

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»



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.03.01 Компьютерные системы моделирования  
для решения задач химической технологии

*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 изучения дисциплины является формирование системы знаний, умений и навыков в области разработки и применения математических моделей химико-технологических процессов и аппаратов.

Задачи преподавания дисциплины:

- изучение методов составления полной системы математических уравнений, описывающих предмет моделирования;
- формирование умения реализовать математические модели ХТП на ЭВМ;
- формирование навыков проведения компьютерных исследований моделируемых объектов

## 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина **Б1.В.ДВ.03.01 Компьютерные системы моделирования для решения задач химической технологии** относится к части, формируемая участниками образовательных отношений 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**:

**Универсальные компетенции (УК) и индикаторы их достижения:**

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. Знает методы осуществления поиска вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации УК-1.2. Умеет определять в рамках выбранного алгоритма вопросы или задачи, подлежащих дальнейшей разработки УК-1.3 Владеет способами планирования работы для решения поставленных задач

## Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности</b>				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство; Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-3 Способен решать исследовательские задачи в области профессиональной деятельности методом математического моделирования	ПК-3.1. Знает принципы построения математических моделей, проверку их достоверности, последние достижения в развитии математического моделирования на основе теории искусственного интеллекта; соотношение математического и физического моделирования ПК-3.2. Умеет применять метод математического моделирования для решения исследовательских задач в области профессиональной деятельности ПК-3.3. Владеет приемами применения метода математического моделирования для исследования отдельных технологических процессов и систем, в том числе с использованием специализированных компьютерных программных средств	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция. С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. С/01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным (уровень квалификации - 6).

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

**Знать:**

- все виды балансных, кинетических и вспомогательных уравнений, используемых при разработке математических моделей;
- основные статистические уравнения и критерии, используемые при обработке экспериментальных данных;
- способы реализации математических моделей

**Уметь:**

- выполнять математический анализ экспериментальных данных с целью определения параметров для моделирования процессов и аппаратов;
- составлять системы математических уравнений при разработке математических моделей;
- разрабатывать программы для ЭВМ при реализации математических моделей;
- исследовать математические модели на ЭВМ с целью оптимизации технологических процессов

**Владеть:**

- методами обработки экспериментальных данных и использования их результатов для обоснования параметров математических моделей;
- навыками использования программного обеспечения ЭВМ при разработке математических моделей

## 5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

*Семестр 2*

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>4</b>	<b>144</b>	<b>4</b>	<b>144</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)	0,66	24	0,66	24
Часы на контроль <b>(Катт)</b>	0,01	0,3	0,01	0,3
<b>Самостоятельная работа</b>	3,05	<b>109,7</b>	3,05	<b>109,7</b>
Контактная самостоятельная работа				
Проработка лекционного материала	1,1	39,7	1,1	39,7
Подготовка к практическим занятиям	2,04	70	2,04	70
<b>Форма (ы) контроля:</b>	<b>Зачет</b>			

## 6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины			Лекции	в т.ч. в форме практ. подг.	Прак. зан.	в т.ч. в форме практ. подг.	Сам. работа
		Всего	в т.ч. в форме практ. подг.					
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Общие сведения о моделях и компьютерном моделировании</b>	<b>35,7</b>	<b>35,7</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>29,7</b>
1.1	Методология компьютерного моделирования.	12,7	2	1	1	2	2	9,7
1.2	Определение понятия "модель" и классификация моделей	23	2	1	1	2	2	20
<b>2.</b>	<b>Раздел 2 Экспериментальный метод построения моделей технологических объектов</b>	<b>54</b>	<b>54</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>40</b>
2.1	Активный метод исследования статистики технологических объектов.	8	4	1	1	2	2	5
2.2	Построение простой модели статистики объекта	18	5	1	1	2	2	15
2.3	Построение сложной модели статистики объекта	20	4	1	1	4	4	15
2.4	Экспертные оценки	8	4	1	1	2	2	5
<b>3.</b>	<b>Раздел 3. Аналитический метод построения моделей технологических объектов.</b>	<b>54</b>	<b>54</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>40</b>
3.1	Математическое описание структуры потоков в технологическом аппарате.	27	27	2	2	5	5	20
3.2	Математическое описание процессов теплообмена в технологических аппаратах	27	27	2	2	5	5	20
	<b>Катг</b>	0,3						
	<b>ИТОГО</b>	<b>144</b>	<b>34</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>109,7</b>

