

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Минцаев Магомед Шавалович

Должность: Ректор

Дата подписания: 2019.03.01

Уникальный идентификатор:

236bcc35c296f119d6aafdc22836b21db52dbc07971a86865a5825f9fa4304c

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ГРОЗНИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**имени академика М.Д. Миллионщикова**



## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

ДИСЦИПЛИНЫ

**«Моделирование химико-технологических процессов»**

**Направления подготовки**

18.03.01 Химическая технология

**Профиль**

**«Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»**

**Квалификация**

Бакалавр

Грозный – 2019

## 1. Цели и задачи дисциплины

**Целью преподавания дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов»** является изучение математических моделей, описывающих протекание физико-химических процессов в химических аппаратах, освоение методов расчета химико-технологических задач на ЭВМ.

**Задачей изучения** данной дисциплины является овладение знаниями по:

- основам моделирования ХТП;
- методам реализации математических моделей ХТП на ЭВМ.

Программа изучения дисциплины должна обеспечить приобретение знаний, умений и навыков в соответствии с государственным образовательным стандартом подготовки бакалавров по направлению 18.03.01 – «Химическая технология».

В результате изучения дисциплины студент должен:

- знать основы моделирования ХТП;
- знать методы реализации математических моделей ХТП на ЭВМ;
- иметь навыки составления математических моделей ХТП;
- иметь навыки составления программ, моделирующих ХТП;
- уметь применить существующее программное обеспечение для решения химико-технологических задач.

Полученные студентами знания по курсу «Математическое моделирование в химической технологии» используются при выполнении разделов курсового и дипломного проектов, а также в курсах всех спецдисциплин при выполнении технологических расчетов на ЭВМ.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина относится к вариативной части профессионального цикла. Для изучения курса требуется знание:

математики, информатики, физики, общей и неорганической химии; органической химии; гидравлики; аналитической химии и ФХМА; физической химии; коллоидной химии; экологии; информационных технологий в отрасли; поверхностных явлений в НДС; химии нефти; технической термодинамики и теплотехники; метрологии, стандартизации и сертификации; гидравлики; основы адсорбции; инженерной графики; прикладной механики; процессов и аппаратов химической технологии; общей химической технологии; безопасности жизнедеятельности; основы изобретательской деятельности и патентоведения; в специальность; экологического права; введение в химическую технологию топлива и углеродных материалов; запасы углеводородного сырья; основы нефтяного дела; оборудования высокотемпературных процессов.

В свою очередь, данный курс, помимо самостоятельного значения, является предшествующей дисциплиной для курсов: современных принципов приготовления и методов анализа топлив и продуктов; методов разделения нефтепродуктов; химических реакторов; системы управления химико-технологическими процессами; теории химико-технологических процессов; электротехники и промэлектроники; материаловедения и защиты коррозии, химической технологии производства масел; проектирования предприятий отрасли; УИРС; гетерогенный катализ и производство катализаторов; основы научных исследований; технологии нефтехимического синтеза; основы промышленной экологии; химическая технология переработки газа и получения из них топлива.

## 3. Требования к уровню освоения дисциплины

Выпускник программы бакалавриата должен обладать следующими компетенциями:

- владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией (ОПК-5);

- готовностью применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования (ПК-2);

- способностью анализировать технологический процесс как объект управления (ПК-12);

- способности планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ПК-16);

- готовностью использовать информационные технологии при разработке проектов (ПК-22);

В результате освоения дисциплины студент должен

**знать:**

- основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией (ОПК-5);

- пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров процессов переработки нефти и газа и сетевые компьютерные технологии и базы данных в области моделирования (ПК-2);

- методики проведения теоретических и экспериментальных исследований, оценки их результатов и методы математического анализа и моделирования (ПК-16);

**уметь:**

- составлять математические модели типовых задач при моделировании процессов и аппаратов переработки нефти и газа, находить способы математического решения и интерпретации смысла полученных математических результатов (ПК-2);

- применять аналитические и численные методы при решении поставленных задач моделирования процессов и аппаратов переработки нефти и газа с использованием современных информационных технологий, проводить обработку информации с использованием пакета прикладных программ для моделирования и расчета технологических параметров оборудования; использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных при моделировании процессов и аппаратов переработки нефти и газа (ПК-2);

- применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения при моделировании процессов и аппаратов переработки нефти и газа (ПК-16);

**владеть:**

- методами проведения физических и химических экспериментов, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ПК-16);

- навыками использования информационных технологий при разработке математических и физических моделей процессов и оборудования переработки нефти и газа (ПК-2);

- методами моделирования технологических процессов переработки нефти и газа с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства в составе авторского коллектива (ПК-22).

