

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Новомосковский институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»



Директор НИИ(ф) РХТУ им. Д.И. Менделеева

В.Л. Первухин  
03 2022 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.О.04 Оптимизация химико-технологических процессов

*Направление подготовки:* 18.04.01 Химическая технология  
(Код и наименование направления подготовки)

*Программа магистратуры:*  
Информационно-управляющие системы в химической технологии  
(Наименование профиля подготовки)

Квалификация: магистр

Новомосковск – 2022

**Разработчик:**

Доцент кафедры «Автоматизация производственных процессов»  
НИ РХТУ им. Д.И. Менделеева,  
к.т.н., доцент

(Предместный В.Р.)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
«Автоматизация производственных процессов»

Протокол № 9 от «24» марта 2022г

Зав. кафедрой: к.т.н., доцент

(Лопатин А.Г.)

**Эксперт:**

Начальник Учебного центра АО «НАК «Азот»

«31» марта 2022г



(Мальков И.В.)

Руководитель ОПОП, к.т.н., доцент,

«31» марта 2022 г

(Лопатин А.Г.)

Рабочая программа согласована с деканом факультета Кибернетика

Декан факультета: к.т.н., доцент

(Маслова Н.В.)

«31» марта 2022 г

Рабочая программа согласована с учебно-методическим управлением НИ РХТУ

Руководитель, д.х.н., профессор

«31» марта 2022 г

(Кизим Н.Ф.)

Аннотация рабочей программы дисциплины приведена в приложении 1.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### **Нормативные документы, используемые при разработке основной образовательной программы**

Нормативную правовую базу разработки рабочей программы дисциплины составляют:

Федеральный закон от 29 декабря 2012 года № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (с учетом дополнений и изменений);

Федеральный закон от 31.07.2020 г №304-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» по вопросам воспитания обучающихся»;

«Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования — программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры», утвержденный приказом Министерства образования и науки РФ от 05.04.2017 г N 301;

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (ФГОС ВО) (ФГОС-3++) по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 7 августа 2020г. № 910 (Зарегистрировано в Минюсте России 24 августа 2020 г. N 59413);

Положение о практической подготовке обучающихся, утвержденное приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и Министерства просвещения Российской Федерации от 5 августа 2020г. N 885/390 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 11 сентября 2020г., регистрационный N 59778);

Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн)

Устав ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И. Менделеева;

Положение о Новомосковском институте (филиале) РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Локальные нормативные акты Новомосковского института (филиала) РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Положение о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в НИ РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета НИ РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019;

Положения об электронной информационно-образовательной среде Новомосковского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»

Основная профессиональная образовательная программа (далее – Программа, ОПОП) составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень бакалавриата) по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 7 августа 2020г. № 910 (Зарегистрировано в Минюсте России 24 августа 2020 г. N 59413) (ФГОС ВО).

Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в Институте системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий полностью или частично.

## 2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является приобретение теоретических знаний и практических навыков в задачах оптимизации химико-технологических процессов, формирование навыков самостоятельной постановки задач оптимизации и использования для их решения математических моделей различных типов; использования методов планирования эксперимента для решения широкого круга задач исследования и прогнозирования тенденций протекания процессов химической технологии.

Задачи преподавания дисциплины:

- освоение методов использования пакетов прикладных программ для решения задач оптимизации химико-технологических процессов, сравнительный анализ и оценкой эффективности их применения ;
- сформировать у студентов системный подход при использовании методов планирования эксперимента в химической технологии;
- научить студентов пользоваться нормативной и методической литературой при анализе и оптимизации технологических процессов.

### 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина **Б1.О.04 Оптимизации химико-технологических процессов** относится к обязательной части блока 1 Дисциплины (модули).

Дисциплина базируется на дисциплинах (модулях): Математика, Вычислительная математика, Физическая химия, Общая химическая технология и является основой для последующих дисциплин: Моделирование технологических и природных систем, Компьютерные системы моделирования для решения задач химической технологии, Компьютерные системы проектирования и управления химическими производствами

### 4. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения**:

#### **Общепрофессиональные компетенции (ОПК) и индикаторы их достижения**

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
Научные исследования и разработки	ОПК-1 Способен организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок	ОПК -1.1 Знает методологические основы научного знания, теоретические и эмпирические методы исследования ОПК -1.2 Умеет формулировать задачи научного исследования, использовать научно обоснованные методы их решения и представлять результаты научного исследования ОПК-1.3 Владеет приёмами разработки планов и программ проведения научных исследований и технических разработок

**В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:**

**Знать:**

- основные понятия процессов химической технологии
- основные методы оптимизации режимных параметров технологических процессов и геометрических размеров оборудования химической техники;
- Геометрическую интерпретацию задач оптимизации;
- методы оптимизации, основанные на классическом математическом анализе;
- прямые методы поиска экстремума функций одной и многих переменных.

**Уметь:**

- использовать численные методы для решения задач оптимизации;
- использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач;
- осуществлять оптимизацию процессов химической технологии;
- проводить оптимизацию параметров химической аппаратуры

**Владеть:**

- методами построения математических моделей процессов химической технологии для последующей их оптимизации;
- методами анализа и оптимизационного расчета процессов в промышленных аппаратах;
- приемами исследования математических моделей с учетом их иерархической структуры и пределов применимости полученных результатов;
- методами поиска и обмена информацией в компьютерных сетях, пакетами прикладных программ для оптимизации химико-технологических процессов

## 5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

*Семестр 3*

Вид учебной работы	Объем		в том числе в форме практической подготовки	
	з.е.	акад. ч.	з.е.	акад. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>2</b>	<b>72</b>	<b>2</b>	<b>72</b>
<b>Контактная работа:</b>	<b>0,95</b>	34,3	<b>0,95</b>	34,3
Лекции	0,28	10	0,28	10
Практические занятия (ПЗ)	0,33	12	0,33	12
Лабораторные работы	0,33	12	0,33	12
Часы на контроль <b>(Катт)</b>	0,0083	0,3	0,0083	0,3
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,05</b>	<b>37,7</b>	<b>1,05</b>	<b>37,7</b>
Контактная самостоятельная работа				
Проработка лекционного материала	0,21	7,7	0,21	7,7
Подготовка к практическим занятиям	0,42	15	0,42	15
Подготовка к лабораторным работам	0,42	15	0,42	15
<b>Форма (ы) контроля:</b>	<b>Зачет</b>			