### 6.2. Содержание разделов дисциплины

#### Раздел 1. Общие сведения о моделях и компьютерном моделировании

##### 1.1. Методология компьютерного моделирования.

Понятие триады: модель – алгоритм – программа; структурный анализ модели; аналитическое исследование модели; стратегическое и тактическое планирование вычислительного эксперимента; технология компьютерного моделирования; фаза прогноза (имитации).

##### 1.2. Определение понятия "модель" и классификация моделей

Математическая структура модели; детерминированные и стохастические соотношения; целевая функция; примеры математических моделей технологических объектов; Общие сведения о методах построения математической модели технологических объектов; классификация методов построения математической модели

#### Раздел 2. Экспериментальный метод построения моделей технологических объектов

##### 2.1. Активный метод исследования статистики технологических объектов.

Построение структурной, функциональной и экспериментальной модели. Критерии планирования экспериментальной модели; моделировании стохастических систем; построение математической модели статистики технологических объектов;

## 2.2 Построение простой модели статистики объекта.

Построение модели статистики объекта с одной входной и одной выходной переменными; интерполирование с помощью сплайн-функций (сплайнов); наилучшее приближение функции, заданной таблично (аппроксимация); сглаживание сеточных функций методом "скользящего среднего"; сглаживание методом четвертых разностей; метод наименьших квадратов и регуляризация; приближение функций с помощью нейронных сетей; слоистые и полносвязные сети.

## 2.3 Построение сложной модели статистики объекта

Построение модели статистики объекта с с двумя входными и выходной переменными; линейные (корреляционные) и нелинейные уравнения регрессии; понятие доверительного интервала. Доверительная вероятность; множественная регрессия;

## 2.4. Экспертные оценки

Метод Дельфи; задача определения значения некоторого числа  $N$ ; метод задания весовых коэффициентов; метод последовательных сравнений; установление степени согласованности мнений экспертов.

## Раздел 3. Аналитический метод построения моделей технологических объектов.

### 3.1 Математическое описание структуры потоков в технологическом аппарате.

Экспериментальный (импульсный) метод исследования структуры потоков в аппарате; импульсный метод исследования структуры потока в аппарате для моделей идеального смешения, идеального вытеснения; диффузионной, ячеечной и рециркуляционной модели; комбинированные модели, составленные из последовательно соединенных моделей идеального смешения и идеального вытеснения.

### 3.2. Математическое описание процессов теплообмена в технологических аппаратах

Виды расчетов теплообменных процессов; математическая модель процесса нагрева потока жидкости конденсирующимся паром, осуществляемого в рекуперативном теплообменнике; моделирование процесса диффузии газа в полый трубке; переход к дискретным моделям диффузии; разностные схемы для нелинейных уравнений диффузии; алгоритм численного решения краевой задачи диффузии; решение систем разностных уравнений методом прогонки

## 7. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	<b>Знать:</b>			
1	– все виды балансных, кинетических и вспомогательных уравнений, используемых при разработке математических моделей;	+	+	
2	- основные статистические уравнения и критерии, используемые при обработке экспериментальных данных;	+	+	
3	- способы реализации математических моделей	+	+	+
	<b>Уметь:</b>			
1	-выполнять математический анализ экспериментальных данных с целью	+	+	
2	-составлять системы математических уравнений при разработке математических моделей	+	+	+
3	-разрабатывать программы для ЭВМ при реализации математических моделей		+	+
4	-исследовать математические модели на ЭВМ с целью оптимизации технологических процессов	+	+	+
	<b>Владеть:</b>			
1	-методами обработки экспериментальных данных и использования их результатов для обоснования параметров математических моделей	+	+	+
2	-навыками использования программного обеспечения ЭВМ при разработке математических моделей	+	+	+



