

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОПОП ВО
профессор Н.К. Кондрашева

Проректор по образовательной
деятельности
доцент Д.Г. Петраков

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ОПТИМИЗАЦИЯ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Уровень высшего образования:	Магистратура
Направление подготовки:	18.04.01 Химическая технология
Направленность (профиль):	Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов
Квалификация выпускника	магистр
Форма обучения:	очная
Составитель:	доцент Э.Ю.Георгиева

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Оптимизация химико-технологических процессов»

разработана:

– в соответствии с требованиями ФГОС ВО магистратура по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология», утверждённого приказом Минобрнауки России № 910 от 07 августа 2020 г.;

– на основании учебного плана магистратуры по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология» направленность (профиль) «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов».

Составитель: _____ доцент каф. ХТПЭ Георгиева Э.Ю.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химических технологий и переработки энергоносителей от 15 февраля 2022г., протокол № 16.

Заведующий кафедрой ХТПЭ _____ Н.К. Кондрашева

Рабочая программа согласована:

Начальник управления учебно-методического обеспечения образовательного процесса _____ к.т.н. Иванова П.В.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «Оптимизация химико-технологических процессов» является освоение теоретических основ и практических методов математического моделирования при решении задач, связанных с обработкой экспериментальных данных, связанных с решением профессиональных задач, формирование знаний, умений для профессиональной деятельности, подготовка выпускника, владеющего классическими и современными методами создания, построения и анализа моделей химико-технологических систем;

Задачами дисциплины являются:

- изучение теоретических основ при решении задач оптимизации и моделирования, как отдельных стадий технологического процесса, так и всего производства в целом;
- овладение методами динамического моделирования с использованием современного программного обеспечения для решения технологических задач;
- приобретение навыков по созданию структурированных моделей производственных объектов;
- обучение практическим навыкам создания математических моделей химико-технологических процессов и аппаратов для последующего их использования в творческой деятельности выпускника;
- развитие мотивации к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Оптимизация химико-технологических процессов» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология» и изучается во 1-м семестре.

Дисциплина «Оптимизация химико-технологических процессов» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Теплоперенос в гетерогенных системах», «Теория химических процессов технологии природных энергоносителей и углеродных материалов».

Особенностью дисциплины является овладение методами для определения термодинамических величин.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Оптимизация химико-технологических процессов» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Основные показатели освоения программы дисциплины
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1	УК-1.1. Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации
		УК-1.2. Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации
		УК-1.3. Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий
Способен находить	ОПК-4	ОПК-4.1. Знать: назначение, принцип действия и устройство аппаратов, используемых для проведения процессов; нормативные документы для

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Основные показатели освоения программы дисциплины
Содержание компетенции	Код компетенции	
оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты		разработки технической документации;
		ОПК-4.2. Уметь: применять методики технологических и технических расчетов по проектам; проводить технико-экономический и функционально-стоимостный анализ эффективности проекта; выбирать оптимальные технологические режимы и наиболее рациональные типы аппаратов; обосновывать принятие конкретного аппаратурного и технического решения при разработке технологических процессов;
		ОПК-4.3. Владеть: методами определения оптимальных технологических режимов работы оборудования; методиками технологических расчетов с применением современного программного обеспечения

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость учебной дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 ак. часа.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		1
Аудиторные занятия, в том числе:	32	32
Лекции	16	16
Практические занятия (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе	40	40
Проработка конспекта лекций	8	8
Подготовка к практическим занятиям	10	10
Выполнение заданий поисково-исследовательского характера	5	5
Реферат	5	5
Подготовка к контрольной работе	4	4
Подготовка к зачету	8	8
Промежуточная аттестация – зачет (З)	3	3
Общая трудоемкость дисциплины		
ак. час.	72	72
зач. ед.	2	2

4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия и самостоятельная работа.

