

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Химический факультет

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Моделирование технологических и природных систем**

Кафедра экологической химии и технологии  
химического факультета

Образовательная программа  
18.04.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической  
технологии, нефтехимии и биотехнологии

Профиль подготовки  
Охрана окружающей среды и рациональное использование природных  
ресурсов

Уровень высшего образования  
Магистратура

Форма обучения  
Очно-заочная

Статус дисциплины: базовая

Махачкала, 2019

Рабочая программа дисциплины «Моделирование технологических и природных систем» составлена в 2019 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 18.04.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии (уровень магистратуры) от «20» ноября 2014г. №1480.

Разработчик: кафедра экологической химии и технологии, д.т.н., профессор Абдулагатов И.М.

Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры экологической химии и технологии от «20» июня 2019г., протокол № 10

Зав. кафедрой  Исаев А.Б.  
(подпись)

на заседании Методической комиссии химического факультета от «21» июня 2019г., протокол № 10

Председатель  Гасангаджиева У.Г.  
(подпись)

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим

управлением « 27 » 06 2019 г.   
(подпись)

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Моделирование технологических и природных систем» входит в базовую часть образовательной программы магистратуры по направлению 18.04.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

Дисциплина реализуется на химическом факультете кафедрой экологической химии и технологии.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с основами процесса моделирования химико-технологических систем, принципами построения математической модели природных систем, основные положения анализа и синтеза сложных многокомпонентных систем, способы решения математических моделей.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общепрофессиональных – ОПК-4, профессиональных – ПК-1, 2, 5, 6, 7, 8, 10.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме – контрольная работа, коллоквиум и промежуточный контроль в форме зачета, экзамена.

Объем дисциплины 4 зачетных единиц, в том числе 144 академических часа по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия							СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференциро- ванный зачет, экзамен)
	в том числе:								
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
		всего	из них						
	Лекц ии	Лаборат орные занятия	Практич еские занятия	КСР	консульт ации				
12	144	16	6	10				128	зачет, экзамен

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Моделирование технологических и природных систем» являются формирование теоретической базы основных понятий и методов математического моделирования изучаемых процессов и объектов природопользования; приобретение практических навыков обработки экспериментальных данных и планирования экспериментов для получения математических моделей изучаемых процессов и их оптимизации.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина «Моделирование технологических и природных систем» входит в базовую часть образовательной программы магистратуры по направлению 18.04.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

Изучение теории и практики моделирование технологических и природных систем начинается после прохождения студентами материала курсов «Основы теории эксперимента и математической обработки результатов», «Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающие химико-технологических систем» и является основой для выполнения магистерской диссертации и дисциплины «Использование профессиональных программных продуктов».

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения) .

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения
<b>ОПК-4</b>	готовность к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез	<b>Знает:</b> основные методы математического моделирования при проектировании энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем <b>Умеет:</b> использовать методы математического моделирования при проектировании энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем <b>Владеет:</b> навыками использования методов математического моделирования при проектировании энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем.
<b>ПК-1</b>	способность формулировать научно-исследовательские задачи в области реализации энерго- и ресурсосбережения	<b>Знает:</b> общие вопросы теории и практики планирования и организации эксперимента при решении задач в области энерго- и ресурсосбережения <b>Умеет:</b> формулировать научно-исследовательские задачи, анализировать результаты экспериментов, делать выводы на основе анализа