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
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. Знает методы осуществления поиска вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации	+	+	+
	УК-1.2. Умеет определять в рамках выбранного алгоритма вопросы или задачи, подлежащих дальнейшей разработки	+	+	+
	УК-1.3 Владеет способами планирования работы для решения поставленных задач	+	+	+
ПК-3 Способен решать исследовательские задачи в области профессиональной деятельности методом математического моделирования	ПК-3.1. Знает принципы построения математических моделей, проверку их достоверности, последние достижения в развитии математического моделирования на основе теории искусственного интеллекта; соотношение математического и физического моделирования	+	+	+
	ПК-3.2. Умеет применять метод математического моделирования для решения исследовательских задач в области профессиональной деятельности	+	+	+
	ПК-3.3. Владеет приемами применения метода математического моделирования для исследования отдельных технологических процессов и систем, в том числе с использованием специализированных компьютерных программных средств	+	+	+

## 8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

### 8.1. Практические занятия

#### Темы практических занятий по дисциплине

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1.	1.1	Этапы компьютерного моделирования	2
2.	1.2	Математическая модель биосинтеза.	2
3.	2.1	Моделировании стохастических систем	2
4.	2.2	Построение модели статики объекта с одной входной и одной выходной переменными.	2
5.	2.3	Построение модели статики объекта с с двумя входными и выходной переменными;	4

6.	2.4	Метод Дельфи	2
7.	3.1	Метод исследования структуры потоков в аппарате	5
8.	3.2	Расчеты теплообменных процессов	5

## 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. Характеристика этапа определение объекта.
2. Характеристика этапа формализация объекта
3. Характеристика этапа разработка моделирующего алгоритма и программы ЭВМ

4. Характеристика этапов стратегического и тактического планирования
5. Понятие триады: модель – алгоритм – программа
6. Структурные элементы построения модели.
7. Типы целевых функций .
8. Классификация типовых групп моделей
9. Критерии, которым должна удовлетворять "хорошая" модель.
10. Виды компонентов, составляющих основные функциональные блоки сложных систем
11. Подразделения математических моделей по методу составления уравнений
12. Экспериментальный метод построения математических моделей технологических объектов
13. Комбинированный метод построения математических моделей технологических объектов
14. Аналитический метод построения математических моделей технологических объектов
15. Этапы построения плана эксперимента.
16. Понятие факторного эксперимента
17. Виды интерполяции.
18. Определение метода наименьших квадратов.
19. Сглаживание сеточных функций методом "скользящего среднего".
20. Сглаживание методом четвертых разностей.
21. Понятие формального нейрона.
22. Понятие адаптивного сумматора
23. Понятие нелинейного преобразователя
24. Слоистые сети.
25. Полносвязные сети.
26. Классификация уравнений регрессии.
27. Понятие доверительного интервала.
28. Доверительная вероятность.
29. Нелинейная регрессия.
30. Множественная регрессия
31. Метод Дельфи
32. Источники неравномерности распределения частиц потока по их времени пребывания в промышленных аппаратах.
33. Определение импульсной  $\delta$ -функции.
34. Соответствие модели идеального смещения гидродинамике аппарата.
35. Отклик модели идеального вытеснения на импульсное возмущение.
36. Допущения однопараметрической диффузионной модели.
37. Схема ячеечной модели гидродинамики аппарата
38. Физическая сущность понятия рециркуляционной модели

## 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
Использование основной и дополнительной литературы	использует самостоятельно	по указанию преподавателя	не использует

#### 10.4. Оценочные материалы для текущего контроля

##### Задания для практических занятий

##### Промежуточная аттестация обучающихся

Модель периодического процесса растворения смеси полидисперсных частиц. Предположим, что начальные значения массы непористых сферических частиц различны, растворение частиц не сопровождается тепловым эффектом, а кинетика растворения описывается уравнением вида

$$V_y \frac{dc_y}{dt} = - \int_{(m_0)} \hat{P}_0(m_0) f[m(m_0, t), c_y] dm_0, \quad c_y(0) = c_y^0.$$

где  $m$  – масса частицы,  $c_{yn}$ ,  $c_y$  – концентрация насыщения и фактическая концентрация основной массы

$$\sqrt{\frac{36\pi}{\rho^2}} = \chi$$

раствора,  $\chi$  – коэффициент формы частицы (для шарообразной частицы). Исходные данные: плотность распределения  $P(m_0)$  массы  $m_0$  частиц в начальный момент времени, начальная масса  $M_0$  частиц, загруженных в аппарат, объем  $V_y$  растворителя в аппарате, концентрация  $c_y$  раствора в начальный момент времени, константа  $k_p$  растворения и концентрация  $c_{yn}$  насыщения. Требуется построить математическую модель, позволяющую по исходным данным рассчитывать зависимости концентраций  $c_y(t)$  раствора и общей массы  $M_0(t)$  нерастворившихся частиц от времени.

