

**Северский технологический институт –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(СТИ НИЯУ МИФИ)**

**Кафедра «Машины и аппараты химических и атомных производств»**

ОДОБРЕНО  
Ученым советом СТИ НИЯУ МИФИ  
протокол № 5 от 28.06.2023

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ  
ПРОЦЕССОВ В ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ, НЕФТЕХИМИИ И  
БИОТЕХНОЛОГИИ**

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

**18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической  
технологии, нефтехимии и биотехнологии**

НАИМЕНОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**Машины и аппараты химических производств**

Форма обучения: очно-заочная

Семестр	Трудоемкость, ЗЕ	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практические занятия, час.	Лабораторные работы, час.	В форме практической подготовки / в интерактивной форме, час.	СРС, час.	Форма(ы) контроля (Э, З, ДифЗ, КР, КП)
8	2	72	4	0	8	0	60	Зач.
Итого	2	72	4	0	8	0	60	

## **Аннотация**

Рабочая программа дисциплины «Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта НИЯУ МИФИ и рабочим учебным планом по направлению подготовки (специальности) 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», образовательной программы «Машины и аппараты химических производств».

В результате освоения дисциплины, у выпускника должны быть сформированы следующие результаты обучения (РО):

### **1) знать:**

3.1 методы математического моделирования процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;

3.2 методы определения энерго- и ресурсосберегающих режимов работы технологического оборудования.

### **2) уметь:**

У.1 использовать численные методы для решения математических задач, использовать языки программирования для решения профессиональных задач;

У.2 осуществлять моделирование процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

### **3) владеть или быть в состоянии продемонстрировать:**

В.1 методы построения математических моделей процессов химической технологии и интерпретации полученных результатов;

В.2 методы математической статистики для обработки результатов экспериментов.

## **1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» являются:

формирование у студентов методологии и практических приемов, используемыми для моделирования производственных процессов, их оптимизации и управления ими

Основными задачами дисциплины являются:

– научиться применять математическое моделирование при анализе и оценке ресурсоэффективности химико-технологических процессов;

– сформировать способности выполнять расчеты химико-технологических процессов с использованием математических моделей и современных прикладных программ;

– сформировать навыки самостоятельного проведения исследований с использованием современных компьютерных технологий.

## **2 Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО**

Дисциплина «Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (Б1.В.ОД.1.6) - Профессиональный модуль образовательной программы.

### 3 Формируемые компетенции и планируемые результаты обучения

Универсальные и общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-8 Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов	<p><b>З-УК-8</b> Знать: требования, предъявляемые к безопасности условий жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций и пути обеспечения комфортных условий труда на рабочем месте</p> <p><b>У-УК-8</b> Уметь: обеспечивать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций и комфортные условия труда на рабочем месте; выявлять и устранять проблемы, связанные с нарушениями техники безопасности на рабочем месте</p> <p><b>В-УК-8</b> Владеть: навыками предотвращения возникновения чрезвычайных ситуаций (природного и техногенного происхождения) на рабочем месте</p>

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
<b>тип задач профессиональной деятельности: технологический</b>			
1. обеспечение безопасной эксплуатации и технического обслуживания оборудования; 2. проведение регламентных работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования; 3. участие в осуществлении мероприятий по охране труда и окружающей среды на основе требований промышленной безопасности и других нормативных документов. 4. обеспечение заданных параметров технологических процессов и качества продукции 5. анализ технологических процессов с целью оптимизации работы оборудования	- промышленные установки, включая системы автоматизированного управления; - системы автоматизированного проектирования; - сооружения очистки сточных вод и газовых выбросов, переработки отходов, утилизации теплоэнергетических потоков и вторичных материалов; - методы и средства оценки состояния окружающей среды и защиты ее от антропогенного воздействия; - действующие многоассортиментные производства химической и смежных отраслей промышленности.	<b>ПК-1.2</b> способен обеспечивать соблюдение заданных параметров технологического процесса и качество продукции	<p><b>З-ПК-1.2</b> Знать: параметры технологических процессов и требования, предъявляемые к качеству продукции</p> <p><b>У-ПК-1.2</b> Уметь: применять полученные знания для соблюдения заданных параметров технологического процесса и качества продукции</p> <p><b>В-ПК-1.2</b> Владеть: способами моделирования технологических процессов</p>