## 6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	ак. часов								
		Всего	в т.ч. в форме практ. подг.	Лекции	в т.ч. в форме практ. подг.	Прак. зан.	в т.ч. в форме практ. подг.	Лабор. раб.	в т.ч. в форме практ. подг.	Сам. работа
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Основные сведения по оптимизации химико-технологических процессов</b>	<b>7,7</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>			<b>3,7</b>
1.1	Основные понятия и определения	3,7	2	1	1	1	1			1,7
1.2	Понятие о многоцелевой оптимизации.	4	2	1	1	1	1			2
<b>2.</b>	<b>Раздел 2. Методы оптимизации</b>	<b>35</b>	<b>17</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>18</b>
2.1	Симплексный метод.	9	4	1	1	1	1	2	2	5
2.2	Полный факторный эксперимент	10	5	1	1	2	2	2	2	5
2.3	Статистические и аналитические методы оптимизации	9	4	1	1	1	1	2	2	5
2.4	Численные методы решения оптимизационных задач без ограничений.	7	4	1	1	1	1	2	2	3
<b>3.</b>	<b>Раздел 3. Помехоустойчивые методы оптимизации.</b>	<b>29</b>	<b>13</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>16</b>
3.1	Метод стохастической интерполяции	15	7	2	2	3	3	2	2	8
3.2	Метод помехоустойчивой интерполяции	14	6	2	2	2	2	2	2	8
	<b>Катт</b>	<b>0,3</b>								
	<b>ИТОГО</b>	<b>72</b>	<b>34</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>37,7</b>

### 6.2. Содержание разделов дисциплины

#### Раздел 1. Основные сведения по оптимизации химико-технологических процессов

##### 1.1. Основные понятия и определения.

Показатели эффективности химико-технологических процессов. Критерий оптимальности. Технологические критерии эффективности. Степень конверсии. Селективность. Удельная производительность. Экономические критерии эффективности. Характеристика методов оптимизации химико-технологических процессов. Динамическое программирование. Линейное программирование. Статистические методы.

##### 1.2. Понятие о многоцелевой оптимизации

Постановка задачи многоцелевой оптимизации. Принципы оптимальности в задачах многоцелевой оптимизации. Процедуры решения многоцелевых задач. Априорные, апостериорные и адаптивные процедуры многоцелевой оптимизации и соответствующие им методы принятия решения. Стохастические задачи многоцелевой оптимизации. Нормализация и свертка функционалов в задачах многоцелевой оптимизации.

#### Раздел 2. Методы оптимизации.

##### 2.1. Симплексный метод.

Каноническая форма задачи линейного программирования. Угловые точки. Базисные/свободные переменные. Базисные решения. Алгоритм симплекс-метода. Метод Жордана-Гаусса. Интерпретация результата работы симплекс-метода. Оптимальность. Неограниченность функционала. Альтернативные решения

##### 2.2. Полный факторный эксперимент.

Пассивный и активный эксперимент. Основы планирования многофакторного эксперимента. Планирование эксперимента первого порядка для двух переменных. Построение эмпирических моделей по данным эксперимента. ПФЭ и обработка его результатов. Определение кодированных коэффициентов регрессии (ПФЭ). Проверка адекватности уравнения регрессии (ПФЭ).

### 2.3. Статистические и аналитические методы оптимизации.

Метод крутого восхождения по поверхности отклика (Бокса-Уилсона). Необходимые и достаточные условия существования экстремума функции одной переменной. Экстремумы функций многих переменных. Оптимизация реактора идеального смешения. Задача поиска оптимальной температуры обратимой химической реакции.

### 2.4. Численные методы решения оптимизационных задач без ограничений.

Одномерная оптимизация. Метод дихотомии. Метод золотого сечения. Метод сканирования. Многомерный поиск оптимума.

## Раздел 3. Помехоустойчивые методы оптимизации.

### 3.1 Метод стохастической интерполяции.

Постановка задачи. Процедура решения. Формирование обучающей последовательности. Условие оптимальности выбора точек наблюдения. Структура корректирующего оператора. Погрешности восстановления поля интерполяционным уравнением, полученным методом стохастической интерполяции. Эффективность применения методики построения интерполяционного уравнения с учетом шумовой составляющей в обучающей последовательности. Алгоритм отбраковки недостоверных показаний датчиков.

### 3.2. Метод помехоустойчивой интерполяции.

Постановка задачи. Исследование помехоустойчивости линейной интерполяции поля многочленами. Основные приемы помехоустойчивого контроля параметров полей. Основные расчетные формулы помехоустойчивой интерполяции для случая двух гармоник в интерполяционном уравнении. Общая процедура помехоустойчивой интерполяции. Способы определения настроек помехоустойчивой интерполяции. Эффективность помехоустойчивой интерполяции.

## 7. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	<b>Знать:</b>			
1	– основные понятия процессов химической технологии	+	+	
2	– методы оптимизации, основанные на классическом математическом анализе;	+	+	
3	– прямые методы поиска экстремума функций одной и многих переменных		+	
4	– основные методы оптимизации режимных параметров технологических процессов и геометрических размеров оборудования химической техники;	+	+	+
	<b>Уметь:</b>			
1	- использовать численные методы для решения задач оптимизации;	+	+	
2	– использовать языки и системы программирования для решения	+	+	+
3	– осуществлять оптимизацию процессов химической технологии;		+	+
4	– проводить оптимизацию параметров химической аппаратуры	+	+	+
	<b>Владеть:</b>			
1	– методами построения математических моделей процессов химической технологии для последующей их оптимизации;	+	+	+
2	– приемами исследования математических моделей с учетом их иерархической структуры и пределов		+	+
3	– методами анализа и оптимизационного расчета процессов в промышленных аппаратах;	+	+	+
4	– методами поиска и обмена информацией в компьютерных сетях, пакетами прикладных программ		+	+

В результате освоения дисциплины студент должен овладеть следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
ОПК-1 Способен организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок	ОПК -1.1 Знает методологические основы научного знания, теоретические и эмпирические методы исследования	+	+	+
	ОПК -1.2 Умеет формулировать задачи научного исследования, использовать научно обоснованные методы их решения и представлять результаты научного исследования	+	+	+
	ОПК-1.3 Владеет приёмами разработки планов и программ проведения научных исследований и технических разработок	+	+	+