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

Таблица 1

Вид учебной работы	Всего часов/зач.ед.		Семестры	
			6	6
	ОФО	ОЗФО	ОФО	ОЗФО
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>	<b>64/1,78</b>	<b>32/0,89</b>	<b>64/1,78</b>	<b>32/0,89</b>
В том числе:				
Лекции	16/0,45	16/0,445	16/0,45	16/0,445
Практические занятия	48/1,33	16/0,445	48/1,33	16/0,445
Семинары				
Лабораторные работы	-	-	-	-
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>80/2,22</b>	<b>112/3,11</b>	<b>80/2,22</b>	<b>112/3,11</b>
<b>В том числе:</b>				
Курсовая работа (проект)	-	-	-	-
Расчетно-графические работы	-	-	-	-
ИТР	-	-	-	-
Рефераты	10/0,28	12/0,33	10/0,28	12/0,33
Доклады	-	-	-	-
Презентации	20/0,555	20/0,56	20/0,555	20/0,56
<i>И (или) другие виды самостоятельной работы:</i>				
Подготовка к лабораторным работам				
Подготовка к практическим занятиям	20/0,555	20/0,56	20/0,555	20/0,56
Подготовка к экзамену	30/0,83	60/1,66	30/0,83	60/1,66
Вид отчетности	Экз.	Экз.	Экз.	Экз.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>ВСЕГО в часах</b>	<b>144</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
	<b>ВСЕГО в зачетных единицах</b>	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>

**5. Содержание разделов дисциплины**  
**Разделы дисциплины и виды занятий**

**Таблица 2**

<b>№</b>	<b>Наименование раздела дисциплины по семестрам</b>	<b>Часы лекционных занятий</b>	<b>Часы практических занятий</b>	<b>Всего часов</b>
1	Основные понятия метода моделирования. Модели и моделирование. Модели материальные и мысленные. Математическое и физическое моделирование. Основные свойства моделей. Сущность и цели математического моделирования объектов химической технологии.	2	6	8
2	Основные свойства химико-технологического процесса. Способы моделирования. Цели моделирования. ХТП. Химико-технологическая система и этапы ее исследования.	3	6	9
3	Классификация и свойства ХТС. Иерархия ХТС. Технологические операторы и типы связи между ними. Типовые технологические связи между элементами – последовательная, параллельная, обводная. Схемы этих связей.	2	6	8
4	Функциональная схема производства метанола. Технологическая схема производства процесса метанола. Операторная схема синтеза метанола.	2	6	8
5	Моделирование схемы технологического процесса. Подходы к описанию химико-технологического процесса как системы (структурный и эмпирический).	2	6	8
6	Представление группы ХТС в виде графов и матриц. Определение графа. Неориентированные, ориентированные и смешанные графы. Нуль-граф. Виды графов: потоковые, сигнальные и структурные.	2	6	8
7	Граф по общим массовым расходам, соответствующий технологической схеме синтеза метанола. Поточковый граф по общим материальным расходам. Эксергический потоковый граф.	2	6	8
8	Синтез оптимальной структуры ХТС. Принципы теории синтеза ХТС: декомпозиционный, эвристический, интегрально-гипотетический, эволюционный.	2	6	8
		16	48	64