4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента
Раздел 1. «Основные понятия и показатели оптимизации химико-технологических процессов»	36	8	8		20
Раздел 2 «Общие принципы построения моделей»	36	8	8	-	20
Итого:	72	16	16	-	40

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Основные понятия и показатели оптимизации химико-технологических процессов	Основные понятия и определения. Показатели эффективности химико-технологических процессов. Технологические критерии эффективности. Систематизация методов оптимизации. История моделирования. Базовый понятийный ряд моделирования. Основные этапы и теоретические основы математического моделирования. Этапы моделирования. Подходы к моделированию. Классификация моделей. Условное моделирование. Аналогия. Аналогичное моделирование. Элементы теории подобия. Понятие подобия. Виды подобия. Виды испытаний.	8
2	Общие принципы построения моделей	Построение моделей и требования к ним. Построение моделей. Требования к построению модели. Структура математической модели. Сложность объекта. Оператор моделирования. Параметры модели. Цели моделирования. Метод реализации модели. Цели математического моделирования для технических объектов и технологических процессов. Алгоритм построения модели. Технологии моделирования. Алгоритм построения аналитической модели. Различия алгоритмов начинаются с шестого этапа и объясняются различиями в методах построения модели. Этап анализа априорной информации, формулирования гипотезы исследования. Этап формализации задачи. Этап построения модели. Этап решения задачи оптимизации. Построение эмпирических регрессионных	8

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		моделей. Планирование и проведение эксперимента. Основные понятия и определения. Планирование эксперимента. . Выбор уровней факторов. Полный факторный эксперимент. Проведение эксперимента. Регрессионные модели с одной входной переменной. Основные понятия. Адекватность регрессионных моделей. Виды регрессионных моделей с одной входной переменной. Регрессионные модели с несколькими входными переменными. Матричный подход к определению коэффициентов регрессии. Оценка адекватности и точности многофакторной линейной модели. Линейные регрессионные модели с несколькими входными переменными. Нелинейные регрессионные модели с несколькими входными переменными. Шаговые методы построения регрессионных моделей. Интерпретация и оптимизация регрессионных моделей. Интерпретация модели. . Оптимизация модели. Управление и оптимизация химико-технологических процессов. Математизация знаний и использование математических моделей. Математизация знаний. Использование математических моделей.	
Итого:			16

4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Разделы	Тематика практических занятий	Трудоёмкость в ак. часах
1	Раздел 1	Определение эмпирической зависимости	2
2	Раздел 2	Применение статистических методов для оптимизации	6
3	Раздел 2	Математическое моделирование потоков	2
4	Раздел 2	Математическое моделирование ректификационной колонны	2
5	Раздел 2	Математическое моделирование теплообменного аппарата	4
Итого:			16

4.2.4. Лабораторные работы

Линейные регрессионные модели не предусмотрены учебным планом

4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

Лекции, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Практические занятия. Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Консультации (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Раздел 1. Основные понятия и показатели оптимизации химико-технологических процессов

1. Сравнить подходы к термину «Оптимизация».
2. Пояснить связи между понятиями «Оптимизация» и «Моделирование».
3. Что называют математическим моделированием?
4. Дайте определение физического моделирования?
5. Сколько этапов моделирования?
6. Перечислите основные этапы моделирования.
7. Назовите виды подобия которые Вы знаете?
8. В чем разница между физическим и математическим моделированием?
9. В чем суть критерия оптимизации?
10. Назовите основные понятия и определения.

Раздел 2. Общие принципы построения моделей

1. Назовите принципы моделирования.
2. Какие виды моделей существуют?
3. Какие виды моделирования существуют?
4. Что такое материальное моделирование?
5. Что такое мысленное моделирование?
6. Какие функции выполняют модели?
7. От чего зависит модель объекта?
8. Статические модели.
9. Из чего состоит математическая модель?
10. Что такое аналитическая модель?

11. Что такое эмпирическая модель?
12. На чем основано математическое моделирование?
13. Перечислите требования, предъявляемые к математической модели
14. Алгоритм построения эмпирической модели.
15. Алгоритм построения аналитической модели.