Модель непрерывного процесса растворения монодисперсных частиц. Предположим, что на вход аппарата подаются частицы одинаковой массы  $m_0$ , их растворение не сопровождается тепловым эффектом, кинетика растворения частиц описывается уравнением вида

$$V_y \frac{dc_y}{dt} = - \int_{(m_0)} \hat{P}_0(m_0) f[m(m_0, t), c_y] dm_0, \quad c_y(0) = c_y^0.$$

Исходные данные:  $G_y$ ,  $m_0$  – соответственно расходы твердой фазы и растворителя, масса отдельной частицы, концентрация раствора на входе в аппарат;  $k_p$  – константа растворения;  $c_{yn}$  – концентрация насыщения и  $V_y$  – объем растворителя, находящегося в аппарате. Требуется построить математическую модель, позволяющую по исходным данным рассчитывать концентрацию  $c_y$  раствора и общую массу частиц, выгружаемых из аппарата в единицу времени.

В прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе» охлаждается этиловый эфир от температуры  $T_b(x=0)$  равной 300С до  $T_b(x=L)$  равной 50С. Охлаждение эфира осуществляется рассолом, поступающим из холодильной установки при температуре  $T_n(x=0)$  равной –170С. Объемный расход эфира 6,98 м<sup>3</sup>/ч, рассола – 2,61 м<sup>3</sup>/ч; диаметр внутренней трубы – 0,038 м; плотность эфира 716 кг/м<sup>3</sup> рассола – 1150 кг/м<sup>3</sup>; теплоемкость эфира – 0,514 ккал/(кг град), рассола – 0,813 ккал/(кг град); коэффициент теплопередачи – 475 ккал/(м<sup>2</sup> ч град). Найти длину теплообменника, необходимого для снижения температуры эфира до заданного значения. Определить профили температур эфира и рассола по длине теплообменника. За условный нуль принять температуру  $T_n(x=0) = -170С$ . Тогда  $T_b(x=L) = 220С$ ,  $T_n(x=0) = 00С$ ,  $T_b(x=0) = 470С$ .

Исследовать стационарный режим работы теплообменника типа «труба в трубе», используя данные, приведенные в предыдущем задании для случая противотока. Сопоставить эффективность теплообмена в обоих случаях, если длина теплообменника 60 м.

Определить необходимую длину противоточного теплообменника для охлаждения 1,6 м<sup>3</sup>/ч

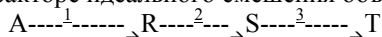
сероуглерода от температуры кипения 46,30С до 220С. Охлаждающая вода нагревается до 250С. Диаметр внутренней трубы теплообменника 0,075 м; расход охлаждающей воды 0,32 м<sup>3</sup>/ч; плотность сероуглерода – 129 кг/м<sup>3</sup>, воды – 998 кг/м<sup>3</sup>; теплоемкость сероуглерода – 0,32

ккал/(кг град), воды – 0,999 ккал/(кг град); коэффициент теплопередачи – 168 ккал/(м<sup>2</sup> кг град).

Для найденной длины теплообменника в предыдущем задании исследовать стационарный режим прямоточного теплообменника. Установить, какую температуру приобретает охлаждаемый поток. Определить профили температур по длине теплообменника.

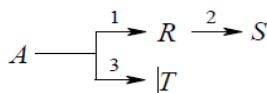
Для обратимой экзотермической реакции  $A \rightleftharpoons R$  найдены:  $K_{C,298}=19,0$ ;  $\Delta H = -75000$  Дж/моль;  $k_1=3 \cdot 10^7 \cdot \exp(-48600/RT)$  мин<sup>-1</sup>. Найти оптимальный профиль температуры для реактора идеального вытеснения и оптимальную температуру для аппарата полного смешения  $X_A=0,60$ , если верхний предел температуры составляет 650С.