**Лекционные занятия**

**Таблица 3**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Основные понятия метода моделирования	Основные понятия метода моделирования. Моделирование и модели. Модели материальные и мысленные. Основные требования к процессу моделирования. Экономичность. Трудуктивность.
2	Способы моделирования	Способы моделирования. Моделирование переходных процессов. Математическое и физическое моделирование. Параметры моделей.
3	Назначение моделирования химико-технологических процессов	Сущность и цели моделирования объектов химической технологии. Моделирование как современный метод анализа и синтеза химико-технологических процессов (ХТП).
4	Моделирование схемы технологического процесса.	Применение различных приемов моделирования. Подходы к моделированию химико-технологических процессов: детерминированный и стохастический, их возможность и сфера использования. Химико-технологический процесс как система. Основные элементы химико-технологического процесса. Схема внешних связей химико-технологического процесса. Контролируемые и неконтролируемые факторы.
5	Моделирование схемы технологического процесса. Подходы к описанию химико-технологического процесса.	Подходы к описанию химико-технологического процесса как системы (структурный и эмпирический). Структура математического описания при структурном подходе. Иерархическая структура и эмпирические модели. Моделирование нестационарных процессов.
6	Представление группы ХТС в виде графов и матриц.	Модели сплошных сред и псевдогомогенные модели. Модели идеальных потоков. Модели неидеальных потоков. Сложные модели. Комбинированные модели. Определение графа. Неориентированные, ориентированные и смешанные графы. Нуль-граф. Виды графов: потоковые, сигнальные и структурные.
7	Граф по общим массовым расходам, соответствующий технологической схеме синтеза метанола.	Составление потоковых графов по общим материальным расходам в технологической схеме синтеза метанола. Эксергический потоковый граф.
8	Синтез оптимальной структуры ХТС. Принципы теории синтеза ХТС: декомпозиционный, эвристический, интегрально-гипотетический, эволюционный.	Оптимизация технологических процессов. Формализация задачи. Критерий оптимальности. Оптимизирующие факторы. Классификация методов оптимизации ХТС. Оптимизация ХТС по технологическим, экономическим и экологическим критериям. Составление модели ХТС. Компьютерные моделирующие системы для расчета и оптимизации химических производств.

**Лабораторный практикум – отсутствует**

№	№ раздела дисциплины	Наименование практических работ
1	Основные понятия моделирования. Способы моделирования. Цели моделирования химико-технологических процессов	Операции с матрицами. Матричные методы расчета материальных и тепловых балансов ХТС. Технологический метод анализа.
2	Цели моделирования химико-технологических процессов. Моделирование схемы технологического процесса.	Моделирование типа реакционного аппарата для химической реакции.
3	Подходы к описанию химико-технологического процесса как системы (структурный и эмпирический)	Модели неидеальных потоков. Расчет протекания химической реакции в ячеечной модели. Исследование гидродинамики потока жидкости на тарелке ректификационной колонны.
4	Цели моделирования химико-технологических процессов. Некоторые особенности моделей и задач математического моделирования.	Математические модели промышленных процессов нефтепереработке.
5	Некоторые особенности моделей и задач математического моделирования. Оптимизация технологических процессов. Основы моделирования химических контактно-каталитических реакторов (жидкофазных, суспензионных, с кипящим слоем катализатора и др.).	Моделирование работы рекуперативных теплообменных аппаратов. Расчет и моделирование теплообменных аппаратов с изменением агрегатного состояния обоих теплоносителей
6	Оптимизация технологических процессов. Основы моделирования химических контактно-каталитических реакторов (жидкофазных, суспензионных, с кипящим слоем катализатора и др.).	Расчет и моделирования теплообменных аппаратов с изменением агрегатного состояния одного из теплоносителей
7	Некоторые особенности моделей и задач математического моделирования. Основы моделирования химических контактно-каталитических реакторов	Модель ректификационной колонны

	(жидкофазных, суспензионных, с кипящим слоем катализатора и др.).	
8	Оптимизация технологических процессов. Основы моделирования химических контактно-каталитических реакторов (жидкофазных, суспензионных, с кипящим слоем катализатора и др.).	Моделирование и описание структуры потоков фаз в аппарате и алгоритмы расчета стационарных режимов работы абсорберов.
9	Оптимизация технологических процессов. Основы моделирования химических контактно-каталитических реакторов (жидкофазных, суспензионных, с кипящим слоем катализатора и др.).	Моделирование и описание нестационарной абсорбции в насадочной колонне. Процессы экстракции в насадочных колоннах.