6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (зачета)

6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к зачету (по дисциплине):

1. Предмет курса и его задачи.
2. Структура, содержание курса, его связь с другими дисциплинами и место в подготовке специалиста.
3. Основные понятия и определения.
4. Назовите классификацию моделей.
5. Математическое моделирование..
6. Понятие оптимизации.
7. Алгоритм построения моделей.
8. Что такое модель?
9. Что такое моделирование?
10. Цели моделирования.
11. Что такое аналогия?
12. Назовите основные принципы моделирования.
13. Какие виды моделей существуют?
14. Регрессионный анализ.
15. Полный факторный эксперимент.
16. Какие виды моделирования существуют?
17. Какие функции выполняют модели?
18. На чем основано математическое моделирование?
19. Перечислите требования, предъявляемые к математической модели
20. Что такое материальное моделирование?
21. Что такое мысленное моделирование?
22. Управление и оптимизация химико-технологических процессов.
23. Применение математических моделей.
24. Что такое адекватность моделей?
25. Как определить адекватна модель или нет?
26. В каких случаях применяется физическое моделирование?
27. Назовите основные методы для обработки экспериментальных данных?
28. Какие критерии применяются для оценки химико-технологических процессов?
29. Назовите особенности моделирования химико-технологических процессов
30. Какие критерии применяются для оценки адекватности модели?

6.2.2. Примерные тестовые задания к зачету

Вариант № 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Математическая модель это...	1. предмет похожий на объект моделирования; 2. объект, который учитывает свойства объекта, необходимые для достижения цели 3. копия объекта; 4. шаблон, по которому можно произвести точную копию объекта.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
2.	Математическая модель не зависит от ...	1. предложений о поведении моделируемой системы; 2. средств (языка) описания системы; 3. методов изучения системы; 4. обозначений.
3.	Компьютерная модель -это...	1. компьютер, программа, технология моделирования (их использования); 2. компьютер, программа; 3. компьютер, MS Office; 4. пакет решения математических задач.
4.	Математической моделью объекта называют...	1. описание объекта математическими средствами, позволяющее выводить суждение о некоторых его свойствах при помощи формальных процедур; 2. любую символическую модель, содержащую математические символы; 3. представление свойств объекта только в числовом виде; 4. любую формализованную модель.
5.	Методами математического моделирования являются ...	1. Аналитический; 2. Числовой; 3. Аксиоматический и конструктивный; 4. Имитационный.
6.	Адекватность математической модели и объекта это...	1. правильность отображения в модели свойств объекта в той мере, которая необходима для достижения цели моделирования; 2. Полнота отображения объекта моделирования; 3. Количество информации об объекте, получаемое в процессе моделирования; 4. Объективность результата моделирования.
7.	Планирование эксперимента необходимо для...	1. Точного предписания действий в процессе моделирования; 2. Выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью; 3. Выполнения плана экспериментирования на модели; 4. Сокращения числа опытов.
8.	Процесс построения модели, как правило, предполагает:	1. описание всех свойств исследуемого объекта; 2. выделение наиболее существенных с точки зрения решаемой задачи свойств объекта; 3. описание всех пространственно-временных характеристик изучаемого

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		объекта; 4. выделение свойств объекта безотносительно к целям решаемой задачи.
9.	Какая форма математической модели отображает предписание последовательности некоторой системы операций над исходными данными с целью получения результата:	1. Аналитическая 2. Графическая 3. Цифровая 4. Алгоритмическая
10.	Объектом моделирования является...	1. все, на что направлена человеческая деятельность; 2. отдельные предметы или аппараты; 3. аппараты, имеющие большое количество свойств и параметров 4. отдельные технологические процессы.
11.	Основная цель моделирования...	1. описание объекта исследований; 2. объяснение объекта; 3. прогнозирование поведения и свойств объекта 4. все вышеперечисленные ответы верны
12.	Научное моделирование это...	1. всегда логически обоснованное моделирование, использующее минимальное число предположений, принятых в качестве гипотез на основании наблюдения за объектом моделирования; 2. моделирование, основанное на интуитивном(не обоснованном с позиций формальной логики) представлении об объекте исследования; 3. моделирование разделяют на два основных типа: интуитивное и научное моделирование; 4. это моделирование, основанное на аналогии процессов и явлений, имеющих различную физическую природу, но одинаково описываемых формально.
13.	Детерминированное моделирование отражает...	1. процессы, в которых предполагается отсутствие всяких случайных воздействий; 2. отображает вероятностные процессы и события; 3. отображает только основные события; 4. процессы, в которых есть случайные воздействия.
14.	Математическая модель представляет собой комбинацию следующих элементов...	1. переменных (входных и выходных); 2. параметров принимают численные значения, целевых функций; 3. функциональных зависимостей, ограничений; 4. все вышеперечисленные ответы верны
15.	Параметры модели бывают...	1. качественные и количественные