В реакторе идеального смешения объемом  $V = 2$  м<sup>3</sup> проходит реакция



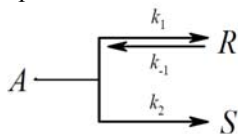
Константы скорости реакций, (с<sup>-1</sup>):  $k_1 = 0,002$ ;  $k_2 = 0,003$ ;  $k_3=0,001$ . На входе в реактор концентрации веществ R, S и T равны нулю. Изменения плотности реакционной массы не происходит. Определить степени конверсии исходного реагента A и скорости его подачи в реактор при которых достигается максимальные относительные концентрации промежуточных продуктов R и S.

В непрерывнодействующем реакторе идеального смешения проходит реакция



где R – продукт реакции. Константы скорости реакций (с<sup>-1</sup>):  $k_1 = 0,00021$ ;  $k_2 = 0,00035$ ;  $k_3=0,00018$ . На входе в реактор концентрации продуктов реакций равны нулю. Плотность реакционной смеси не меняется. Определить относительную максимальную концентрацию продукта R; степень превращения исходного вещества A; относительные концентрации остальных продуктов.

При изучении системы параллельных реакций



установлены первые порядки всех реакций и следующее соотношение констант скорости:  $k_1:k_{-1}:k_2=10:1:1$ .

Рассчитать для реактора полного смешения кривые зависимости селективности и выхода продукта R от степени конверсии. Определить степень конверсии исходного реагента A, при которой достигается максимальный выход продукта R.

## 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. 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
<i>С. И. Дворецкий</i> Моделирование систем : учебник / С. И. Дворецкий [и др.]. - М. : Академия, 2009. - 316 с.	Библиотека НИ РХТУ	Да
<i>Бочкарев, В. В.</i> 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
<i>Егоров, А. Ф.</i> Интегрированные автоматизированные системы управления химическими производствами и предприятиями : учебное пособие для вузов / А. Ф. Егоров. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 248 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13871-9.	Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://urait.ru/bcode/467110">https://urait.ru/bcode/467110</a> (дата обращения: 30.11.2021).	Да

#### б) дополнительная литература

Дополнительная литература	Режим доступа	Обеспеченность
<i>Сухарев, А. Г.</i> 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
<i>Сухарев, А. Г.</i> Методы оптимизации : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / А. Г. Сухарев, А. В. Тимохов, В. В. Федоров. — 3-е изд., испр. и	Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://urait.ru/bcode/444155">https://urait.ru/bcode/444155</a> (дата обращения: 25.11.2021).	Да



доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 367 с. — (Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-3859-3.		
Сирота, А. А. Компьютерное моделирование и оценка эффективности сложных систем : учеб. пособ. / А. А. Сирота. - М. : Техносфера, 2006. - 279 с.	Библиотека НИ РХТУ	Да
Компьютерные программы для решения задач многоцелевой оптимизации в химической технологии : учебное пособие для вузов / В. А. Холоднов, Д. А. Краснобородько, Р. Ю. Кулишенко, М. Ю. Лебедева. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 196 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14875-6.	Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://urait.ru/bcode/484243">https://urait.ru/bcode/484243</a> (дата обращения: 30.11.2021).	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)</a> - EMDEPT - DreamSpark Premium <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 e5: 100039214))	неограничено	бессрочная лицензия
2.	Операционная система - MS Windows 10	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)</a> - EMDEPT - DreamSpark Premium <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 e5: 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="http://e5.onthehub.com/WebStore/Welcome.aspx?vsro=8&amp;ws=9f5a10ad-c98b-e011-969d-0030487d8897">The Novomoskovsk university (the branch)</a> - EMDEPT - DreamSpark Premium <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 e5: 100039214))	неограничено	бессрочная лицензия