## 8. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 8.1. Практические занятия

#### Темы практических занятий по дисциплине

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1.	1.1	Показатели эффективности химико-технологических процессов. Критерий оптимальности. Технологические критерии эффективности. Степень конверсии. Селективность. Удельная производительность.	1
2.	1.2	Экономические критерии эффективности. Характеристика методов оптимизации химико-технологических процессов.	1
3.	2.1	Алгоритм симплекс-метода. Решение задач.	1
4.	2.2	Планирование эксперимента первого порядка для двух переменных. Определение кодированных коэффициентов регрессии (ПФЭ).	2
5.	2.3	Метод крутого восхождения по поверхности отклика (Бокса-Уилсона). Задача поиска оптимальной температуры обратимой химической реакции.	1
6.	2.4	Метод дихотомии. Метод золотого сечения. Метод сканирования. Многомерный поиск оптимума.	2
7.	3.1	Нахождение интерполирующих функций методом стохастической интерполяции. Нахождение погрешности восстановления поля интерполяционным уравнением, полученным методом стохастической интерполяции.	3
8.	3.2	Исследование помехоустойчивости линейной интерполяции поля многочленами. Основные расчетные формулы помехоустойчивой интерполяции для случая двух гармоник в интерполяционном уравнении. Общая процедура помехоустойчивой интерполяции.	2

### 8.2. Лабораторные занятия

#### Темы лабораторных занятий по дисциплине

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы лабораторных занятий	Часы
1.	2.1	Решение задач линейного программирования симплекс-методом	2
2.	2.2	Использованием полного факторного эксперимента при исследовании технологических процессов.	2



3.	2.3	Оптимизация работы реакционного устройства, в котором протекает сложная химическая реакция	2
4.	2.4	Нахождение оптимальных условий проведения процесса с использованием экономических критериев оптимизации.	2
5.	3.1	Нахождение интерполирующих функций методом стохастической интерполяции. Нахождение погрешности восстановления поля интерполяционным уравнением, полученным методом стохастической интерполяции.	2
6.	3.2	Исследование помехоустойчивости линейной интерполяции поля многочленами. Основные расчетные формулы помехоустойчивой интерполяции для случая двух гармоник в интерполяционном уравнении. Общая процедура помехоустойчивой интерполяции.	2

## 9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью освоения знаний и умений по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Web of Science, Scopus, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- участие в семинарах, конференциях, проводимых в Институте по тематике дисциплины;
- подготовку к сдаче **зачета** по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам надо осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

## 10. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### 10.1. Текущий контроль успеваемости, обеспечивающий оценивание хода освоения дисциплины

Для оценивания результатов обучения в виде знаний текущий контроль организуется в форме:

– устного опроса (фронтальной беседы, индивидуального опроса);

Для оценивания результатов обучения в виде умений и навыков (владений) текущий контроль организуется в формах:

– проверки письменных заданий (решения простых и/или сложных практико-ориентированных заданий); простые задания используются для оценки умений. Они представляют собой задачи в одно или два действия. Сложные задания используются для оценки навыков. Они представляют собой решение задач включающие несколько изученных тем.

Отдельно оцениваются личностные качества студента (аккуратность, исполнительность, инициативность) – работа у «доски», своевременная сдача тестов, отчетов к лабораторным работам и письменных домашних заданий.

#### Критерии для оценивания устного опроса

Оценка «отлично» выставляется в случае, если студент свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

Оценка «хорошо» выставляется в случае, если студент оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их в стандартных ситуациях, но допускает незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

Оценка «удовлетворительно» выставляется в случае, если студент допускает существенные ошибки, проявляет отсутствие знаний, умений, по отдельным темам (не более 1/3), испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется в случае, если студент демонстрирует полное отсутствие или явную недостаточность (менее 1/3) знаний, умений в соответствии с планируемыми результатами обучения.

### 10.1.1 Контрольные вопросы для текущего контроля освоения дисциплины

1. Постановка задачи оптимизации химико-технологических процессов
2. Классификация задач оптимизации.
3. Выбор целевой функции и управляющих переменных при оптимизации.
4. Многомерная оптимизация. Ограничения, которые усложняют поиск оптимума.
5. Понятие о многоцелевой оптимизации.
6. Выбор метода оптимизации, адекватного решаемой задаче.
7. Методы оптимизации, основанные на классическом математическом анализе.
8. Безусловный и условный экстремумы.
9. Аналитический метод нахождения экстремума функции нескольких переменных.
10. Принципы построения численных методов поиска условного экстремума.
11. Методы поиска экстремума функции
12. Необходимые и достаточные условия существования экстремума функции одной переменной.
13. Необходимые и достаточные условия существования экстремума функции многих переменных.
14. Численные методы оптимизации без ограничений.
15. Метод равномерного поиска\
16. Метод деления интервала пополам.
17. Метод дихотомии
18. Метод золотого сечения
19. Метод Фибоначчи
20. Метод квадратичной интерполяции
21. Методы первого порядка
22. Метод градиентного спуска с постоянным шагом
23. Метод наискорейшего градиентного спуска
24. Методы поиска условного экстремума
25. Задачи линейного программирования
26. Симплекс-метод
27. Динамическое программирование. Общая постановка задачи ДП.
28. Постановка задачи метода стохастической интерполяции
29. Формирование обучающей последовательности.
30. Условие оптимальности выбора точек наблюдения.
31. Постановка задачи метода помехоустойчивой интерполяции.
32. Общая процедура помехоустойчивой интерполяции.
33. Способы определения настроек помехоустойчивой интерполяции

### 10.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация обучающихся – оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине Методы нелинейной динамики в химии и химической технологии осуществляется в форме зачета.

Зачет проставляется «автоматически», по результатам текущего контроля.

Результаты текущей и промежуточной аттестации каждого обучающегося по дисциплине фиксируются в электронной информационно-образовательной среде Института в соответствии с установленными в Институте требованиями.

### 10.3. Оценивание результатов обучения

#### Показатели оценивания сформированности компетенции (части компетенции) по дисциплине

Сформированность знаний	Сформированность умений	Сформированность навыков и (или) опыта деятельности
полнота, глубина, осознанность	результативность, правильность, последовательность, прочность, рефлексивность	качественность, скорость, автоматизм, редуцированность действий

### 10.3.1. Шкала оценки и критерии уровня сформированности компетенции (части компетенции) по дисциплине при промежуточной аттестации

Показатели текущего контроля	Уровень сформированности компетенции		
	высокий	пороговый	не сформирована
решение задач на практических занятиях	в полном объеме с высоким качеством	в полном объеме	не выполнены в полном объеме ко времени контроля
Выполнение лабораторных работ	в полном объеме с высоким качеством	в полном объеме	не выполнены в полном объеме ко времени контроля
Использование основной и дополнительной литературы	использует самостоятельно	по указанию преподавателя	не использует

## 10.4. Оценочные материалы для текущего контроля

### Задания для практических занятий

Допустим, что производительность химического реактора зависит от трех факторов: температуры процесса  $X_1$ , объемной скорости потока  $X_2$  и концентрации катализатора  $X_3$ . Начальные значения факторов:  $x_{1н}=150$ ;  $x_{2н}=20$ ;  $x_{3н}=0,3$ ; интервалы варьирования:

$$\Delta x_1=20 \quad \Delta x_2=4 \quad \Delta x_3=0,05$$

Необходимо провести полный факторный эксперимент, рассчитать коэффициенты регрессии, проверить их на значимость, уравнение регрессии проверить на адекватность и осуществить движение по градиенту.