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		2. дискретные, непрерывные 3. смешанные 4. все выше перечисленные ответы верны
16.	При моделировании технологических процессов необходимо соблюдать следующие требования к входным факторам...	1. они должны быть взаимно независимы; 2. количественными и сравнительно легко измеряемыми 3. простыми, иметь физический смысл и универсальными с точки зрения свойств и структуры объекта 4. все выше перечисленные ответы верны
17.	Выделяют критерий оптимизации...	1. экономический 2. технический или технологический (производительность) 3. технико-экономический и экологический 4. все вышеперечисленные ответы верны
18.	Имитационное моделирование ...	1. Воспроизводит функционирование объекта в пространстве и времени 2. Моделирование, в котором реализуется модель, производящая процесс функционирования системы во времени, а также имитируются элементарные явления, составляющие процесс!! 3. Моделирование, воспроизводящее только физические процессы 4. Моделирование, в котором реальные свойства объекта заменены объектами – аналогами
19.	Что обеспечивает планирование эксперимента?	1. одновременное варьирование всех факторов по определенным правилам; 2. использование математического аппарата, формализующего многие действия экспериментатора; 3. выбор четкой стратегии, позволяющей принимать обоснованные решения и минимизацию числа опытов; 4. все выше перечисленные ответы верны
20.	Для оценки точности регрессионных моделей с несколькими входными переменными используется	1. множественный коэффициент корреляции; 2. коэффициент регрессии 3. критерий Фишера 4. уровень значимости

Вариант № 2

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Адекватность регрессионных моделей оценивается...	1. коэффициентом Фишера 2. коэффициентом Стьюдента 3. коэффициентом регрессии 4. коэффициентом корреляции
2.	Изменение состояния объекта отображается в виде...	1. Статической модели 2. Детерминированной модели 3. Динамической модели

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		4. Стохастической модели
3.	Как формулируется определение «показатель эффективности»?	1. Всякий определенный выбор параметров 2. количественный критерий сравнения между собой по эффективности разных решений 3. Решение, которое предпочтительнее других 4. Предварительное количественное обоснование оптимальных решений
4.	Что является синонимом понятия "вероятностная модель"?	1. (стохастическая модель) 2. динамическая модель 3. детерминированная модель 4. аналоговая модель
5.	Модель детерминированная ...	1. Матрица, детерминант которой равен Единице; 2. Объективная закономерная взаимосвязь и причинная взаимообусловленность событий. В модели не допускаются случайные события. 3. Модель, в которой все события, в том числе, случайные ранжированы по значимости; 4. Система непредвиденных, случайных событий.
6.	Что характеризует среднеквадратическое отклонение случайной величины?	1. разброс случайной величины относительно математического ожидания; 2. разброс случайной величины относительно математического ожидания; 3. среднее значение случайной величины; 4. разброс случайной величины относительно математического ожидания.
7.	Свойство, при котором модели могут быть полностью или частично использоваться при создании других моделей...	1. Универсальностью; 2. Неопределенностью; 3. Неизвестностью; 4. Случайностью.
8.	Как называется переход от реального объекта к некоторой логической схеме?	1. формализацией объекта; 2. описанием объекта; 3. характеристика объекта; 4. изучение объекта.
9.	Какой класс моделей использует компьютерное моделирование?	1. физические модели; 2. математические модели; 3. имитационные модели; 4. вероятностные модели.
10.	Каковы в основном неформальные математические модели технологических объектов?	1. линейны 2. не линейны 3. аналоговые 4. имитационные
11.	Непрерывно-детерминированные схемы моделирования определяют...	1. Математическое описание системы с помощью непрерывных функций с учётом случайных факторов

