процессов : учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / В. В. Бочкарев. - Москва: Юрайт, 2016.	5

3	Островский Г. М. Методы оптимизации химико-технологических процессов : учебное пособие / Г. М. Островский, Ю. М. Волин, Н. Н. Зиятдинов. - Москва: Университет, 2008.	29
4	Ч. 1. - Пермь: , Изд-во ПГТУ, 2011. - (Математическое моделирование кинетики сложных химических реакций : учебное пособие; Ч. 1).	13
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Кафаров В. В. Математическое моделирование основных процессов химических производств : учебное пособие для академического бакалавриата / В. В. Кафаров, М. Б. Глебов. - Москва: Юрайт, 2019.	2
2	Кафаров В. В. Математическое моделирование основных процессов химических производств : учебное пособие для вузов / В. В. Кафаров, М. Б. Глебов. - Москва: Высш. шк., 1991.	17
3	Математическое моделирование и оптимизация химико-технологических процессов : практическое руководство / В. А. Холоднов [и др.]. - СПб: Проффессионал, 2003.	15
4	Саулин Д. В. Математическое моделирование химико-технологических систем : конспект лекций / Д. В. Саулин. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2016.	29
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
1	Закгейм А. Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие для вузов / А. Ю. Закгейм. - Москва: Химия, 1982.	18
2	Закгейм А. Ю. Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие для вузов / А. Ю. Закгейм. - Москва: Логос, 2017.	16
3	Кафаров В. В. Анализ и синтез химико-технологических систем : учебник для вузов / В. В. Кафаров, В. П. Мешалкин. - Москва: Химия, 1991.	17
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
1	Методы расчёта материальных и тепловых балансов химико-технологических систем : учебное пособие / Н. В. Кузичкин [и др.]. - Ленинград: Изд-во ЛТИ, 1982.	1
2	Углев Н. П. Теория химических реакторов. Введение в основные разделы курса : учебное пособие / Н. П. Углев. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	97

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Саулин Д. В. Математическое моделирование химико-технологических систем : конспект лекций / Д. В. Саулин. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2016.	https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=3013	локальная сеть; авторизованный доступ
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	Саулин Д. В. Математическое моделирование химико-технологических систем : конспект лекций / Д. В. Саулин. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2005.	https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2436	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Андриевская Н. В. Моделирование систем : учебное пособие / Н. В. Андриевская, С. В. Бочкарёв. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=2433	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Ч. 1. - Пермь: , Изд-во ПГТУ, 2011. - (Математическое моделирование кинетики сложных химических реакций : учебное пособие.	https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=453	локальная сеть; авторизованный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Углев Н. П. Теория химических реакторов. Введение в основные разделы курса : учебное пособие / Н. П. Углев. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=842	локальная сеть; авторизованный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.02.2022)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Компьютерный класс с установленным MS Excel, MS Word и специализированным программным обеспечением	10
Лекция	Ноутбук ACER Extensa 7620 - G - 3A2G25Mi, инвентарный номер 0478200	1
Практическое занятие	Ноутбук ACER Extensa 7620 - G - 3A2G25Mi, инвентарный номер 0478200	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения промежуточной аттестации обучающихся
по дисциплине
«Моделирование химико-технологических процессов»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки: 18.03.01 Химическая технология

Квалификация выпускника: «Бакалавр»

Выпускающая кафедра: Химические технологии

Форма обучения: очная/заочная

Курс: 4/4

Семестр: 7/8

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 4 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 144 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Экзамен: 7 семестр / 8 семестр

Пермь - 2021 г.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД, освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (5-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские занятия (лекционные, практические, лабораторные), а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, выполнении практических заданий, сдаче отчетов по лабораторным работам и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	Текущий		Рубежный		Итоговый
	ТО	С	ОЛР	Т/КР	Экзамен
Усвоенные знания					
З.1 Знать: - современные информационные технологии и численные методы решения поставленных задач; - виды балансных, кинетических и вспомогательных уравнений, используемых при разработке математических моделей; - основные статистические уравнения и критерии, используемые при обработке экспериментальных данных; - способы реализации физических и математических моделей.	ТО1			КР1 КР2 КР3	ТВ
Освоенные умения					
У.1 Уметь: - использовать современные информационные технологии; - выполнять математический анализ экспериментальных данных с целью определения параметров для моделирования процессов и аппаратов; - составлять системы математических уравнений при разработке математических моделей; - разрабатывать программы для ЭВМ при реализации математических моделей; - исследовать математические модели на ЭВМ для расчета технологических параметров оборудования и с целью оптимизации технологических процессов.	ТО2		ОЛР1 ОЛР2 ОЛР3 ОЛР4 ОЛР5 ОЛР6 ОЛР7	КР1 КР2 КР3	ПЗ
Приобретенные владения					
В.1 Владеть: - методами обработки экспериментальных данных и использования их результатов для обоснования параметров математических моделей; - навыками использования программного обеспечения ЭВМ при разработке математических моделей.	ТО3		ОЛР1 ОЛР2 ОЛР3 ОЛР4 ОЛР5 ОЛР6 ОЛР7	КР1 КР2 КР3	-

ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КР – контрольная работа; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа) рубежное тестирование (контрольная работа); ОЛР – отчет по лабораторной работе; КРБ – курсовая работа; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание. КЗ - комплексное задание экзамена.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала проводится в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится, в форме защиты лабораторных работ и рубежного теоретического опроса (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита лабораторных работ

Всего запланировано 7 лабораторных работы. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы

2.2.2. Рубежное тестирование

Согласно РПД запланировано 3 рубежные контрольные работы после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Общие вопросы моделирования»; вторая КР по модулю 2 «Детерминированные модели»; третья КР по модулю 3 «Статистические модели».

Типовые задания первой КР:

1. Характеристики стационарного процесса. Приведите пример математической модели стационарного процесса и опишите представленную модель.

2. Приведите пример способа нахождения константы скорости простой химической реакции. Укажите основные преимущества и недостатки данного способа.

Типовые задания второй КР:

1. Математическая модель теплообменного процесса на примере теплообменника «труба в трубе» с режимом движения теплоносителей противотоком, исключая протекание химических реакций и изменения агрегатного состояния потоков. Ограничения, накладываемые на математическую модель данного процесса.

2. Приведите пример математической модели массообменного процесса. Дайте характеристику данной модели и укажите ограничения, накладываемые на математическую модель данного процесса.

Типовые задания третьей КР:

1. Приведите основные этапы построения матрицы эксперимента в варианте с использованием кодированной переменной.

2. Дайте определение термина «критерий оптимизации». Каким образом осуществляется выбор данного критерия при оптимизации теплообменного процесса.

2.3. Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются

успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

2.4. Итоговая аттестация

Допуск к итоговой аттестации осуществляется по результатам текущего, рубежного и промежуточного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего, рубежного и промежуточного контроля.

Итоговая аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса (ТВ) для проверки усвоенных знаний и одно практическое задание (ПЗ) для проверки освоенных знаний, умений и владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

2.4.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Способы определения констант скорости химических реакций.
2. Математическое описание химических реакций с использованием метода графов.
3. Симплекс-метод поиска экстремума функции нескольких переменных.
4. Процедура построения матриц эксперимента в общем виде и в варианте с кодированными переменными.

Типовые практические задания для контроля приобретенных умений, навыков и владений:

1. Провести расчет распределения потока жидкости в сложной системе трубопровода, при котором будет достигаться наименьшее гидравлическое сопротивление.
2. Определить оптимальные геометрические размеры теплообменника «труда в трубе», при которых критерий приведенных затрат, включающий затраты на изготовление и обслуживание, будет наименьшим.

2.4.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем

выборочного контроля во время дифференцированного зачета.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля на экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3.2. Оценка уровня сформированности компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

В оценочный лист включаются:

1. Интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля по 4-х балльной шкале оценивания.
2. Три оценки за ответы на вопросы и задания экзаменационного билета по 4-х балльной шкале оценивания.
3. Средняя оценка уровня сформированности дисциплинарных компетенций.
4. Итоговая оценка уровня сформированности дисциплинарных компетенций.

По первым 4-м оценкам вычисляется средняя оценка промежуточной аттестации по дисциплине, на основании которой по сформулированным критериям выставляется итоговая оценка уровня сформированности

заявленных дисциплинарных компетенций. Форма оценочного листа с примерами получения итоговой оценки уровня сформированности дисциплинарных компетенций приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Оценочный лист уровня сформированности дисциплинарных компетенций

Интегральный результат текущего и рубежного контроля (по результатам текущей успеваемости)	Оценка за экзамен			Средняя оценка уровня сформированности дисциплинарных компетенций	Итоговая оценка уровня сформированности дисциплинарных компетенций
	знания	умения	владения		
5*	5	4	5	4.75	<i>отлично</i>
4	3	3	3	3.25	<i>удовлетворительно</i>
3	5	4	3	3.75	<i>хорошо</i>
3	3	3	2	2.75	<i>неудовлетворительно</i>
3	3	4	2	3.0	<i>неудовлетворительно</i>

*) - пример заполнения оценочного листа

Критерии выведения итоговой оценки промежуточной аттестации:

«Отлично» – средняя оценка $> 4,5$.

«Хорошо» – средняя оценка $> 3,7$ и $\leq 4,5$.

«Удовлетворительно» – средняя оценка $\geq 3,0$ и $\leq 3,7$ при отсутствии хотя бы одной неудовлетворительной оценки за компоненты компетенций.

«Неудовлетворительно» – средняя оценка $< 3,0$ или присутствует хотя бы одна неудовлетворительная оценка за компоненты компетенций.