Найти минимум функции  $f(x) = x_2 + 2x_1$  с точностью  $\epsilon = 0,8$  для начальной точки  $x_0 = 10$ . Константу различимости примем равной  $\delta = 0,2$ .

- А) методом половинного деления  
Б) методом золотого сечения

С помощью симплексного метода оптимизировать выход целевого продукта  $y$  (%), который получается при взаимодействии двух реагентов с концентрациями  $x_1$  и  $x_2$  (кмоль/м<sup>3</sup>) при температуре  $x$  (°C).

Используя метод наискорейшего спуска, найти оптимальные условия проведения процесса окисления этилена в ацетальдегид, обеспечивающие минимальный выход побочных продуктов, если известно, что наибольшее влияние на реакцию оказывает время контакта, концентрация  $HCl$  в катализаторном растворе.

Допустимые интервалы варьирования:

- времени контакта 0,1–2,0 с;
- концентрации  $HCl$  5–20 % масс.

Координаты исходной точки:

- время контакта 0,8 с;
- концентрация  $HCl$  7 % масс.

Получить математическую модель процесса окисления этилена в ацетальдегид. Используя полученную математическую модель, определить оптимальные условия проведения процесса, обеспечивающие минимальный выход побочных продуктов.

Допустимые интервалы варьирования:

- времени контакта 0,1–3,0 с;
- концентрации  $HCl$  10–20 % масс.

Координаты исходной точки:

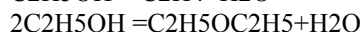
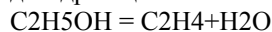
- время контакта 0,5 с;
- концентрация  $HCl$  7 % масс.

Реакция  $A \rightarrow R$  с кинетическим уравнением  $r \text{ (моль/л} \cdot \text{ч)} = 20 \cdot C_K \cdot C_A$  проводится в аппарате полного смешения. Найти оптимальную концентрацию гомогенного катализатора, если

$X_a = 0,95$ ,  $C_k = 4$  руб/кмоль, а отчисления на амортизацию выражаются уравнением  
 $Z_{ам} = (a / 8000)(C_{об,0} + V * C_{об,v})$  (руб / ч),  
 где  $a = 0,15$  и  $C_{об,v} = 400$  руб/м<sup>3</sup>.  
 Затраты на катализатор составляют  
 $Z_k = F_k C_k = F_{a,0} (C_k / C_{a,0}) C_k$  (руб / ч).

### Задания лабораторных занятий

Найти с помощью программы Mathcad равновесный состав контактного газа для процесса дегидратации этанола при 150 град.С и давлении 1 ат



если известно:

значение констант равновесия при 150 град. С: 10,28 ат; 20,04.

$$P_0 = 1$$

$$K_{p1} = 10.28$$

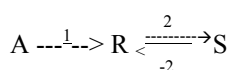
$$K_{p2} = 20.04$$

В реакторе кипящего слоя проводят газификацию каменного угля смесью H<sub>2</sub>O-CH<sub>4</sub>-CO<sub>2</sub> при температуре 850 °С и давлении 0,101325 МПа (1 ата).

Найти соотношение CH<sub>4</sub>:H<sub>2</sub>O в исходной смеси, при котором отношение H<sub>2</sub>:CO в покидающем реактор газе равно 1,1:1.

Отношение CO<sub>2</sub>:H<sub>2</sub>O в исходной смеси равно 0,1:1. Считать, что процесс конверсии в реакторе протекает до состояния равновесия.

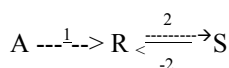
В реакторе идеального смешения объемом 1,1 м<sup>3</sup> протекает реакция



Константы скорости  $k_1 = 0,0082$ ;  $k_2 = 0,0036$ ;  $k_3 = 0,0014$  (с<sup>-1</sup>). На входе в реактор концентрации продуктов реакции равны нулю. Плотность реакционной смеси не меняется.

Найти с помощью программы Mathcad максимальный выход по продукту R и скорость исходного вещества A.

В реакторе идеального вытеснения объемом 1,1 м<sup>3</sup> протекает реакция



Константы скорости  $k_1 = 0,0082$ ;  $k_2 = 0,0036$ ;  $k_3 = 0,0014$  (с<sup>-1</sup>). На входе в реактор концентрации продуктов реакции равны нулю. Плотность реакционной смеси не меняется.

Найти с помощью программы Mathcad максимальный выход по продукту R и скорость исходного вещества A.

Найти с помощью метода стохастической интерполяции оптимальную расстановку датчиков для определения максимальной температуры в реакторе синтеза винилхлорида.

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) – русский. Для всех видов аудиторных занятий «час» устанавливается продолжительностью 45 минут. Зачетная единица составляет 27 астрономических часов или 36 академических час. Через каждые 45 мин контактной работы делается перерыв продолжительностью 5 мин, а после двух час контактной работы делается перерыв продолжительностью 10 мин.

Обучающийся имеет право на зачет результатов обучения по дисциплине, если она освоена им при

получении среднего профессионального образования и (или) высшего образования, а также дополнительного образования (при наличии) (далее - зачет результатов обучения). Зачтенные результаты обучения учитываются в качестве результатов промежуточной аттестации в установленном в Институте порядке.

### **11.1. Образовательные технологии**

Образовательный процесс при освоении дисциплины основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Возможна реализация ОПОП с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде. При проведении учебных занятий обеспечивается развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств (включая проведение интерактивных лекций, анализ ситуаций и имитационных моделей).

### **11.2. Лекции**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов содержания дисциплины.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс обеспечивает более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется среднестатистическому студенту на самостоятельное изучение материала.

### **11.3. Занятия семинарского типа**

Семинарские (практические) занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, направлены на отработку навыков, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы дисциплины.