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		2. Математическое описание системы с помощью непрерывных функций без учёта случайных факторов 3. Математическое описание системы с помощью функций непрерывных во времени 4. Математическое описание системы с помощью дискретно-непрерывных функций
12.	Под чем понимается способ вычисления статистических характеристик случайных величин?	1. под методом имитационного моделирования 2. по методом физического моделирования 3. под методом математического моделирования 4. под методом аналогового моделирования
13.	Чем описываются математические модели технологических объектов химической промышленности чаще всего?	1. дифференциальными уравнениями 2. интегральными уравнениями 3. нелинейными уравнениями 4. линейными уравнениями
14.	Какие модели применяются при решении задач, связанных с обработкой большого количества данных?	1. физические модели 2. аналоговые модели 3. математические модели 4. статистические модели
15.	Каков первый шаг в исследовании имитационной модели?	1. формулировка задачи 2. определение параметров модели 3. определение свойств модели 4. определение характеристик модели
16.	В чем заключается сущность моделирования?	1. Это замещение одного объекта (оригинала) другим (моделью) и фиксация или изучение свойств оригинала путем исследования свойств модели. 2. в определении параметров модели 3. в определении свойств модели 4. в определении основных характеристик модели
17.	С чего начинается процесс моделирования?	1. с формализации 2. с установлении цели 3. с описания свойств 4. с математического описания
18.	Какие методы используются для исследования математической модели?	1. Аналитические, имитационные 2. Имитационные, визуальные 3. Аналитические, визуальные 4. Аналитические, имитационные, визуальные и графические
19.	Поиск математических зависимостей между входными и выходными переменными „по собранным опытным данным может выполняться с помощью следующих „методов...	1. регрессионный, корреляционный, дисперсионный анализ 2. многофакторный эксперимент 3. корреляционный анализ 4. дисперсионный анализ
20.	Что понимается под эмпирической моделью?	1. Аналитическая зависимость между характеристиками и факторами объекта 2. Аналоговая зависимость между входными и выходными характеристиками объекта 3. Аналитическая зависимость между входными характеристиками и свойствами

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		объекта 4. Аналитическая зависимость между выходными характеристиками и свойствами объекта

Вариант № 3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Основная функция модели это:	1. Получить информацию о моделируемом объекте; 2. Отобразить некоторые характеристические признаки объекта; 3. Получить информацию о моделируемом объекте или отобразить некоторые характеристические признаки объекта 4. Воспроизвести физическую форму объекта
2.	В чем заключается проверка адекватности модели?	1. соответствие модели к объекту. 2. проверки основных параметров объекта. 3. проверки динамических характеристик объекта. 4. соответствия выходных характеристик
3.	Что называется факторным пространством?	1. совокупность областей определения входных факторов; 2. совокупность областей определения выходных факторов; 3. изменение входных параметров во времени; 4. качественные характеристики объекта.
4.	Какие виды методов используются для исследования сложных систем ?	1. аналитический, численный, количественный, экспериментальный. 2. аналитический, численный, имитационный качественный. 3. численный, численный, 4. имитационный и численный.
5.	Какой характер имеет априорная информация?	1. количественный, 2. качественный, 3. дискретный, 4. динамический.
6.	Как определяется рациональное число входов и выходов объекта?	1. экспертным способом, 2. алгоритмическим способом, 3. аналитическим способом, 4. численным способом.
7.	Какими методами может быть исследована аналитическая модель?	1. аналитическим, численным 2. аналитическим и качественным 3. качественным и численным 4. аналитическим, численным, качественным
8.	В виде чего формулируется компьютерное математическое моделирование?	1. в виде графа, 2. в виде матрицы, 3. в виде алгоритма,

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		4. в виде уравнений.
9.	Погрешность математической модели связана с ...	1.Несоответствием физической реальности, так как абсолютная истина недостижима; 2.Неадекватностью модели; 3.Неэкономичностью модели; 4.Неэффективностью модели.
10.	На чем основывается метод моделирования:	1. На принципе аналогии 2. На принципе соответствия 3. На принципе подобия 4. На принципе реальности
11.	Компьютерный эксперимент – это:	1. решение задачи на компьютере; 2.исследование модели с помощью компьютерной программы; 3.подключение компьютера для обработки физических экспериментов; 4. автоматизированное управление физическим экспериментом.
12.	Какие математические методы можно применять для принятия хозяйственных решений в условиях неопределенности:	1.линейного программирования; 2.массового обслуживания; 3.динамического программирования; 4. алгоритмические
13.	Модель есть замещение изучаемого объекта другим объектом, который отражает:	1.все стороны данного объекта; 2.существенные стороны данного объекта; 3. некоторые стороны данного объекта; 4.несущественные стороны данного объекта.
14.	Результатом процесса формализации является:	1.описательная модель; 2.графическая модель; 3.математическая модель; 4.предметная модель.
15.	Как называется упрощенное представление реального объекта?	1. оригинал; 2. модель; 3. прототип; 4. система.
16.	Результатом формализации процесс является...	1. предметная модель; 2. математическая модель; 3. аналоговая модель; 4. физическая модель
17.	Классификация моделей в зависимости от их изменения во времени характеризует :	1. линейная; 2. дискретная; 3. статистическая; 4. динамическая.
18.	Процесс создания моделей называется...	1. конструирование; 2. моделирование; 3. экспериментирование; 4. проектирование.
19.	Моделирование, в процессе которого реальному объекту противопоставляется его увеличенная или уменьшенная копия, именуют?	1. идеальным; 2. формальным; 3. материальным; 4. ассоциативным.
20.	Какими свойствами обладают матрицы полного факторного эксперимента?	1. симметричность относительно центра эксперимента;