## 6. Самостоятельная работа студентов по дисциплине

### Вопросы для самостоятельного изучения

№п/п	Наименование тем, их содержание
1	Схема разработки технологического процесса. Применение различных приемов моделирования: физико-химическое исследование (исследование равновесия и энергетики реакции и кинетики реакции); мысленная модель химического процесса; моделирование основных сторон работы аппаратуры на стендах; получение математической модели процесса (составление математического описания оригинала, создание алгоритма моделирования, проверка адекватности модели, интерпретация результатов моделирования и принятие решения).
2	Химико-технологический процесс как система. Основные элементы химико-технологического процесса. Взаимодействие элементов, составляющих химико-технологический процесс. Схема внешних связей химико-технологического процесса. Контролируемые и неконтролируемые факторы.
3	Моделирование гомогенных химических реакторов. Структурный анализ процессов, протекающих в реакторе, выделение микро- и макроуровней. Описание протекания химического процесса в реакторе идеального смешения, идеального вытеснения. Уравнения теплового баланса гомогенных химических реакторов. Сравнение различных типов химических реакторов.
4	Моделирование контактно-каталитических реакторов. Неподвижный слой катализатора, процессы переноса в слое. Конструкции химических реакторов с неподвижным слоем катализатора. Квазигомогенные модели каталитических химических процессов. Моделирование промышленных каталитических процессов (на примере любого процесса нефтепереработки).

## **Темы рефератов**

1. Системные закономерности в химической технологии.
  2. Химико-технологическая система и этапы ее исследования.
  3. Классификация и свойства ХТС.
  4. Иерархия ХТС.
  5. Технологические операторы и связи между ними.
  6. Модели ХТС.
  7. Топологические исследования ХТС с помощью схемо-графических моделей.
  8. Представление структуры ХТС в виде графов и матриц.
  9. Синтез оптимальной структуры ХТС.
  10. Математическое моделирование химико-технологических систем.
  11. Основные понятия и определения.
  12. Основные типы математических моделей.
  13. Составление математического описания и выбор метода его решения.
  14. Составные части математической модели химико-технологического процесса.
  15. Параметрическая идентификация и проверка адекватности математической модели.
- Реферат может быть выбран на любую тему по изучаемому курсу

## **7. Фонды оценочных средств**

### **Вопросы к первой рубежной аттестации**

1. Основные понятия метода моделирования.
2. Моделирование и модели.
3. Модели материальные и мысленные.
4. Математические модели.
5. Основные требования к процессу моделирования.
6. Экономичность. Трудоемкость.
7. Способы моделирования.
8. Моделирование переходных процессов.
9. Математическое моделирование.
10. Параметры математической модели.
11. Физическое моделирование.
12. Метод физического моделирования, области применения.
13. Математическое моделирование.
14. Сущность и цели математического моделирования объектов химической технологии.
15. Математическое моделирование как современный метод анализа и синтеза химико-технологических процессов (ХТП).
16. Моделирование схемы технологического процесса.
17. Применение различных приемов моделирования.
18. Два подхода к составлению математических моделей процесса: детерминированный и стохастический, их возможность и сфера использования.
19. Химико-технологический процесс как система.
20. Основные элементы химико-технологического процесса.
21. Схема внешних связей химико-технологического процесса.

22. Контролируемые и неконтролируемые факторы.

### **Вопросы ко второй рубежной аттестации**

1. Подходы к описанию химико-технологического процесса как системы (структурный и эмпирический).
2. Структура математического описания при структурном подходе.
3. Иерархическая структура математической модели.
4. Эмпирические модели.
5. Математические модели нестационарных процессов.
6. Некоторые особенности моделей и задач математического моделирования.
7. Параметры модели.
8. Модели сплошных сред и псевдогомогенные модели.
9. Модели идеальных потоков.
10. Модели неидеальных потоков.
11. Сложные модели. Комбинированные модели.
12. Оптимизация технологических процессов. Формализация задачи.
13. Критерий оптимальности. Оптимизирующие факторы.
14. Классификация методов оптимизации ХТС.
15. Оптимизация ХТС по технологическим, экономическим и экологическим критериям.
16. Составление модели ХТС.
17. Компьютерные моделирующие системы для расчета и оптимизации химических производств.
18. Основы моделирования химических контактно-каталитических реакторов (жидкофазных, суспензионных, с кипящим слоем катализатора и др.).
19. Математическое моделирование – перспективное направление совершенствования химико-технологических процессов.
20. Моделирование промышленных каталитических процессов (на примере синтеза метанола или другого процесса).
21. Примеры математических моделей промышленных процессов нефтепереработки.