Основной формой проведения семинаров и практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций при контактной работе. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса, ответы на вопросы, управление процессом решения задач.

Активность на практических занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;
- выполнение заданий (решение задач);

Оценивание практических заданий входит в оценку.

### **11.4. Лабораторные работы**

Лабораторный практикум начинается с ознакомления с техникой безопасности.

По каждой лабораторной работе студент оформляет письменный отчет. Текущий контроль на лабораторных работах проводится в виде устных опросов – «защита» по итогам лабораторных работ. Оценивается ход лабораторных работ, достигнутые результаты, качество оформление отчета, своевременность сдачи.

### **11.5. Самостоятельная работа студента**

Для успешного усвоения дисциплины необходимо не только посещать аудиторные занятия, но и вести активную самостоятельную работу. При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную основную и дополнительную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- использовать для самопроверки материала оценочные средства.

### **11.5. Методические рекомендации для преподавателей**

#### **Основные принципы обучения**

1. Цель обучения – развить мышление, выработать мировоззрение; познакомить с идеями и методами науки;

научить применять принципы и законы для решения простых и нестандартных физико-химических задач.

2. Обучение должно органически сочетаться с воспитанием. Нужно развивать в студентах волевые качества и трудолюбие. Ненавязчиво, к месту прививать элементы культуры поведения. В частности, преподаватель должен личным примером воспитывать в студентах пунктуальность и уважение к чужому времени. Недопустимо преподавание односеместровой учебной дисциплины превращать в многосеместровое. Возникшая академическая задолженность должна быть ликвидирована в период следующего семестра до начала зачетной недели.

3. Обучение должно быть не пассивным (сообщим студентам некоторый объем информации, расскажем, как решаются те или иные задачи), а активным. Нужно строить обучение так, чтобы в овладении материалом основную роль играла память логическая, а не формальная. Запоминание должно достигаться через глубокое понимание.

4. Одно из важнейших условий успешного обучения – умение организовать работу студентов.

5. Отношение преподавателя к студентам должно носить характер доброжелательной требовательности. Для стимулирования работы студентов нужно использовать поощрение, одобрение, похвалу, но не порицание (порицание может применяться лишь как исключение). Преподаватель должен быть для студентов доступным.

6. Необходим регулярный контроль работы студентов. Правильно поставленный, он помогает им организовать систематические занятия, а преподавателю достичь высоких результатов в обучении.

7. Важнейшей задачей преподавателей, ведущих занятия по дисциплине, является выработка у студентов осознания необходимости и полезности знания дисциплины как теоретической и практической основы для изучения профильных дисциплин.

8. С целью более эффективного усвоения студентами материала данной дисциплины рекомендуется при проведении лекционных, практических и лабораторных занятий использовать современные технические средства обучения, а именно презентации лекций, наглядные пособия в виде схем приборов, деталей и конструкций приборов, компьютерное тестирование.

9. Для более глубокого изучения предмета и подготовки ряда вопросов (тем) для самостоятельного изучения по разделам дисциплины преподаватель предоставляет студентам необходимую информацию о использовании учебно-методического обеспечения: учебниках, учебных пособиях, сборниках примеров и задач и описание лабораторных работ, наличии Интернет-ресурсов.

При текущем контроле рекомендуется использовать компьютерное или бланковое тестирование, контрольные коллоквиумы или контрольные работы.

Контрольное (итоговое) тестирование включает в себя задания по всем темам раздела рабочей программы дисциплины.

10. Цель лекции – формирование у студентов ориентировочной основы для последующего усвоения материала методом самостоятельной работы. Содержание лекции должно отвечать следующим дидактическим требованиям:

- изложение материала от простого к сложному, от известного к неизвестному;
- логичность, четкость и ясность в изложении материала;
- возможность проблемного изложения, дискуссии, диалога с целью активизации деятельности студентов;
- опора смысловой части лекции на подлинные факты, события, явления, статистические данные;
- тесная связь теоретических положений и выводов с практикой и будущей профессиональной деятельностью студентов.

Преподаватель, читающий лекционные курсы, должен знать существующие в педагогической практике варианты лекций, их дидактические и воспитывающие возможности, а также их место в структуре процесса обучения.

11. При проведении аттестации студентов важно всегда помнить, что систематичность, объективность, аргументированность – главные принципы, на которых основаны контроль и оценка знаний студентов. Знание критериев оценки знаний обязательно для преподавателя и студента.

## **11.6. Методические указания для студентов**

### **По подготовке к лекционным занятиям**

Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления теоретических знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Студентам необходимо:

1. перед каждой лекцией просматривать рабочую программу дисциплины;
2. перед следующей лекцией необходимо просмотреть по конспекту материал предыдущей.

При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале не удалось, необходимо обратиться к лектору или к преподавателю на практических занятиях. Не оставляйте «белых пятен» в освоении материала!

### **По работе с литературой**

В рабочей программе дисциплины представлен список основной и дополнительной литературы – это учебники, учебно-методические пособия или указания. Дополнительная литература – учебники, монографии, сборники научных трудов, журнальные и газетные статьи, различные справочники, энциклопедии, Интернет-ресурсы.

Любая форма самостоятельной работы студента (подготовка к семинарскому занятию, докладу и т.п.) начинается с изучения соответствующей литературы как в библиотеке / электронно-библиотечной системе, так и дома. Изучение указанных источников расширяет границы понимания предмета дисциплины.

При работе с литературой выделяются следующие виды записей. Конспект – краткая схематическая запись основного содержания научной работы. Целью является не переписывание произведения, а выявление его логики, системы доказательств, основных выводов. Хороший конспект должен сочетать полноту изложения

с краткостью. Цитата – точное воспроизведение текста. Заключается в кавычки. Точно указывается страница источника. Тезисы – концентрированное изложение основных положений прочитанного материала. Аннотация – очень краткое изложение содержания прочитанной работы. Резюме – наиболее общие выводы и положения работы, ее концептуальные итоги.

### **11.7. Особенности организации образовательного процесса для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Профессорско-преподавательский состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

Предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования).

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).
- Лабораторные работы выполняются методом вычислительного эксперимента.
- Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:
- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов при тестировании с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

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

Информационную поддержку освоения дисциплины осуществляет библиотека Института, которая обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда на 01.03.2021 г составляет более 405 000 экз.