	и решать их	Владеет: навыками решения научно-исследовательских задач, с помощью экспериментальных исследований в области реализации энерго- и ресурсосберегающих процессов
<b>ПК-2</b>	способность организовать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу	<p>Знает: содержание организации самостоятельной и коллективной работы, их особенности и технологии реализации, исходя из целей и задач моделирования технологических и природных систем.</p> <p>Умеет: планировать цели и устанавливать приоритеты при выборе способе организации самостоятельной и коллективную научно-исследовательской работы по моделированию технологических и природных систем с учетом условий, средств, личностных возможностей и временной перспективы достижения</p> <p>Владеет: технологиями организации самостоятельной и коллективную научно-исследовательской работы по моделированию технологических и природных систем; приемами целеполагания во временной перспективе, способами планирования, организации, самоконтроля и самооценки деятельности при решении задач моделирования технологических и природных систем</p>
<b>ПК-5</b>	способность составлять научно-технические отчеты и готовить публикации по результатам выполненных исследований	<p>Знает: методы обработки экспериментальных данных при моделировании природных и технологических систем</p> <p>Умеет: подготавливать научно-технические отчеты и готовить публикации по результатам исследований моделирования природных и технологических систем</p> <p>Владеет: навыками использования прикладных программ по моделированию природных и технологических систем</p>
<b>ПК-6</b>	готовность разрабатывать математические модели и осуществлять их экспериментальную проверку	<p>Знает: основные принципы построения математических моделей энерго - и ресурсосберегающих химико-технологических систем;</p> <p>Умеет: использовать математические модели при проектировании энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем и разрабатывать технологический режим с позиций энерго- ресурсосбережения;</p> <p>Владеет: навыками использования математических моделей энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем и способа ми оценки различных вариантов энерго- и ресурсосберегающих</p>

		технологических схем.
<b>ПК-7</b>	готовность к разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению, выбору оборудования и технологической оснастке	<p><b>Знает:</b> специфику функционирования энерго-ресурсосберегающих технологий, виды и особенности оборудования и технологической оснастки</p> <p><b>Умеет:</b> разрабатывать мероприятия по энерго-ресурсосбережению, проводить выбор оборудования и технологической оснастке.</p> <p><b>Владеет:</b> приемами и методами использования мероприятий по энерго- и ресурсосбережению, выбору оборудования и технологической оснастке</p>
<b>ПК-8</b>	готовность к разработке технических заданий на проектирование и изготовление нестандартного оборудования	<p><b>Знает:</b> приемы разработки технических заданий на проектирование и изготовление природоохранного оборудования с учетом результатов моделирования технологических и природных систем</p> <p><b>Умеет:</b> определять основные параметры технологических и природных систем при проектировании и реализации различных процессов путем моделирования</p> <p><b>Владеет:</b> навыками разработки технических заданий на проектирование и изготовление природоохранного оборудования с учетом результатов моделирования технологических и природных систем</p>
<b>ПК-10</b>	способностью оценивать инновационный и технологический риски при внедрении новых технологий	<p><b>Знает:</b> особенности технологических процессов; основы инновационной деятельности; методы оценки эффективности инвестиционных проектов;</p> <p><b>Умеет:</b> принимать экономически обоснованные решения при осуществлении инновационно-технологических преобразований;</p> <p><b>Владеет:</b> современными методиками расчета и анализа экономической эффективности технологических процессов; основами технологического менеджмента</p>

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)	Самостоятель	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной
-------	---------------------------	---------	-----------------	--	--------------	---

				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		аттестации (по семестрам)
Модуль 1. Математическое описание химико-технологического объекта.									
1	Математическое моделирование	12	1-2	2				16	Устный опрос
2	Математическая постановка задачи моделирования	12	3-4			2		16	Устный опрос
<i>Итого по модулю 1:</i>				<b>2</b>		<b>2</b>		<b>32</b>	Коллоквиум
Модуль 2. Структурные модели химико-технологических систем (ХТС)									
1	Математическая описание задачи моделирования	12	5-6	2		2		16	Устный опрос
2	Структурные модели. Способы построения структурных моделей	12	7-10			2		14	Устный опрос
<i>Итого по модулю 2:</i>				<b>2</b>		<b>4</b>		<b>30</b>	Коллоквиум
Модуль 3. Структурный анализ химико-технологических систем (ХТС)									
1	Структурный анализ химико-технологических систем (ХТС)	12	11-14	1		2		14	Устный опрос
2	Принципы математического моделирования и анализа ХТС.	12	15-17	1		2		16	Устный опрос
<i>Итого по модулю 3:</i>				<b>2</b>		<b>4</b>		<b>30</b>	Коллоквиум
Модуль 4. Подготовка к экзамену									
1	Подготовка к экзамену	12	18					36	зачет, экзамен
<i>Итого по модулю 4:</i>								<b>36</b>	зачет, экзамен
<b>ИТОГО:</b>				<b>6</b>		<b>10</b>		<b>128</b>	<b>зачет, экзамен</b>

### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

#### 4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

**Модуль 1. Математическое описание химико-технологического объекта.**

**Тема 1. Математическое моделирование.** Классификация математических моделей. Классификационные признаки. Основные этапы математического моделирования. Этапы построения математической модели. Обследование объекта моделирования. Концептуальная постановка задачи моделирования.

