

**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**

### **ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**

<b>Уровень высшего образования:</b>	Бакалавриат
<b>Направление подготовки:</b>	18.03.01 Химическая технология
<b>Направленность (профиль):</b>	Химическая технология неорганических веществ
<b>Квалификация выпускника</b>	бакалавр
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Составитель:</b>	Доцент Георгиева Э.Ю.

**Рабочая программа дисциплины «Основы моделирования химико-технологических процессов производства неорганических веществ» разработана:**

– в соответствии с требованиями ФГОС ВО бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология», утверждённого приказом Минобрнауки РФ № 922 от 07 августа 2020 г.;

– на основании учебного плана подготовки бакалавриата по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология» направленность (профиль) «Химическая технология неорганических веществ».

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 «Основы моделирования химико-технологических процессов производства неорганических веществ» является ознакомление будущих специалистов в области химической технологии переработки минерального сырья, с их особенностями и закономерностями при моделировании химико-технологических процессов, с современными методами моделирования, с методами совершенствования существующих технологий и созданием новых, отвечающих требованиям научно-технического прогресса, факторам экономики, энергетики и экологии.

Задачами дисциплины являются:

- изучение основных понятий математического моделирования химико-технологических процессов, оптимизации процессов химической технологии при переработке минерального сырья;
- рассмотрение методов построения моделей и их качественного исследования; изучение методов оптимизации параметров химико-технологических процессов на основе построенных математических моделей;
- умение самостоятельно приобретать новые знания, применяя современные образовательные технологии;
- закрепление у студентов практических навыков по использованию численных методов оптимизации и компьютерного решения систем уравнений математического описания.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

В соответствии с учебным планом, дисциплина «Основы моделирования химико-технологических процессов производства неорганических веществ» относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология», направленность (профиль) «Химическая технология неорганических веществ» и изучается в 8 семестре.

При этом процесс изучения дисциплины «Основы моделирования химико-технологических процессов производства неорганических веществ» направлен на формирование у студентов четвертого курса основ их предстоящей профессиональной деятельности.

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

Процесс изучения дисциплины «Основы моделирования химико-технологических процессов производства неорганических веществ» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Основные показатели освоения программы дисциплины
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1	УК-1.1. <b>Знать:</b> методики поиска, сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа.
		УК-1.2. <b>Уметь:</b> применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников; применять системный подход для решения поставленных задач.
		УК-1.3. <b>Владеть:</b> методами поиска, сбора и

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Основные показатели освоения программы дисциплины
Содержание компетенции	Код компетенции	
		обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач.
Способен использовать знания физико-химических свойств материала для решения профессиональных задач	ПКС-3	ПКС-3.1. <b>Знает:</b> физико-химические основы и методы получения конечных продуктов;
		ПКС-3.2. <b>Умеет:</b> проводить эксперимент по заданной методике, подбирать технологические параметры процесса производства конечных продуктов;
		ПКС-3.3. <b>Владеет:</b> навыками определения характеристик и оптимальных технологических параметров процесса производства.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 ак. часа.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		8
<b>Аудиторные занятия, в том числе:</b>	<b>84</b>	<b>84</b>
Лекции	24	24
Практические занятия (ПЗ)	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	60	60
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе</b>	<b>24</b>	<b>24</b>
Проработка конспекта лекций	8	8
Подготовка к лабораторным занятиям	6	6
Выполнение заданий поисково-исследовательского характера	-	-
Реферат	-	-
Подготовка к контрольной работе	-	-
Подготовка к экзамену	-	-
Подготовка к диф. зачету	10	10
<b>Промежуточная аттестация – экзамен (Э), дифф. зачет (ДЗ)</b>	<b>ДЗ</b>	<b>ДЗ</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>		
<b>ак. час.</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>зач. ед.</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

##### 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, лабораторные 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 метода моделирования	10	2	-	6	2
Раздел 2. Математическое описание химических реакций и математические модели химико-технологических процессов	36	10	-	18	8
Раздел 3. Математическое моделирование кинетики химических реакций и гомогенных химических реакторов	34	8	-	18	8
Раздел 4. Экспериментально-статистические методы построения математических моделей	28	4	-	18	6
<b>Итого:</b>	<b>108</b>	<b>24</b>	<b>-</b>	<b>60</b>	<b>24</b>

#### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1. Основные понятия метода моделирования	Введение. Основные понятия моделирования. Системный подход к описанию химико-технологических процессов. Математическое описание химико-технологических процессов. Математическая модель и ее адекватность. Критерий Фишера. Критерий Стюдента. Общие принципы моделирования. Классификация моделей. Методология построения математических моделей химико-технологических процессов. Теория подобия.	2
2	Раздел 2. Математическое описание химических реакций и математические модели химико-технологических процессов	Стехиометрия и равновесие химических реакций. Формальная химическая кинетика. Математическое описание гидродинамической структуры потоков. Модель идеального смешения. Модель идеального вытеснения. Диффузионные гидродинамические модели. Ячеечные гидродинамические модели. Определение условий перемешивания в проточных аппаратах. Моделирование тепловых процессов в химической технологии. Основные закономерности теплообмена. Математические модели теплообменных аппаратов. Математическое моделирование массообменных процессов. Математическое описание равновесия в системе «жидкость-пар» и «жидкость-жидкость». Моделирование процесса массопередачи. Моделирование	10

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		процесса сепарации. Моделирование процесса ректификации. Моделирование процесса абсорбции. Моделирование процесса адсорбции. Моделирование процесса выпаривания. Моделирование процесса сушки.	
3	Раздел 3. Математическое моделирование кинетики химических реакций и гомогенных химических реакторов	Основные понятия химической кинетики. Моделирование кинетики гомогенных химических реакций. Моделирование кинетики гетерогенных химических реакций. Классификация реакторов. Математическая модель реактора идеального смешения. Математическая модель реактора идеального вытеснения. Исследование химического процесса, протекающего в гомогенном реакторе идеального смешения. Исследование химического процесса, протекающего в реакторе идеального вытеснения в стационарном режиме.	8
4	Раздел 4. Экспериментально-статистические методы построения математических моделей	Основные понятия и определения. Статистические модели объектов на основе пассивного эксперимента. Методы корреляционного и регрессионного анализа. Линейная регрессионная модель с одной независимой переменной. Статистический анализ результатов. Параболическая регрессионная модель. Статистические модели на основе активного эксперимента (методы планирования экстремальных экспериментов). Планы первого порядка. Полный факторный эксперимент. Статистический анализ уравнения регрессии.	4
<b>Итого:</b>			<b>24</b>

**4.2.3. Практические занятия**  
не предусмотрены учебным планом

#### 4.2.4. Лабораторные работы

№ п/п	Разделы	Тематика лабораторных занятий	Трудоёмкость в ак. часах
1	Раздел 1	Кинетика изомеризации пентана	6
2	Раздел 2	Определение коэффициентов регрессии методом наименьших квадратов Математическое описание процесса, протекающего в потоке идеального вытеснения Математическое описание процесса, протекающего в потоке идеального смешения	18

3	Раздел 3	Поиск оптимума линейной функции Математическое описание процесса на основе диффузионной модели Моделирование и изучение процесса на основе ячеечной модели	18
4	Раздел 4	Исследование гидродинамики насадочного абсорбера Моделирование теплообменных процессов в стационарном режиме Расчет процесса в аппарате идеального вытеснения. Решение математического описания методом Эйлера	18
<b>Итого:</b>			<b>60</b>

#### 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.

**Лабораторные работы.** Цели лабораторных занятий:

- углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой;

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

**Консультации** (текущая консультация, накануне дифф.зачета) 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. Общие принципы моделирования

1. Дайте определение термина "модель" и "моделирование". Приведите примеры.
2. Назовите два вида математических моделей. Приведите примеры.
3. Перечислите основные этапы математического моделирования.
4. Назовите на чем основаны принципы моделирования.
5. Что называется физическим моделированием?
6. Что называют математическим моделированием?
7. Что называют адекватностью модели?
8. Как определить адекватна модель или нет?
9. Как рассчитать критерий Фишера?

10. Как определить критерий Стьюдента?

## **Раздел 2. Детерминированные математические модели химико-технологических процессов**

1. Назовите основные типовые модели структуры потоков в аппаратах.
2. Что такое кривая отклика?
3. Перечислите методы определения гидродинамической структуры потоков.
4. Перечислите модели идеального вытеснения.
5. Перечислите модели идеального смешения.
6. Дать характеристику диффузионной модели.
7. Дать характеристику ячеечной модели.