Библиотека располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. Библиотека обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Института и Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

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

#### **а) основная литература**

Основная литература	Режим доступа	Обеспеченность
А. В. Аттеков Введение в методы оптимизации [Текст] : учеб.-практич. изд. / А. В. Аттеков, В. С. Зарубин, А. Н. Канатников. - М. : Финансы и статистика ; М. : ИНФРА-М, 2008. - 269 с.	Библиотека НИ РХТУ	Да
Бочкарев, В. В. Оптимизация химико-технологических процессов : учебное пособие для вузов / В. В. Бочкарев. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 263 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00378-9.	Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://urait.ru/bcode/470112">https://urait.ru/bcode/470112</a> (дата обращения: 25.11.2021).	Да
Гончаров, В. А. Методы оптимизации : учебное пособие для вузов / В. А. Гончаров. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 191 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-3642-1.	Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://urait.ru/bcode/463500">https://urait.ru/bcode/463500</a> (дата обращения: 25.11.2021).	Да

#### б) дополнительная литература

Дополнительная литература	Режим доступа	Обеспеченность
Сухарев, А. Г. Численные методы оптимизации : учебник и практикум для вузов / А. Г. Сухарев, А. В. Тимохов, В. В. Федоров. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 367 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04449-2.	Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://urait.ru/bcode/487195">https://urait.ru/bcode/487195</a> (дата обращения: 25.11.2021).	Да
Сухарев, А. Г. Методы оптимизации : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / А. Г. Сухарев, А. В. Тимохов, В. В. Федоров. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 367 с. — (Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-3859-3.	Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://urait.ru/bcode/444155">https://urait.ru/bcode/444155</a> (дата обращения: 25.11.2021).	Да
Сидняев, Н. И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных : учебник и практикум для вузов / Н. И. Сидняев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 495 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05070-7.	Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://urait.ru/bcode/449686">https://urait.ru/bcode/449686</a> (дата обращения: 25.11.2021).	Да
Системный анализ процессов и аппаратов химической технологии : учебное пособие для вузов / Э. Д. Иванчина, Е. С. Чернякова, Н. С. Белинская, Е. Н. Ивашкина. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 114 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11830-8.	Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://urait.ru/bcode/476242">https://urait.ru/bcode/476242</a> (дата обращения: 04.11.2021).	Да

## 12.2. Информационные и информационно-образовательные ресурсы

При освоении дисциплины студенты должны использовать информационные и информационно-образовательные ресурсы следующих порталов и сайтов:

Система поддержки учебных курсов НИ РХТУ. Кафедра Автоматизация производственных процессов / URL: <http://moodle.nirhtu.ru>

Библиотека Новомосковского института (филиала) Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева.

URL: [http://irbis.nirhtu.ru/ISAPI/irbis64r\\_opak72/cgiirbis\\_64.dll?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS](http://irbis.nirhtu.ru/ISAPI/irbis64r_opak72/cgiirbis_64.dll?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS)

ЭБС «Издательство «Лань» (Договор № 33.03-Р-3.1-2667/2020 от 26.09.2020г. Срок действия с 26.09.2020г. по 25.09.2021г.) - <https://e.lanbook.com/>

ЭБС «Издательство «Юрайт» (Договор № 33.03-Р-2.0-3196/2021 на оказание услуг по предоставлению доступа к образовательной платформе ИКЗ 21 1 7707072637 770701001 0014 001 5814 244 от 16.03.2021 г., срок действия с 16.03.2021 по 15.03.2022 г.) - <https://e.lanbook.com/>

Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» - <https://cyberleninka.ru/>

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - <https://elibrary.ru/>

Профессиональные базы данных

Википедия — общедоступная многоязычная универсальная интернет-энциклопедия со свободным контентом. - [ru.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org)

База данных Scopus (сублицензированный договор № Scopus//130 от 08.08.2017г) - <https://www.scopus.com>

База данных Web of Science компании Clarivate Analytics (Scientific) LLC (сублицензионный договор № WoS/1035 от 01.04.2017г.) - <https://clarivate.com/>

## 13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Методы нелинейной динамики в химии и



*химической технологии»* проводятся в форме аудиторных и самостоятельной работы обучающегося.

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспеченные доступом в электронную информационно-образовательную среду Института, помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Приспособленность помещений для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья
Лекционная аудитория (108 учебный корпус 1, Трудовые Резервы, 29)	Учебная мебель, доска. Презентационная техника: ноутбук, проектор, экран (постоянное место хранения: ауд.109а)	приспособлено (аудитория на первом этаже)
Аудитория для практических и лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, проведения текущего контроля и промежуточной аттестации (310, учебный корпус 1, Трудовые Резервы, 29)	Учебная мебель, доска Презентационная техника: ноутбук, проектор, экран (постоянное место хранения: ауд.309) Компьютеры «Realm» 10шт Принтер матричный 2 шт. Доступ в Интернет, к ЭБС, электронным образовательным и информационным ресурсам, базе данных электронного каталога НИ РХТУ, системе управления учебными курсами Moodle	приспособлено* для слабовидящих, слабослышащих и иных видов соматических заболеваний и лиц с ОВЗ
Аудитория для лиц с ограниченными возможностями и самостоятельной работы студентов (107 учебный корпус 1, Трудовые Резервы, 29)	Учебная мебель, доска ПК (2шт) Доступ в Интернет, к ЭБС, электронным образовательным и информационным ресурсам, базе данных электронного каталога НИ РХТУ, системе управления учебными курсами Moodle	приспособлено (аудитория на первом этаже, отсутствие порогов)

### 13.1. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Ноутбук (Fujitsu, 2,2 ГГц, с оперативной памятью 2 Мбайт, жестким диском 500 Мб) с возможностью просмотра видеоматериалов и презентаций, с неограниченным доступом в Интернет, к ЭБС, электронным образовательным и информационным ресурсам, базе данных электронного каталога Института, системе управления учебными курсами Moodle, учебно-методическим материалам.