**Тема 2. Математическая постановка задачи моделирования.** Задачи моделирования. Выбор и обоснование метода решения задачи. Реализация математической модели в виде программы для ЭВМ. Проверка адекватности

модели. Методы идентификации параметров модели и методы установления адекватности модели. Практическое использование построенной модели и анализ результатов моделирования.

#### **Модуль 2. Структурные модели химико-технологических систем (ХТС)**

**Тема 3. Математическое описание задачи моделирования.** Состав математического описания химико-технологического объекта. Структура математической модели химико-технологического объекта. Математическое моделирование как основной метод решения задач оптимизации и проектирования химико-технологических процессов.

**Тема 4. Структурные модели. Способы построения структурных моделей.** Классификация структурных моделей. Способы построения структурных моделей. Системный анализ. Топологические модели. Графы. Матричное представление графов: матрица ветвей, матрица циклов, матрица смежности, матрица инцидентности. Матрицы связей.

#### **Модуль 3. Структурный анализ химико-технологических систем (ХТС)**

**Тема 5. Структурный анализ химико-технологических систем (ХТС).** Способы представления структуры ХТС. Типы технологических связей в топологии ХТС. Классификация и назначение топологических моделей ХТС (графов). Поточные графы. Информационно-поточные графы. Сигнальные графы. Структурные графы. Гомоморфные, изоморфные модели.

**Тема 6. Принципы математического моделирования и анализа ХТС.** Классификация моделей ХТС. Классификация ХТС по способу функционирования. Классификация ХТС по особенностям технологической топологии. Типы технологических связей в топологии ХТС. Принципы построения математических моделей ХТС.

#### **4.3.2. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине.**

##### **Модуль 1. Математическое описание химико-технологического объекта.**

**Тема 1. Математическое моделирование.** Математические модели химико-технологических объектов. Способы решения математических моделей химико-технологических объектов (дифференциальных уравнений).

**Тема 2. Математическая постановка задачи моделирования.** Моделирование теплообменных процессов. Тепловой баланс химико-технологического объекта.

##### **Модуль 2. Структурные модели химико-технологических систем (ХТС)**

**Тема 3. Математическое описание задачи моделирования.** Основные математические модели реакторов.

**Тема 4. Структурные модели. Способы построения структурных моделей.** Моделирование и расчет реакционных процессов в химической

технологии. Моделирование реактора идеального смешения (РИС).  
Моделирование и расчет реакционных процессов в химической технологии.  
Моделирование реактора идеального вытеснения (РИВ).

### **Модуль 3. Структурный анализ химико-технологических систем (ХТС)**

**Тема 5. Структурный анализ химико-технологических систем (ХТС).** Сравнительный анализ различных режимов работы промышленных реакторов.

**Тема 6. Принципы математического моделирования и анализа ХТС.** Моделирование и расчет комбинированного процесса. Основные методы расчета ХТС

## **5. Образовательные технологии**

Рекомендуемые образовательные технологии:

- ✓ на лекциях используется демонстративный материал в виде презентаций;
- ✓ решение ситуационных задач;
- ✓ расчетные работы выполняются студентами самостоятельно под контролем и с консультацией преподавателя.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах (лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-консультация, проблемная лекция, лекция-визуализация, лекция с запланированными ошибками), определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, и в целом в учебном процессе по данной дисциплине они должны составлять не менее 6 часов аудиторных занятий. При чтении данного курса применяются такие виды лекций, как вводная, лекция-информация, обзорная, проблемная, лекция-визуализация. Занятия лекционного типа (лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-консультация, проблемная лекция) составляют 30% аудиторных занятий.