### **Вопросы к экзамену**

1. Основные понятия метода моделирования.
2. Моделирование и модели.
3. Модели материальные и мысленные.
4. Математические модели.
5. Основные требования к процессу моделирования.
6. Экономичность. Трудоемкость.
7. Способы моделирования.
8. Моделирование переходных процессов.
9. Математическое моделирование.
10. Параметры математической модели.
11. Физическое моделирование.
12. Метод физического моделирования, области применения.
13. Математическое моделирование.

14. Сущность и цели математического моделирования объектов химической технологии.
15. Математическое моделирование как современный метод анализа и синтеза химико-технологических процессов (ХТП).
16. Моделирование схемы технологического процесса.
17. Применение различных приемов моделирования.
18. Два подхода к составлению математических моделей процесса: детерминированный и стохастический, их возможность и сфера использования.
19. Химико-технологический процесс как система.
20. Основные элементы химико-технологического процесса.
21. Схема внешних связей химико-технологического процесса.
22. Контролируемые и неконтролируемые факторы.
23. Подходы к описанию химико-технологического процесса как системы (структурный и эмпирический).
24. Структура математического описания при структурном подходе.
25. Иерархическая структура математической модели.
26. Эмпирические модели.
27. Математические модели нестационарных процессов.
28. Некоторые особенности моделей и задач математического моделирования.
29. Параметры модели.
30. Модели сплошных сред и псевдогомогенные модели.
31. Модели идеальных потоков.
32. Модели неидеальных потоков.
33. Сложные модели. Комбинированные модели.
34. Оптимизация технологических процессов. Формализация задачи.
35. Критерий оптимальности. Оптимизирующие факторы.
36. Классификация методов оптимизации ХТС.
37. Оптимизация ХТС по технологическим, экономическим и экологическим критериям.
38. Составление модели ХТС.
39. Компьютерные моделирующие системы для расчета и оптимизации химических производств.
40. Основы моделирования химических контактно-каталитических реакторов (жидкофазных, суспензионных, с кипящим слоем катализатора и др.).
41. Математическое моделирование – перспективное направление совершенствования химико-технологических процессов.
42. Моделирование промышленных каталитических процессов (на примере синтеза метанола или другого процесса).
43. Примеры математических моделей промышленных процессов нефтепереработки.

## Образцы билетов

### Образец билета на первую рубежную аттестацию

ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

---

БИЛЕТ № 1

Дисциплина Моделирование химико-технологических процессов

Институт Нефти и Газа \_\_\_\_\_ Специальность НТ \_\_\_\_\_ семестр V1

1. Основные понятия метода моделирования.
2. Экономичность. Трудуктивность.
3. Математическое моделирование как современный метод анализа и синтеза химико-технологических процессов (ХТП).

**УТВЕРЖДАЮ**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.      *Зав. кафедрой* \_\_\_\_\_ **Л.Ш. Махмудова**

### Образец билета на вторую рубежную аттестацию

ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

---

БИЛЕТ № 2

Дисциплина Моделирование химико-технологических процессов

Институт Нефти и Газа \_\_\_\_\_ Специальность НТ \_\_\_\_\_ семестр V1

1. Подходы к описанию химико-технологического процесса как системы (структурный и эмпирический)
2. Основы моделирования химических контактно-каталитических реакторов (жидкофазных, суспензионных, с кипящим слоем катализатора и др.).
3. Сложные модели. Комбинированные модели.