Проектор (BenQ "MX503" (DLP, 3D, 1024x768, 2700лм ANSI, 13000:1, 3D)

Экран (LUMIEN Eco View180x180 см 1:1 (lev-100102)

### 13.2. Программное обеспечение

#### Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	Операционная система - MS Windows 7	Подписка Azure Dev Tools for Teaching (бывший Microsoft Imagine Premium (бывший DreamSpark - <a href="http://e5.onthehub.com/WebStore/Welcome.aspx?vsro=8&amp;ws=9f5a10ad-c98b-e011-969d-0030487d8897">The Novomoskovsk university (the branch) - EMDEPT - DreamSpark Premium http://e5.onthehub.com/WebStore/Welcome.aspx?vsro=8&amp;ws=9f5a10ad-c98b-e011-969d-0030487d8897</a> .Номер	неограничено	бессрочная лицензия

		учетной записи е5: 100039214))		
2.	Операционная система - MS Windows 10	Подписка Azure Dev Tools for Teaching (бывший Microsoft Imagine Premium (бывший DreamSpark - <a href="#">The Novomoskovsk university (the branch)</a> - EMDEPT - <a href="#">DreamSpark Premium</a> <a href="http://e5.onthehub.com/WebStore/Welcome.aspx?vsro=8&amp;ws=9f5a10ad-c98b-e011-969d-0030487d8897">http://e5.onthehub.com/WebStore/Welcome.aspx?vsro=8&amp;ws=9f5a10ad-c98b-e011-969d-0030487d8897</a> . Номер учетной записи е5: 100039214))	неограничено	бессрочная лицензия
3.	Офисный пакет MS Office 365 A1 (MS Word, MS Excel, MS PowerPoint)	Подписка Azure Dev Tools for Teaching (бывший Microsoft Imagine Premium (бывший DreamSpark - <a href="#">The Novomoskovsk university (the branch)</a> - EMDEPT - <a href="#">DreamSpark Premium</a> <a href="http://e5.onthehub.com/WebStore/Welcome.aspx?vsro=8&amp;ws=9f5a10ad-c98b-e011-969d-0030487d8897">http://e5.onthehub.com/WebStore/Welcome.aspx?vsro=8&amp;ws=9f5a10ad-c98b-e011-969d-0030487d8897</a> . Номер учетной записи е5: 100039214))	неограничено	бессрочная лицензия
4.	Интернет браузер (Edge, Internet Explorer) как часть MS Windows	Подписка Azure Dev Tools for Teaching (бывший Microsoft Imagine Premium (бывший DreamSpark - <a href="#">The Novomoskovsk university (the branch)</a> - EMDEPT - <a href="#">DreamSpark Premium</a> <a href="http://e5.onthehub.com/WebStore/Welcome.aspx?vsro=8&amp;ws=9f5a10ad-c98b-e011-969d-0030487d8897">http://e5.onthehub.com/WebStore/Welcome.aspx?vsro=8&amp;ws=9f5a10ad-c98b-e011-969d-0030487d8897</a> . Номер учетной записи е5: 100039214))	неограничено	бессрочная лицензия
5.	Архиватор 7zip	GNU LGPL license	неограничено	бессрочная лицензия
6.	<b>Scicos</b> (Scilab Connected Object Simulator) – составная часть пакета <b>Scilab</b> – пакет прикладных математических программ, предоставляющий открытое окружение для инженерных (технических) и научных расчётов		неограничено	( <a href="#">CeCILL</a> (свободная, совместимая с <a href="#">GNU GPL</a> v2))
7.	MathCadExpress 3.0 – ПО для инженерных математических расчетов		неограничено	Бесплатно в течение неограниченного срока

8.	Adobe Acrobat Reader	<a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html</a>	неограничено	бессрочная лицензия
9.	Браузер Mozilla FireFox	Mozilla Public License 2.0 (MPL)	неограничено	бессрочная лицензия

**Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине;

Электронные образовательные ресурсы: учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

**Учебно-наглядные пособия:**

Комплекты плакатов к лабораторным работам.

## 14. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Основные сведения по оптимизации химико-технологических процессов	<b>Знает:</b> основные понятия процессов химической технологии; основные методы оптимизации режимных параметров технологических процессов и геометрических размеров оборудования химической техники; <b>Умеет:</b> использовать численные методы для решения задач оптимизации; <b>Владеет:</b> методами построения математических моделей процессов химической технологии для последующей их оптимизации; методами поиска и обмена информацией в компьютерных сетях, пакетами прикладных программ для оптимизации химико-технологических процессов	Ответы у доски во время практических занятий
Раздел 2. Методы оптимизации	<b>Знает:</b> основные методы оптимизации режимных параметров технологических процессов и геометрических размеров оборудования химической техники; геометрическую интерпретацию задач оптимизации; методы оптимизации, основанные на классическом математическом анализе; прямые методы поиска экстремума функций одной и многих переменных. <b>Умеет:</b> использовать численные методы для решения задач оптимизации; использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач; осуществлять оптимизацию процессов химической технологии; проводить оптимизацию параметров химической аппаратуры <b>Владеет:</b> методами построения математических моделей процессов химической технологии для последующей их оптимизации; методами анализа и оптимизационного расчета процессов в промышленных аппаратах; приемами исследования	Ответы у доски во время практических занятий. Защита лабораторных работ
	математических моделей с учетом их иерархической структуры и пределов структуры и пределов применимости полученных результатов;	

<p>Раздел 3. Помехоустойчивые методы оптимизации.</p>	<p><b>Знает:</b> основные методы оптимизации режимных параметров технологических процессов и геометрических размеров оборудования химической техники; геометрическую интерпретацию задач оптимизации; методы оптимизации, основанные на классическом математическом анализе;  <b>Умеет:</b> использовать численные методы для решения задач оптимизации; использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач; проводить оптимизацию параметров химической аппаратуры  <b>Владет:</b> методами построения математических моделей процессов химической технологии для последующей их оптимизации; методами анализа и оптимизационного расчета процессов в промышленных аппаратах; приемами исследования математических моделей с учетом их иерархической структуры и пределов применимости полученных результатов;</p>	<p>Ответы у доски во время практических занятий  Защита лабораторных работ</p>
---	---	--

**АННОТАЦИЯ**  
**рабочей программы дисциплины**  
**Б1.О.04 Оптимизации химико-технологических процессов**

**1. Общая трудоемкость** (з.е./ ак. час): 2 / 72. Форма промежуточного контроля: зачет. Дисциплина изучается на 2 курсе в 3 семестре.

**2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

**Дисциплина Б1.О.04 Оптимизации химико-технологических процессов** относится к обязательной части блока 1 Дисциплины (модули).

Дисциплина базируется на дисциплинах (модулях): Математика, Вычислительная математика, Физическая химия, Общая химическая технология и является основой для последующих дисциплин: Моделирование технологических и природных систем, Компьютерные системы моделирования для решения задач химической технологии, Компьютерные системы проектирования и управления химическими производствами

**3. Цель и задачи изучения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является приобретение теоретических знаний и практических навыков в задачах оптимизации химико-технологических процессов, формирование навыков самостоятельной постановки задач оптимизации и использования для их решения математических моделей различных типов; использования методов планирования эксперимента для решения широкого круга задач исследования и прогнозирования тенденций протекания процессов химической технологии.