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		2. условие нормировки; 3. ортогональность и рототабельность; 4. все выше перечисленные ответы верны.

6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (зачет)

Оценка	Описание
Зачтено	Посещение более 50 % лекционных и практических занятий; студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос; все предусмотренные программой обучения задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое; в течение семестра выполнил творческую работу.
Не зачтено	Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий; студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы; большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному.

Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Не зачтено
50-65	Зачтено
66-85	Зачтено
86-100	Зачтено

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Бочкарев, В. В. Оптимизация химико-технологических процессов : учебное пособие / В. В. Бочкарев. — Томск : ТПУ, 2014. — 264 с. — ISBN 978-5-4387-0420-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/62913> (дата обращения: 22.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Аверченков, В.И. Основы математического моделирования технических систем : учебное пособие / В.И. Аверченков, В.П. Федоров, М.Л. Хейфец. - 3-е изд., стереотип. - Москва : Издательство «Флинта», 2016. - 271 с. : схем., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9765-1278-8, Электронный ресурс: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93344>

7.1.2. Дополнительная литература

1. Клинов, А.В. Математическое моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие / А.В. Клинов, А.Г. Мухаметзянова ; Федеральное агентство по образованию, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный технологический университет". - Казань : Казанский государственный технологический университет, 2009. - 144 с. : ил., табл., схем. - Библ. в кн. - ISBN 978-5-7882-0774-2.

7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Европейская цифровая библиотека European: <http://www.europeana.eu/portal/>

2. Мировая цифровая библиотека: <http://www.wdl.org/ru/>
3. Свободная энциклопедия «Википедия»: <http://ru.wikipedia.org/>
4. Словари и энциклопедии на «Академике»: <http://dic.academic.ru/>
5. Электронная библиотека учебников: <http://student.net/>
6. Электронная библиотека IQlib: <http://www.iqlib.ru/>
7. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ):
<http://www.rsl.ru/>
8. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:

Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

Аудитории для проведения лекционных занятий.

Оснащенность: стол- 19 шт., стул-38 шт., доска белая маркерная Magnetoplan С 2000x1000 мм.

Компьютерная техника: интерактивный сенсорный LCD – экран iiyama ProLite PL8603U.

Аудитории для проведения практических занятий.

Оснащенность: стол- 8 шт., стул-16 шт., доска белая маркерная Magnetoplan С 2000x1000 мм.

Компьютерная техника: Моноблок Dell OptiPlex 7470 All-in-One CTO 23.8” FHD DDR4 16 ГБ – 16 шт.

8.2. Помещения для самостоятельной работы:

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., балон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стул – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

8.4. Лицензионное программное обеспечение:

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 « На поставку компьютерной техники»)

2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007)

3. Microsoft Office 2007 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 46082032 от 30.10.2009, договор бессрочный Microsoft Open License 46822807 от 22.12.2009, договор бессрочный Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 45207312 от 03.03.2009)

4. MySQL Workbench v. 6.3.9 (лицензия свободная GNU GPL)

5. PHP 7.1.7 (лицензия на свободное программное обеспечение, под которой выпущен язык программирования PHP, одобрена OSI)

6. Apache 2.4.27 (свободный кроссплатформенный Web-сервер, лицензия на свободное программное обеспечение Apache Software Foundation).

7. Python (свободное распространяемое ПО)