Для аттестации студентов по каждому модулю должны проводиться контрольные работы. В качестве итогового контроля проводится зачет и экзамен.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

### **6.1. Виды и порядок выполнения самостоятельной работы**

1. Изучение рекомендованной литературы.
2. Поиск в интернете дополнительного материала
3. Подготовка к отчетам по лабораторным работам.
4. Решение экспериментальных и расчетных задач.
5. Подготовка к коллоквиуму.
6. Подготовка к зачету.
7. Подготовка к экзамену.

№	Вид самостоятельной работы	Вид контроля	Учебно-методич. обеспечение
1.	Подготовка к отчетам по	Проверка выполнения расчетов,	См. разделы 7.3, 8, 9

	лабораторным работам	оформления работы в лабораторном журнале и проработки вопросов к текущей теме по рекомендованной литературе.	данного документа
2.	Решение экспериментальных и расчетных задач	Проверка домашних заданий.	См. разделы 7.3, 8, 9 данного документа
3.	Подготовка к коллоквиуму	Промежуточная аттестация в форме контрольной работы.	См. разделы 7.3, 8, 9 данного документа
4.	Подготовка к зачету.	Устный или письменный опрос, либо компьютерное тестирование.	См. разделы 7.3, 8, 9 данного документа
5.	Подготовка к экзамену.	Компьютерное тестирование или опрос по экзаменационным билетам	См. разделы 7.3, 8, 9 данного документа

1. Текущий контроль: подготовка к отчетам по лабораторным работам.
2. Текущий контроль: решение экспериментальных и расчетных задач.
3. Промежуточная аттестация в форме контрольной работы.

*Текущий контроль* успеваемости осуществляется непрерывно, на протяжении всего курса. Прежде всего, это устный опрос по ходу лабораторных занятий, выполняемый для оперативной активизации внимания студентов и оценки их уровня восприятия. Результаты устного опроса учитываются при выборе индивидуальных задач для решения. Каждую неделю осуществляется проверка выполнения расчетов, оформления работы в лабораторном журнале.

*Промежуточный контроль* проводится в форме контрольной работы, в которой содержатся теоретические вопросы и задачи.

*Итоговый контроль* проводится либо в виде устного экзамена, либо в форме тестирования.

Оценка «отлично» ставится за уверенное владение материалом курса.

Оценка «хорошо» ставится при полном выполнении требований к прохождению курса и умении ориентироваться в изученном материале.

Оценка «удовлетворительно» ставится при достаточном выполнении требований к прохождению курса и владении конкретными знаниями по программе курса.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если требования к прохождению курса не выполнены и студент не может показать владение материалом.

## **7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОПК-4	готовность к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез	Знает: основные методы математического моделирования при проектировании энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем	Устный опрос, письменный опрос
		Умеет: использовать методы математического моделирования при проектировании энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем	Письменный опрос
		Владеет: навыками использования методов математического моделирования при проектировании энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем.	Мини-конференция
ПК-1	способность формулировать научно-исследовательские задачи в области реализации энерго- и ресурсосбережения и решать их	Знает: общие вопросы теории и практики планирования и организации эксперимента при решении задач в области энерго- и ресурсосбережения	Устный опрос, письменный опрос
		Умеет: формулировать научно-исследовательские задачи, анализировать результаты экспериментов, делать выводы на основе анализа	Письменный опрос
		Владеет: навыками решения научно-исследовательских задач, с помощью экспериментальных исследований в области реализации энерго- и ресурсосберегающих процессов	Мини-конференция
ПК-2	способность организовать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу	Знает: содержание организации самостоятельной и коллективной работы, их особенности и технологии реализации, исходя из целей и задач моделирования технологических и природных систем.	Устный опрос, письменный опрос
		Умеет: планировать цели и устанавливать приоритеты при выборе способе организации самостоятельной и коллективную научно-исследовательской работы по моделированию технологических и природных систем с учетом условий, средств, личностных возможностей и	Письменный опрос