Задачи преподавания дисциплины:

- освоение методов использования пакетов прикладных программ для решения задач оптимизации химико-технологических процессов, сравнительный анализ и оценкой эффективности их применения ;

- сформировать у студентов системный подход при использовании методов планирования эксперимента в химической технологии;

- научить студентов пользоваться нормативной и методической литературой при анализе и оптимизации технологических процессов.

;

**4. Содержание дисциплины**

**Раздел 1. Основные сведения по оптимизации химико-технологических процессов**

**1.1. Основные понятия и определения.**

Показатели эффективности химико-технологических процессов. Критерий оптимальности. Технологические критерии эффективности. Степень конверсии. Селективность. Удельная производительность. Экономические критерии эффективности. Характеристика методов оптимизации химико-технологических процессов. Динамическое программирование. Линейное программирование. Статистические методы.

**1.2. Понятие о многоцелевой оптимизации**

Постановка задачи многоцелевой оптимизации. Принципы оптимальности в задачах многоцелевой оптимизации. Процедуры решения многоцелевых задач. Априорные, апостериорные и адаптивные процедуры многоцелевой оптимизации и соответствующие им методы принятия решения. Стохастические задачи многоцелевой оптимизации. Нормализация и свертка функционалов в задачах многоцелевой оптимизации.

**Раздел 2. Методы оптимизации.**

**2.1. Симплексный метод.**

Каноническая форма задачи линейного программирования. Угловые точки. Базисные/свободные переменные. Базисные решения. Алгоритм симплекс-метода. Метод Жордана-Гаусса. Интерпретация результата работы симплекс-метода. Оптимальность. Неограниченность функционала. Альтернативные решения

**2.2. Полный факторный эксперимент.**

Пассивный и активный эксперимент. Основы планирования многофакторного эксперимента. Планирование эксперимента первого порядка для двух переменных. Построение эмпирических моделей по данным эксперимента. ПФЭ и обработка его результатов. Определение кодированных коэффициентов регрессии (ПФЭ). Проверка адекватности уравнения регрессии (ПФЭ).

**2.3. Статистические и аналитические методы оптимизации.**

Метод крутого восхождения по поверхности отклика (Бокса-Уилсона). Необходимые и достаточные условия существования экстремума функции одной переменной. Экстремумы функций многих переменных. Оптимизация реактора идеального смешения. Задача поиска оптимальной температуры обратимой химической реакции.

**2.4. Численные методы решения оптимизационных задач без ограничений.**

Одномерная оптимизация. Метод дихотомии. Метод золотого сечения. Метод сканирования. Многомерный поиск оптимума.

### **Раздел 3. Помехоустойчивые методы оптимизации.**

#### **3.1 Метод стохастической интерполяции.**

Постановка задачи. Процедура решения. Формирование обучающей последовательности. Условие оптимальности выбора точек наблюдения. Структура корректирующего оператора. Погрешности восстановления поля интерполяционным уравнением, полученным методом стохастической интерполяции. Эффективность применения методики построения интерполяционного уравнения с учетом шумовой составляющей в обучающей последовательности. Алгоритм отбраковки недостоверных показаний датчиков.

#### **3.2. Метод помехоустойчивой интерполяции.**

Постановка задачи. Исследование помехоустойчивости линейной интерполяции поля многочленами. Основные приемы помехоустойчивого контроля параметров полей. Основные расчетные формулы помехоустойчивой интерполяции для случая двух гармоник в интерполяционном уравнении. Общая процедура помехоустойчивой интерполяции. Способы определения настроек помехоустойчивой интерполяции. Эффективность помехоустойчивой интерполяции.

## **5. Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения образовательной программы**

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1 Способен организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок	ОПК -1.1 Знает методологические основы научного знания, теоретические и эмпирические методы исследования
	ОПК -1.2 Умеет формулировать задачи научного исследования, использовать научно обоснованные методы их решения и представлять результаты научного исследования
	ОПК-1.3 Владеет приёмами разработки планов и программ проведения научных исследований и технических разработок

#### **Знать:**

- основные понятия процессов химической технологии
- основные методы оптимизации режимных параметров технологических процессов и геометрических размеров оборудования химической техники;
- Геометрическую интерпретацию задач оптимизации;
- методы оптимизации, основанные на классическом математическом анализе;
- прямые методы поиска экстремума функций одной и многих переменных.

#### **Уметь:**

- использовать численные методы для решения задач оптимизации;
- использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач;
- осуществлять оптимизацию процессов химической технологии;
- проводить оптимизацию параметров химической аппаратуры

#### **Владеть:**

- методами построения математических моделей процессов химической технологии для последующей их оптимизации;
- методами анализа и оптимизационного расчета процессов в промышленных аппаратах;
- приемами исследования математических моделей с учетом их иерархической структуры и пределов применимости полученных результатов;
- методами поиска и обмена информацией в компьютерных сетях, пакетами прикладных программ для оптимизации химико-технологических процессов

## 6. Виды учебной работы и их объем

*Семестр 3*

Вид учебной работы	Объем		в том числе в форме практической подготовки	
	з.е.	акад. ч.	з.е.	акад. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>2</b>	<b>72</b>	<b>2</b>	<b>72</b>
<b>Контактная работа:</b>	<b>0,95</b>	34,3	<b>0,95</b>	34,3
Лекции	0,28	10	0,28	10
Практические занятия (ПЗ)	0,33	12	0,33	12
Лабораторные работы	0,33	12	0,33	12
Часы на контроль <b>(Катт)</b>	0,0083	0,3	0,0083	0,3
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,05</b>	<b>37,7</b>	<b>1,05</b>	<b>37,7</b>
Контактная самостоятельная работа				
Проработка лекционного материала	0,21	7,7	0,21	7,7
Подготовка к практическим занятиям	0,42	15	0,42	15
Подготовка к лабораторным работам	0,42	15	0,42	15
<b>Форма (ы) контроля:</b>	<b>Зачет</b>			

### Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины

«Б1.О.04 «Оптимизации химико-технологических процессов»

основной образовательной программы 18.04.01 Химическая технология программа магистратуры «Информационно-управляющие системы в химической технологии»

Номер изменения/дополнения	Содержание дополнения / изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от _____ 202__ г.
2		протокол заседания Ученого совета № _____ от _____ 202__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от _____ 202__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от _____ 202__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от _____ 202__ г.