## **Раздел 3. Математическое моделирование кинетики химических реакций и моделирование гомогенных химических реакторов**

1. Назовите основные массообменные процессы, применяющиеся в химической технологии.
2. Какие фундаментальные законы лежат в основе описания массообменных процессов.
3. Что такое фазовое равновесие?
4. Какие методы расчета констант фазового равновесия вы знаете?
5. Какие основные задачи решаются при моделировании равновесия "жидкость-пар"?
6. Как выражается условие термодинамического равновесия между жидкостью и паром? В системе "жидкость-жидкость"?
7. Какие вы знаете соотношения, связывающие активность компонента с составом смеси и температурой?
8. Что такое массопередача и массоотдача? Как связаны между собой коэффициенты массоотдачи и массопередачи?
9. Что такое ректификация?
10. Что является исходными данными и результатом расчета при моделировании процесса ректификации?
11. В чем коренное отличие моделирования насадочной колонны от тарельчатой?
12. Какие численные методы, применяющиеся для решения систем нелинейных уравнений, вы знаете?
13. В чем заключается различие процессов сепарации и ректификации?
14. Какими математическими моделями описывается процесс абсорбции?
15. Какими математическими моделями описывается процесс адсорбции?
16. Какие параметры необходимо учитывать при создании математической модели процесса выпаривания?
17. Какие параметры необходимо учитывать при создании математической модели процесса сушки?

## **Раздел 4. Экспериментально-статистические методы построения математических моделей**

1. Какие конструкции гомогенных реакторов применяются в химической технологии?
2. Дайте классификацию химических реакторов.
3. Приведите примеры гомогенных химических реакторов
4. Какие гидродинамические модели потоков наиболее широко применяются при моделировании химических реакторов?
5. Приведите примеры гомогенных химических реакторов.
6. Какие гидродинамические модели потоков наиболее широко применяются при моделировании химических реакторов?
7. В чем состоит сущность иерархического построения математической модели химического реактора?
8. Каково практическое применение результатов математического моделирования химических реакторов?



9. Какими системами уравнений описываются математические модели гомогенных химически реакторов?

10. Какие численные методы применяются для исследования математических моделей гомогенных химических реакторов?

11. Назовите принципы построения математических моделей изотермических реакторов идеального смешения, идеального вытеснения.

12. Охарактеризовать уравнения теплового балансов реакторов идиабатический и политропический режимы работы.

13. В каких случаях прибегают к построению статических моделей?

14. На чем базируется построение статических моделей?

15. Каков общий вид статических моделей?

16. Приведите два вида эксперимента используемые для построения статических моделей?

17. Для чего проводят корреляционный анализ?

18. Перечислите виды регрессии. Приведите примеры.

## **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (дифференцированного зачета)**

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

1. Понятие математической модели, их типы, требования, предъявляемые к моделям, порядок физического описания объекта моделирования.
2. Структурная схема математического моделирования, характеристика ее основных этапов.
3. Проверка моделей на целесообразность использования, физический смысл основных дисперсий и сумм квадратов остатков, используемых для проверки моделей.
4. Проверка моделей на адекватность, физический смысл основных дисперсий и сумм квадратов остатков, используемых для проверки моделей.
5. Модель ИП, уравнение модели, функции отклика на импульсное и ступенчатое возмущения, область использования модели.
6. Модель ИВ, уравнение модели, функции отклика на импульсное и ступенчатое возмущения, область использования модели.
7. Ячеечная модель, уравнение модели, параметр модели, функции отклика на импульсное и ступенчатое возмущения, область использования модели.
8. Диффузионная модель, уравнение модели, параметр модели, функции отклика на импульсное и ступенчатое возмущения, область использования модели.
9. Структурная схема комбинированной модели, составленной из зон ИП и ИВ с добавлением "мертвой" застойной зоны, функции отклика системы на импульсное и ступенчатое возмущения.
10. Структурная схема комбинированной модели, составленной из зон ИП (ИВ) с добавлением застойной зоны с обменом веществом с основным потоком, функции отклика системы на импульсное и ступенчатое возмущения.
11. Структурная схема комбинированной модели, составленной из зон ИП и ИВ, соединенных параллельно; функции отклика системы на импульсное и ступенчатое возмущения.
12. Импульсный метод исследования структуры потоков, понятие С-кривой, порядок обработки размерных функций отклика с целью получения С-кривой.
13. Ступенчатый метод исследования структуры потоков, понятие F-кривой, графическое изображение F-кривой для моделей: ИП, ИВ, диффузионной, ячеечной.
14. Структурная схема комбинированной модели, составленной из зон ИП и ИВ, соединенных последовательно; функции отклика системы на импульсное и ступенчатое возмущения.
15. Понятие функции распределения времени пребывания (РВП), способы ее определения, физическая сущность и характеристика методов исследования структуры потоков.
16. Моделирование работы насоса на сеть, способы регулирования положения рабочей точки.
17. Моделирование расходной емкости, уравнения модели, графики.
18. Моделирование процесса осаждения твердой частицы, уравнения модели, графики.