		временной перспективы достижения	
		Владеет: технологиями организации самостоятельной и коллективную научно-исследовательской работы по моделированию технологических и природных систем; приемами целеполагания во временной перспективе, способами планирования, организации, самоконтроля и самооценки деятельности при решении задач моделирования технологических и природных систем	Мини-конференция
ПК-5	способность составлять научно-технические отчеты и готовить публикации по результатам выполненных исследований	Знает: методы обработки экспериментальных данных при моделировании природных и технологических систем	Устный опрос, письменный опрос
		Умеет: подготавливать научно-технические отчеты и готовить публикации по результатам исследований моделирования природных и технологических систем	Письменный опрос
		Владеет: навыками использования прикладных программ по моделированию природных и технологических систем	Мини-конференция
ПК-6	готовность разрабатывать математические модели и осуществлять их экспериментальную проверку	Знает: основные принципы построения математических моделей энерго – и ресурсосберегающих химико-технологических систем;	Устный опрос, письменный опрос
		Умеет: использовать математические модели при проектировании энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем и разрабатывать технологический режим с позиций энерго-ресурсосбережения;	Письменный опрос
		Владеет: навыками использования математических моделей энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем и способами оценки различных вариантов энерго- и ресурсосберегающих технологических схем.	Мини-конференция

ПК-7	готовность к разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению, выбору оборудования и технологической оснастке	Знает: специфику функционирования энерго-ресурсосберегающих технологий, виды и особенности оборудования и технологической оснастки	Устный опрос, письменный опрос
		Умеет: разрабатывать мероприятия по энерго-ресурсосбережению, проводить выбор оборудования и технологической оснастке.	Письменный опрос
		Владеет: приемами и методами использования мероприятий по энерго- и ресурсосбережению, выбору оборудования и технологической оснастке	Мини-конференция
ПК-8	готовность к разработке технических заданий на проектирование и изготовление нестандартного оборудования	Знает: приемы разработки технических заданий на проектирование и изготовление природоохранного оборудования с учетом результатов моделирования технологических и природных систем	Устный опрос, письменный опрос
		Умеет: определять основные параметры технологических и природных систем при проектировании и реализации различных процессов путем моделирования	Письменный опрос
		Владеет: навыками разработки технических заданий на проектирование и изготовление природоохранного оборудования с учетом результатов моделирования технологических и природных систем	Мини-конференция
ПК-10	способностью оценивать инновационный и технологический риски при внедрении новых технологий	Знает: особенности технологических процессов; основы инновационной деятельности; методы оценки эффективности инвестиционных проектов;	Устный опрос, письменный опрос
		Умеет: принимать экономически обоснованные решения при осуществлении инновационно-технологических преобразований;	Письменный опрос
		Владеет: современными методиками расчета и анализа экономической эффективности технологических процессов; основами технологического	Мини-конференция

## 7.2. Типовые контрольные задания

### Контрольные вопросы

1. Модели. Моделирование. Области применения моделирования.
2. Определение модели. Свойства моделей. Цели моделирования. Классификация моделей.
3. Материальное моделирование. Идеальное моделирование
4. Физическое моделирование. Определение. Назначение. Достоинства. Недостатки.
5. Математическое моделирование. Классификация математических моделей. Задачи, которые решаются с помощью математического моделирования.
6. Основные виды математических моделей.
7. Этапы построения математической модели.
8. Схема этапов математического моделирования.
9. Состав математического описания химико-технологического объекта. Требования, предъявляемые к модели химико-технологического объекта.
10. Структура математической модели химико-технологического объекта.
11. Математическое описание структуры потоков в аппарате (гидродинамика). Типовые математические модели структуры потоков в аппарате.
12. Модель идеальное смешение. Модель идеальное вытеснение.
13. Разновидности модели идеальное вытеснение -диффузионное однопараметрическое вытеснение, диффузионное, двухпараметрическое вытеснение. Ячеечная модель.
14. Тепловой баланс химико-технологического объекта.
15. Методы составления математических моделей. Эмпирический метод составления математических моделей. Пассивный эксперимент. Активный эксперимент. Теоретический метод составления математических моделей.
16. Экспериментально-аналитический метод составления математических моделей
17. Области применения различных моделей структуры потоков в аппарате
18. Основные классы уравнений встречающихся в математическом описании. Способы решения дифференциальных уравнений
19. Численные методы решения дифференциальных уравнений. Метод Эйлера первого порядка, Метод Рунге-Кутты 4 порядка
20. Структурные модели.
21. Классификация структурных моделей.
22. Способы построения структурных моделей.
23. Принципы построения математических моделей химико-технологических систем (ХТС). Декомпозиционные методы расчета Интегральные методы.
24. Структурный анализ ХТС (Способы представления структуры ХТС).
25. Классификация и назначение топологических моделей ХТС (графов). Поточковые графы. Информационно потоковые графы. Сигнальные графы.