**УТВЕРЖДАЮ**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.      *Зав. кафедрой* \_\_\_\_\_ **Л.Ш. Махмудова**

**Образец экзаменационного билета**

ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

---

БИЛЕТ № 3

Дисциплина Моделирование химико-технологических процессов

Институт Нефти и Газа \_\_\_\_\_ Специальность НТ \_\_\_\_\_ семестр V1

1. Основные понятия метода моделирования. Моделирование и модели. \_\_\_\_\_
2. Подходы к описанию химико-технологического процесса как системы (структурный и эмпирический) \_\_\_\_\_
3. Математическое моделирование – перспективное направление совершенствования химико-технологических процессов. \_\_\_\_\_

**УТВЕРЖДАЮ**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.      Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Л.Ш. Махмудова

**8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

**а) основная литература**

1. Кравцов А.В., Ушева Н.В., Кузьменко Е.А., Фёдоров А.Ф. Математическое моделирование химико-технологических процессов. Лабораторный практикум. Часть 1.-2 изд., испр.- Томск: Изд-во ТПУ, 2006.- 136 с.
2. Гартман Т.Н., Клушин Д.В. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов: Учебное пособие для вузов. - М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. - 416 с.
3. Кафаров В.В., Дорохов И.Н. Системный анализ процессов химической технологии. - М.

**б) дополнительная литература**

1. Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств. М.: Высшая школа, 1991. - 400с.
2. Турчак Л.И. Основы численных методов. - М.: Наука, 1987. - 120с.
3. Мешалкин В.П. Экспертные системы в химии и химической технологии. - М.-1996 г.
4. Закгейм, А.Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов. М.: Химия. 1982.-288с.
5. Демиденко, Н.Д. Моделирование и оптимизация в химической технологии. М.: Наука. 1991. -324 с.

**в) интернет-ресурсы (Сайт - [www.twirpx.com](http://www.twirpx.com).)**

1. Математическое моделирование химико-технологических систем. Часть 1. Методологические и теоретические основы. Текст лекций. / Л.С. Гордеев, Е.С. Кадосова, В.В. Макаров, Ю.Б. Сбоева, РХТУ им. Д.И. Менделеева. М.1999, 48 с.
2. Математическое моделирование химико-технологических систем. Часть 2. Математическое моделирование химико-технологических систем непрерывного действия. Текст лекций. / Л.С. Гордеев, Е.С. Кадосова, В.В. Макаров, Ю.Б. Сбоева, РХТУ им. Д.И. Менделеева. М.1999, 48 с.
3. Бельков В.П., Шестопапов В.В., Кафаров В.В. Математические модели химико-технологических процессов. Ч.2. М. Московский химико-технологический институт им. Д.И. Менделеева. - 1981, - 40 с.
4. Натареев С.В. Системный анализ и математическое моделирование процессов химической технологии. Под ред. В.Н. Блиничева. Ивановский государственный химико-технологический университет. Учебное пособие. – Иваново, 2007. - 80 с.
5. Гунич С.В., Янчуковская Е.В. Математическое моделирование и расчет на ЭВМ химико-технологических процессов. Примеры и задачи. Ч.2. Учебное пособие. – Иркутск: изд. ИрГТУ, - 2010. - 216 с.
6. Закгейм А.Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов -2-е изд. Переработанное и доп. М.: Химия, 1982. 288 с.

#### г) программное и коммуникационное обеспечение

1. Электронный конспект лекций.
2. Методические указания к выполнению лабораторных работ.

#### 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Лаборатория для проведения лабораторных работ и анализа качества нефтепродуктов и продуктов нефтехимического и органического синтеза.
2. Класс с персональными компьютерами для проведения практических расчетов по данным, полученным в ходе лабораторных работ и их оформления.

#### Составитель:

  
Подпись

\_\_\_\_\_/Ахмадова Х.Х., профессор кафедры «ХТНГ»/  
ФИО, должность

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

#### СОГЛАСОВАНО:

#### Заведующий кафедрой «ХТНГ»:

  
Подпись

\_\_\_\_\_/Махмудова Л.Ш /  
ФИО

#### Директор ДУМР :

  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_/ Магомаева М.А. /  
\_\_\_\_\_