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
<p>1. обеспечение безопасной эксплуатации и технического обслуживания оборудования; 2. проведение регламентных работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования; 3. участие в осуществлении мероприятий по охране труда и окружающей среды на основе требований промышленной безопасности и других нормативных документов. 4. обеспечение заданных параметров технологических процессов и качества продукции 5. анализ технологических процессов с целью оптимизации работы оборудования</p>	<p>- промышленные установки, включая системы автоматизированного управления; - системы автоматизированного проектирования; - сооружения очистки сточных вод и газовых выбросов, переработки отходов, утилизации теплоэнергетических потоков и вторичных материалов; - методы и средства оценки состояния окружающей среды и защиты ее от антропогенного воздействия; - действующие многоассортиментные производства химической и смежных отраслей промышленности.</p>	<p><b>ПК-1.3</b> способен анализировать технологический процесс для оптимизации работы оборудования химических, радиохимических, специальных и нефтехимических производств</p>	<p><b>З-ПК-1.3</b> Знать: методы анализа технологических процессов  <b>У-ПК-1.3</b> Уметь: применять методы анализа технологических процессов для оптимизации работы оборудования химических, радиохимических, специальных и нефтехимических производств  <b>В-ПК-1.3</b> Владеть: современными методами инженерных расчетов, в том числе, с применением ЭВМ</p>
<p>1. обеспечение безопасной эксплуатации и технического обслуживания оборудования; 2. проведение регламентных работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования; 3. участие в осуществлении мероприятий по охране труда и окружающей среды на основе требований промышленной безопасности и других нормативных документов. 4. обеспечение заданных параметров технологических</p>	<p>- промышленные установки, включая системы автоматизированного управления; - системы автоматизированного проектирования; - сооружения очистки сточных вод и газовых выбросов, переработки отходов, утилизации теплоэнергетических потоков и вторичных материалов; - методы и средства оценки состояния окружающей среды и защиты ее от антропогенного воздействия; - действующие многоассортиментные производства</p>	<p><b>ПК-6</b> Способен обосновывать конкретные технические решения при разработке технологических процессов и выбирать технические средства и технологии, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду</p>	<p><b>З-ПК-6</b> Знать: технические характеристики установок и оборудования, а также технологии, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду  <b>У-ПК-6</b> Уметь: выбирать, рассчитывать и устанавливать в технологических процессах оборудование и механизмы, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду  <b>В-ПК-6</b> Владеть: методиками поиска, сбора и обработки информации по обоснованию разрабатываемых технологических процессов</p>

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
процессов и качества продукции 5. анализ технологических процессов с целью оптимизации работы оборудования	химической и смежных отраслей промышленности.		

#### 4 Воспитательный потенциал учебной дисциплины

Воспитательный потенциал дисциплины «Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» отражен в Рабочей программе воспитания в Северском технологическом институте – филиале федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (<http://www.ssti.ru/education.html>/Информация по образовательным программам).

#### 5 Структура и содержание учебной дисциплины

##### 5.1 Основные разделы дисциплины, трудоемкость и виды учебной работы

Настоящая рабочая программа составлена для формы обучения «очно-заочная» по направлению 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», образовательной программе «Машины и аппараты химических производств».

Общая трудоемкость дисциплины составляет в **зачетных единицах – 2, 72 час.**, обучение по дисциплине проходит в **семестре 8**.

Дисциплина (модуль) содержит **разделы:**

- **раздел 1** – «Методологические основы построения математических моделей процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»
- **раздел 2** – «Математические модели»

Трудоемкость, формы и график контроля по разделам дисциплины представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Трудоемкость, формы и график контроля отдельных разделов дисциплины

№	Наименование раздела	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость, час				Аттестационные мероприятия		Макс. балл за раздел
		Лекции	Практ. занятия	Лабор. работы	Самост. работа	Текущий контроль (нед/форма)	Аттестация раздела (нед/форма)	
<b>8 семестр (15 недель)</b>								
1	Методологические основы построения	2		2	20	8/ЛР1	11/Т1	20

	математических моделей процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии							
2	Математические модели	2		6	40	10/ЛР2, 12/ЛР3, 14/ЛР4	15/Т2	40
	Зачет							40
<b>Итого за 8 семестр:</b>		4		8	60			100

В таблице 2 представлено соответствие содержания каждого раздела и результатов обучения, что позволяет оценить их вклад в достижение целей курса.