19. Моделирование процесса фильтрования, уравнения модели, виды фильтрования, графики изменения объемов фильтрата и осадка во времени.
20. Моделирование простейшей химической реакции в проточном реакторе с механическим перемешиванием, уравнения модели, графики.
21. Моделирование простейшей химической реакции в периодическом реакторе с механическим перемешиванием, уравнения модели, графики.
22. Моделирование процесса нагревания жидкости в реакторе с паровой рубашкой, уравнение модели, графики.
23. Моделирование процесса абсорбции в насадочном аппарате, уравнения модели графики.
24. Моделирование процесса ректификации в барботажной колонне, уравнения модели, структурная и блочная схема расчета.
25. Моделирование процесса сушки в сушилках кипящего слоя, уравнения модели, графики.
26. Моделирование процесса периодической кристаллизации, уравнения модели.
27. Моделирование процесса ректификации.
28. Определение критерия Фишера.
29. Определение критерия Стьюдента.
30. Проверка модели на адекватность.
31. Назовите основные параметры для создания математической модели процесса выпаривания.
32. Какие параметры влияют на процесс термической сушки?

### 6.2.2. Примерные тестовые задания к дифференцированному зачету

#### Вариант № 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Математическая модель это...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. предмет похожий на объект моделирования;</li> <li>2. объект, который учитывает свойства объекта, необходимые для достижения цели</li> <li>3. копия объекта;</li> <li>4. шаблон, по которому можно произвести точную копию объекта.</li> </ol>
2.	Математическая модель не зависит от ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. предложений о поведении моделируемой системы;</li> <li>2. средств (языка) описания системы;</li> <li>3. методов изучения системы;</li> <li>4. обозначений.</li> </ol>
3.	Компьютерная модель -это...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. компьютер, программа, технология моделирования (их использования);</li> <li>2. компьютер, программа;</li> <li>3. компьютер, MS Office;</li> <li>4. пакет решения математических задач.</li> </ol>
4.	Математической моделью объекта называют...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. описание объекта математическими средствами, позволяющее выводить суждение о некоторых его свойствах при помощи формальных процедур;</li> <li>2. любую символическую модель, содержащую математические символы;</li> <li>3. представление свойств объекта только в числовом виде;</li> <li>4. любую формализованную модель.</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
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 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

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		<p>моделирование, использующее минимальное число предположений, принятых в качестве гипотез на основании наблюдения за объектом моделирования;</p> <p>2. моделирование, основанное на интуитивном(не обоснованном с позиций формальной логики) представлении об объекте исследования;</p> <p>3. моделирование разделяют на два основных типа: интуитивное и научное моделирование;</p> <p>4. это моделирование, основанное на аналогии процессов и явлений, имеющих различную физическую природу, но одинаково описываемых формально.</p>
13.	Детерминированное моделирование отражает...	<p>1. процессы, в которых предполагается отсутствие всяких случайных воздействий;</p> <p>2. отображает вероятностные процессы и события;</p> <p>3.отображает только основные события;</p> <p>4. процессы, в которых есть случайные воздействия.</p>
14.	Математическая модель представляет собой комбинацию следующих элементов...	<p>1. переменных (входных и выходных);</p> <p>2. параметров принимают численные значения, целевых функций;</p> <p>3. функциональных зависимостей, ограничений;</p> <p>4. все вышеперечисленные ответы верны</p>
15.	Параметры модели бывают...	<p>1. качественные и количественные</p> <p>2. дискретные, непрерывные</p> <p>3. смешанные</p> <p>4. все выше перечисленные ответы верны</p>
16.	При моделировании технологических процессов необходимо соблюдать следующие требования к входным факторам...	<p>1. они должны быть взаимно независимы;</p> <p>2. количественными и сравнительно легко измеряемыми</p> <p>3. простыми, иметь физический смысл и универсальными с точки зрения свойств и структуры объекта</p> <p>4. все выше перечисленные ответы верны</p>
17.	Выделяют критерий оптимизации...	<p>1. экономический</p> <p>2. технический или технологический (производительность)</p> <p>3. технико-экономический и экологический</p> <p>4. все вышеперечисленные ответы верны</p>
18.	Имитационное моделирование ...	<p>1. Воспроизводит функционирование объекта в пространстве и времени</p> <p>2. Моделирование, в котором реализуется модель, производящая процесс функционирования системы во времени, а также имитируются элементарные</p>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		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 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