Структурные графы.

26. Графы. Матричное представление графов: матрица ветвей, матрица циклов, матрица смежности, матрица инцидентов. Матрицы связей.

27. Классификация ХТС по особенностям технологической топологии.

28. Типы технологических связей в топологии ХТС.

29. Классификация моделей ХТС. Гомоморфные, изоморфные модели.

Классификация ХТС по способу функционирования.

30. Общий вид систем уравнений материально-тепловых балансов ХТС.

31. Идентификация ХТС. Оптимизация ХТС.

32. Основы построения статистических моделей

33. Модели и методы анализа пространственно-временных структур

7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 20 баллов,

- выполнение лабораторных заданий (допуск, выполнение, сдача работ) - 60 баллов,

- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 20 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

письменная контрольная работа - 100 баллов.

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

а) основная литература:

1. Гумеров А.М. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учеб. пособие для студентов вузов / Гумеров А.М. - Изд. 2-е, перераб. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2014. – 174 с.

2. Самойлов Н.А. Примеры и задачи по курсу "Математическое моделирование химико-технологических процессов. 3-е изд. испр. и доп. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2016. – 449 с

3. Советов, Б.Я. Моделирование систем: учебник для бакалавров / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. - 7-е изд. - М.: Юрайт, 2012.

4. Моделирование природных нефтегазовых систем: практикум / авт.-сост. М.В. Нелепов, Н.В. Еремина, О.О. Луценко, Т.В. Ибрагимова и др. - Ставрополь: СКФУ, 2016. - 143 с.: ил.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459099>

б) дополнительная литература:

1. Математическое моделирование химико-технологических систем с использованием программы ChemCad [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / - Электрон. текстовые данные. - Казань: Казанский

- национальный исследовательский технологический университет, 2008. - 161 с. - 978-5-7882-0583-0. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/62484.html>
2. Кафаров В.В. Математическое моделирование основных процессов химических производств: учеб. пособие / Кафаров В.В., Глебов М.Б. - М.: Высшая шк., 1991. - 399 с.
3. Пашенко Ф.Ф. Основы моделирования энергетических объектов / Пашенко Ф.Ф., Пикина Г.А. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 461 с.
4. Бесков В.С. Моделирование каталитических процессов и реакторов / Бесков В.С., Флокк Вольфганг. - М.: Химия, 1991. - 252 с.

## **9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

- 1) eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]: электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. - Москва, 1999. Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 01.04.2017). – Яз. рус., англ.
- 2) Moodle [Электронный ресурс]: система виртуального обучения: [база данных] / Даг. гос. ун-т. – Махачкала, г. – Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. – URL: <http://moodle.dgu.ru/> (дата обращения: 22.03.2018).
- 3) Электронный каталог НБ ДГУ [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах лит, поступающих в фонд НБ ДГУ/Дагестанский гос. ун-т. – Махачкала, 2010 – Режим доступа: <http://elib.dgu.ru>, свободный (дата обращения: 21.03.2018).
- 4) Национальная электронная библиотека (НЭБ) [Электронный ресурс]: электронная библиотека / Нац. электрон. б-ка. — Москва – .Режим доступа: <https://нэб.рф> (дата обращения: 21.03.2018). – Яз. рус., англ.
- 5) ProQuest Dissertation & Theses Global (PQDT Global) [Электронный ресурс]: база данных зарубежных диссертаций. – Режим доступа: <http://search.proquest.com/>
- 6) Springer Nature [Электронный ресурс]: электронные ресурсы издательства Springer Nature - Режим доступа: <https://link.springer.com/>  
<https://www.nature.com/siteindex/index.html>  
<http://materials.springer.com/>  
<http://www.springerprotocols.com/>  
<https://goo.gl/PdhJdo>  
<https://zbmath.org/> (дата обращения: 21.03.2018). – Яз., англ.
- 7) Королевское химическое общество (Royal Society of Chemistry) [Электронный ресурс]: журналы издательства. – Режим доступа: <http://pubs.rsc.org/> (дата обращения: 21.03.2018). – Яз., англ.
- 8) Американское химическое общество (ACS) [Электронный ресурс]: база данных полнотекстовых научных журналов Американского химического общества (ACS) коллекции Core+. – Режим доступа: <http://pubs.acs.org> (дата обращения: 21.03.2018). – Яз., англ.
- 9) American Physical Society (APS) [Электронный ресурс]: журналы издательства American Physical Society(Американского физического