		<a href="http://e5.onthehub.com/WebStore/Welcome.aspx?vsro=8&amp;ws=9f5a10ad-c98b-e011-969d-0030487d8897">university (the branch) - EMDEPT - DreamSpark Premium http://e5.onthehub.com/WebStore/Welcome.aspx?vsro=8&amp;ws=9f5a10ad-c98b-e011-969d-0030487d8897</a> . Номер учетной записи e5: 100039214))		
4.	Интернет браузер (Edge, Internet Explorer) как часть MS Windows	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 учетной записи e5: 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 Общие сведения о моделях и компьютерном моделировании	<p><b>Знает:</b> способы реализации математических моделей</p> <p><b>Умеет:</b> составлять системы математических уравнений при разработке математических моделей;</p> <p><b>Владеет:</b> Владеет способами планирования работы для решения поставленных задач</p>	Ответы у доски во время практических занятий
Раздел 2. Экспериментальный метод построения моделей технологических объектов	<p><b>Знает:</b> все виды балансных, кинетических и вспомогательных уравнений, используемых при разработке математических моделей; основные статистические уравнения и критерии, используемые при обработке экспериментальных данных; способы реализации математических моделей</p> <p><b>Умеет:</b> -выполнять математический анализ экспериментальных данных с целью определения параметров для моделирования процессов и аппаратов; составлять системы математических уравнений при разработке математических моделей; -разрабатывать программы для ЭВМ при реализации математических моделей; следовать математические модели на ЭВМ с целью оптимизации технологических процессов</p> <p><b>Владеет:</b> -методами обработки экспериментальных данных и использования их результатов для обоснования параметров математических моделей; -навыками использования программного обеспечения ЭВМ при разработке математических моделей</p>	Ответы у доски во время практических занятий.
Раздел 3. Аналитический метод построения моделей технологических объектов	<p><b>Знает:</b> все виды балансных, кинетических и вспомогательных уравнений, используемых при разработке математических моделей; основные статистические уравнения и критерии, используемые при обработке экспериментальных данных; способы реализации математических моделей</p> <p><b>Умеет:</b> -выполнять математический анализ экспериментальных данных с целью определения параметров для моделирования процессов и аппаратов; составлять системы математических уравнений при разработке математических моделей; -разрабатывать программы для ЭВМ при реализации математических моделей; следовать математические модели на ЭВМ с целью оптимизации технологических процессов</p> <p><b>Владеет:</b> -методами обработки экспериментальных данных и использования их результатов для обоснования параметров математических моделей; -навыками использования программного обеспечения ЭВМ при разработке математических моделей</p>	Ответы у доски во время практических занятий

**АННОТАЦИЯ**  
**рабочей программы дисциплины**  
**Б1.В.ДВ.03.01 Компьютерные системы моделирования для решения задач химической технологии**

**1. Общая трудоемкость** (з.е./ ак. час): 4 / 144. Форма промежуточного контроля: зачет. Дисциплина изучается на 1 курсе в 2 семестре.

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

Дисциплина **Б1.В.ДВ.03.01 Компьютерные системы моделирования для решения задач химической технологии** относится к части, формируемая участниками образовательных отношений 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 изучения дисциплины является формирование системы знаний, умений и навыков в области разработки и применения математических моделей химико-технологических процессов и аппаратов.

Задачи преподавания дисциплины:

- изучение методов составления полной системы математических уравнений, описывающих предмет моделирования;
  - формирование умения реализовать математические модели ХТП на ЭВМ;
  - формирование навыков проведения компьютерных исследований моделируемых объектов
- ;

**4. Содержание дисциплины**

**Раздел 1. Общие сведения о моделях и компьютерном моделировании**

**1.1. Методология компьютерного моделирования.**

Понятие триады: модель – алгоритм – программа; структурный анализ модели; аналитическое исследование модели; стратегическое и тактическое планирование вычислительного эксперимента; технология компьютерного моделирования; фаза прогноза (имитации).