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		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 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	1. формулировка задачи

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
	имитационной модели?	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 установления 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 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

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
2.	В чем заключается проверка адекватности модели?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. соответствие модели к объекту.</li> <li>2. проверки основных параметров объекта.</li> <li>3. проверки динамических характеристик объекта.</li> <li>4. соответствия выходных характеристик</li> </ol>
3.	Что называется факторным пространством?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. совокупность областей определения входных факторов;</li> <li>2. совокупность областей определения выходных факторов;</li> <li>3. изменение входных параметров во времени;</li> <li>4. качественные характеристики объекта.</li> </ol>
4.	Какие виды методов используются для исследования сложных систем ?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. аналитический, численный, количественный, экспериментальный.</li> <li>2. аналитический, численный, имитационный качественный.</li> <li>3. численный, численный,</li> <li>4. имитационный и численный.</li> </ol>
5.	Какой характер имеет априорная информация?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. количественный,</li> <li>2. качественный,</li> <li>3. дискретный,</li> <li>4. динамический.</li> </ol>
6.	Как определяется рациональное число входов и выходов объекта?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. экспертным способом,</li> <li>2. алгоритмическим способом,</li> <li>3. аналитическим способом,</li> <li>4. численным способом.</li> </ol>
7.	Какими методами может быть исследована аналитическая модель?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. аналитическим, численным</li> <li>2. аналитическим и качественным</li> <li>3. качественным и численным</li> <li>4. аналитическим, численным, качественным</li> </ol>
8.	В виде чего формулируется компьютерное математическое моделирование?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. в виде графа,</li> <li>2. в виде матрицы,</li> <li>3. в виде алгоритма,</li> <li>4. в виде уравнений.</li> </ol>
9.	Погрешность математической модели связана с ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Несоответствием физической реальности, так как абсолютная истина недостижима;</li> <li>2.Неадекватностью модели;</li> <li>3.Неэкономичностью модели;</li> <li>4.Неэффективностью модели.</li> </ol>
10.	На чем основывается метод моделирования:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. На принципе аналогии</li> <li>2. На принципе соответствия</li> <li>3. На принципе подобия</li> <li>4. На принципе реальности</li> </ol>
11.	Компьютерный эксперимент – это:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. решение задачи на компьютере;</li> <li>2.исследование модели с помощью компьютерной программы;</li> <li>3.подключение компьютера для обработки физических экспериментов;</li> <li>4. автоматизированное управление физическим экспериментом.</li> </ol>
12.	Какие математические методы можно	1.линейного программирования;



№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
	применять для принятия хозяйственных решений в условиях неопределенности:	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, именуется .....?	1. идеальным; 2. формальным; 3. материальным; 4. ассоциативным.
20.	Какими свойствами обладают матрицы полного факторного эксперимента?	1. симметричность относительно центра эксперимента; 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 (дифференцированный зачет)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Посещение менее 50 % лекционных и лабораторных занятий	Посещение не менее 60 % лекционных и лабораторных занятий	Посещение не менее 70 % лекционных и лабораторных занятий	Посещение не менее 85 % лекционных и лабораторных занятий
Студент не знает	Студент	Студент хорошо	Студент в полном

значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	объёме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Уверенно находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Безошибочно находит решения предусмотренных программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

***Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:***

<b>Количество правильных ответов, %</b>	<b>Оценка</b>
0-49	Неудовлетворительно
50-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1. Рекомендуемая литература**

#### **7.1.1. Основная литература**

1. 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>

2. Клинов, А.В. Математическое моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие / А.В. Клинов, А.Г. Мухаметзянова ; Федеральное агенство 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, Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=270540>

#### **7.1.2. Дополнительная литература**

1. Губарь, Ю.В. Введение в математическое моделирование / Ю.В. Губарь ; Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ". - Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий, 2007. - 153 с., Электронный ресурс: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233992>

2. Самарский, А.А. Математическое моделирование / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. - Москва : Физматлит, 2005. - 160 с. - ISBN 978-5-9221-0120, Электронный ресурс: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68976>

## **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 «Академикe»: <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 лабораторных 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)