общества). - Режим доступа: <http://journals.aps.org/about> (дата обращения: 21.03.2018). – Яз., англ.

10) SAGE Premier[Электронный ресурс]: электронные ресурсы издательства SAGE Premier. – Режим доступа: <http://journals.sagepub.com/> (дата обращения: 21.03.2018). – Яз., англ.

## **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Подготовка магистров к занятиям, а также выполнение самостоятельной работы заключается в чтении рекомендуемой литературы, подготовке к лабораторным занятиям и написания контрольной работы. При выполнении самостоятельной работы рекомендуется регулярное повторение пройденного материала, использование сведений по дисциплине, полученные из соответствующих интернет-источников. Для полного освоения материала, в котором встречаются много новых понятий и терминов необходимо строго посещать лекции, лабораторные занятия и своевременно выполнять все задания преподавателя.

Содержание тем, предназначенных для самостоятельного изучения, можно найти в списках основной литературы и дополнительной литературы. Для более углубленного изучения рекомендуется использовать издания, указанные в списке вспомогательной литературы.

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы с проведением поиска информации в различных поисковых системах, а также пользоваться специализированными сайтами научной литературы по материаловедению доступных с IP-адресов компьютеров, подключенных к локальной сети. При подготовке к итоговой контрольной работе и зачету необходимо тщательно изучить весь материал, который давался на лекциях и лабораторных работах, а также изучить вопросы, предназначенные для самостоятельного изучения с использованием рекомендованной литературы.

<b>Разделы и темы для самостоятельного изучения</b>	<b>Виды и содержание самостоятельной работы</b>
Основные этапы математического моделирования	-конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;
Классификация математических моделей	-проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе), подготовка докладов на практические занятия, к участию в тематических дискуссиях;
Моделирование, связанное с состоянием окружающей среды	-поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка;
Задачи моделирования. Выбор и обоснование метода решения задачи	- работа с вопросами для самопроверки;
Реализация математической модели в виде программы для ЭВМ	-конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;
Состав и структура математической модели химико-технологического объекта.	-проработка учебного материала (по

Классификация структурных моделей.	конспектам лекций учебной и научной литературе), подготовка докладов на практические занятия, к участию в тематических дискуссиях; -поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка; - работа с вопросами для самопроверки;
Способы построения структурных моделей	
Способы представления структуры ХТС.	
Классификация моделей ХТС.	

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

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине «Моделирование технологических и природных систем» используются следующие информационные технологии:

- Занятия компьютерного тестирования.
- Демонстрационный материал применением проектора и интерактивной доски.
- Компьютерные программы для статистической обработки результатов анализа.
- Программы пакета Microsoft Office

### **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

В соответствии с требованиями ФГОСЗ+ кафедра имеет специально оборудованную учебную аудиторию для проведения лекционных занятий по потокам студентов, помещения для лабораторных работ на группу студентов из 12-14 человек и вспомогательное помещение для хранения химических реактивов и профилактического обслуживания учебного и учебно-научного оборудования.

Помещение для лекционных занятий укомплектовано комплектом электропитания, специализированной мебелью и оргсредствами (доска аудиторная для написания мелом и фломастером, стойка-кафедра, стол лектора, стул-кресло, столы аудиторные двухместные (1 на каждого двух студентов), стул аудиторный (1 на каждого студента), а также техническими средствами обучения (экран настенный с электроприводом и дистанционным управлением, мультимедиа проектор с ноутбуком).

Лабораторные занятия проводятся в специально оборудованных компьютерных классах.