**1.2. Определение понятия "модель" и классификация моделей**

Математическая структура модели; детерминированные и стохастические соотношения; целевая функция; примеры математических моделей технологических объектов; Общие сведения о методах построения математической модели технологических объектов; классификация методов построения математической модели

**Раздел 2. Экспериментальный метод построения моделей технологических объектов**

**2.1. Активный метод исследования статистики технологических объектов.**

Построение структурной, функциональной и экспериментальной модели. Критерии планирования экспериментальной модели; моделировании стохастических систем; построение математической модели статистики технологических объектов;

**2.2 Построение простой модели статистики объекта.**

Построение модели статистики объекта с одной входной и одной выходной переменными; интерполирование с помощью сплайн-функций (сплайнов); наилучшее приближение функции, заданной таблично (аппроксимация); сглаживание сеточных функций методом "скользящего среднего"; сглаживание методом четвертых разностей; метод наименьших квадратов и регуляризация; приближение функций с помощью нейронных сетей; слоистые и полносвязные сети.

**2.3 Построение сложной модели статистики объекта**

Построение модели статистики объекта с двумя входными и выходной переменными; линейные (корреляционные) и нелинейные уравнения регрессии; понятие доверительного интервала. Доверительная вероятность; множественная регрессия;

**2.4. Экспертные оценки**

Метод Дельфи; задача определения значения некоторого числа  $N$ ; метод задания весовых коэффициентов; метод последовательных сравнений; установление степени согласованности мнений экспертов.

**Раздел 3. Аналитический метод построения моделей технологических объектов.**

**3.1 Математическое описание структуры потоков в технологическом аппарате.**

Экспериментальный (импульсный) метод исследования структуры потоков в аппарате; импульсный метод исследования структуры потока в аппарате для моделей идеального смешения, идеального вытеснения; диффузионной, ячеечной и рециркуляционной модели; комбинированные модели, составленные из последовательно соединенных моделей идеального смешения и идеального вытеснения.

### 3.2. Математическое описание процессов теплообмена в технологических аппаратах

Виды расчетов теплообменных процессов; математическая модель процесса нагрева потока жидкости конденсирующимся паром, осуществляемого в рекуперативном теплообменнике; моделирование процесса диффузии газа в полый трубке; переход к дискретным моделям диффузии; разностные схемы для нелинейных уравнений диффузии; алгоритм численного решения краевой задачи диффузии; решение систем разностных уравнений методом прогонки

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. Знает методы осуществления поиска вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.2. Умеет определять в рамках выбранного алгоритма вопросы или задачи, подлежащих дальнейшей разработки
	УК-1.3 Владеет способами планирования работы для решения поставленных задач
ПК-3 Способен решать исследовательские задачи в области профессиональной деятельности методом математического моделирования	ПК-3.1. Знает принципы построения математических моделей, проверку их достоверности, последние достижения в развитии математического моделирования на основе теории искусственного интеллекта; соотношение математического и физического моделирования
	ПК-3.2. Умеет применять метод математического моделирования для решения исследовательских задач в области профессиональной деятельности
	ПК-3.3. Владеет приемами применения метода математического моделирования для исследования отдельных технологических процессов и систем, в том числе с использованием специализированных компьютерных программных средств

Знать:

- все виды балансных, кинетических и вспомогательных уравнений, используемых при разработке математических моделей;
- основные статистические уравнения и критерии, используемые при обработке экспериментальных данных;
- способы реализации математических моделей

Уметь:

- выполнять математический анализ экспериментальных данных с целью определения параметров для моделирования процессов и аппаратов;
- составлять системы математических уравнений при разработке математических моделей;
- разрабатывать программы для ЭВМ при реализации математических моделей;
- исследовать математические модели на ЭВМ с целью оптимизации технологических процессов

Владеть:

- методами обработки экспериментальных данных и использования их результатов для обоснования параметров математических моделей;
- навыками использования программного обеспечения ЭВМ при разработке математических моделей

## 6. Виды учебной работы и их объем

*Семестр 2*

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>4</b>	<b>144</b>	<b>4</b>	<b>144</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)	0,66	24	0,66	24
Часы на контроль <b>(Катт)</b>	0,01	0,3	0,01	0,3
<b>Самостоятельная работа</b>	3,05	<b>109,7</b>	3,05	<b>109,7</b>
Контактная самостоятельная работа				
Проработка лекционного материала	1,1	39,7	1,1	39,7
Подготовка к практическим занятиям	2,04	70	2,04	70
<b>Форма (ы) контроля:</b>	<b>Зачет</b>			

## Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины

Б1.В.ДВ.03.01 Компьютерные системы моделирования для решения задач химической технологии 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.