Таблица 2 – Соответствие содержания требуемым результатам обучения

<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>	<b>Номера разделов</b>	<b>Аттестационные мероприятия</b>
– Знать: параметры технологических процессов и требования, предъявляемые к качеству продукции ( <b>З-ПК-1.2</b> )	1, 2	ЛР1, Т1, ЛР3, ЛР4, Т2, Зачет (8 сем.)
– Уметь: применять полученные знания для соблюдения заданных параметров технологического процесса и качества продукции ( <b>У-ПК-1.2</b> )	2	ЛР2, ЛР3, ЛР4, Т2, Зачет (8 сем.)
– Владеть: способами моделирования технологических процессов ( <b>В-ПК-1.2</b> )	1, 2	ЛР1, Т1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, Т2, Зачет (8 сем.)
– Знать: методы анализа технологических процессов ( <b>З-ПК-1.3</b> )	1, 2	ЛР1, Т1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, Т2, Зачет (8 сем.)
– Уметь: применять методы анализа технологических процессов для оптимизации работы оборудования химических, радиохимических, специальных и нефтехимических производств ( <b>У-ПК-1.3</b> )	1, 2	ЛР2, ЛР3, ЛР4, Т2, Зачет (8 сем.)
– Владеть: современными методами инженерных расчетов, в том числе, с применением ЭВМ ( <b>В-ПК-1.3</b> )	1, 2	ЛР1, Т1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, Т2, Зачет (8 сем.)
– Знать: технические характеристики установок и оборудования, а также технологии, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду ( <b>З-ПК-6</b> )	1, 2	Т1, Т2, Зачет (8 сем.)
– Уметь: выбирать, рассчитывать и устанавливать в технологических процессах оборудование и механизмы, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду ( <b>У-ПК-6</b> )	2	Т2, Зачет (8 сем.)
– Владеть: методиками поиска, сбора и обработки информации по обоснованию разрабатываемых технологических процессов ( <b>В-ПК-6</b> )	1, 2	ЛР1, Т1, ЛР3, ЛР4, Т2, Зачет (8 сем.)

– Знать: требования, предъявляемые к безопасности условий жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций и пути обеспечения комфортных условий труда на рабочем месте ( <b>З-УК-8</b> )	1, 2	ЛР1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, Т2, Зачет (8 сем.)
– Уметь: обеспечивать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций и комфортные условия труда на рабочем месте; выявлять и устранять проблемы, связанные с нарушениями техники безопасности на рабочем месте ( <b>У-УК-8</b> )	1, 2	Т1, Т2, Зачет (8 сем.)
– Владеть: навыками предотвращения возникновения чрезвычайных ситуаций (природного и техногенного происхождения) на рабочем месте ( <b>В-УК-8</b> )	2	Т2, Зачет (8 сем.)

## 5.2 Содержание лекционного курса дисциплины

Содержание лекционного курса дисциплины представлено в таблице 4.

Таблица 3 – Содержание и трудоемкость лекционного курса по разделам в целом по дисциплине

Содержание разделов / тематика разделов	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
<b>Раздел 1 Методологические основы построения математических моделей процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</b>	
<b>1.1 Математическое моделирование как современный метод анализа и синтеза химико-технологических процессов.</b> Математическое моделирование – перспективное направление совершенствования химико-технологических и нефтехимических процессов. Сущность и цели математического моделирования объектов химической технологии.	1
<b>1.2 Кинетические модели химических реакций.</b> Краткие сведения из химической кинетики, скорость химической реакции, закон действующих масс. Кинетические модели гомогенных химических реакций. Кинетические модели гетерогенных химических реакций.	1
<i>Итого по разделу 1:</i>	2
<b>Раздел 2 Математические модели</b>	
<b>2.1 Типовые математические модели структуры потоков в аппаратах.</b> Структура потоков – гидродинамическая основа математических моделей. Модель идеального перемешивания, идеального вытеснения, диффузионные модели. Адекватность моделей структуры потоков. Экспериментально-аналитические методы определения кривых отклика, кривые отклика типовых процессов.	1

Содержание разделов / тематика разделов	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
<b>2.2 Модели тепловых процессов. Модели массообменных процессов.</b> Основные уравнения тепловых процессов. Модели теплообменных аппаратов, модели идеального вытеснения и идеального перемешивания. Равновесные и балансовые соотношения в процессах массопередачи. Гидродинамические основы процессов массопередачи. Механизм переноса вещества и законы диффузии, основы кинетики процесса массопередачи. Исследование процессов аналитическими и численными методами. Исследование стационарного режима работы теплообменного аппарата при постоянной температуре греющего пара.	1
<i>Итого по разделу 2:</i>	2
<b>Всего по теоретическому разделу дисциплины:</b>	<b>4</b>

### 5.3 Содержание лабораторного практикума

В таблице 4 представлено содержание и трудоемкость лабораторного практикума дисциплины.

Таблица 4 – Содержание и трудоемкость лабораторного практикума дисциплины

Перечень лабораторных работ по разделам и их содержание	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
<b>Раздел 1 Методологические основы построения математических моделей процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</b>	
<b>1.1 Определение термодинамических параметров реакции.</b>	2
<i>Итого по разделу 1:</i>	2
<b>Раздел 2 Математические модели</b>	
<b>2.1 Дифференциальные уравнения в химии .</b>	2
<b>2.2 Расчет основных характеристик реакторов.</b>	2
<b>2.3 Оптимизация химических процессов.</b>	2
<i>Итого по разделу 2:</i>	6
<b>Всего по лабораторному практикуму дисциплины:</b>	<b>8</b>

### 5.4 Тематика практических / семинарских занятий

Практические/семинарские занятия в соответствии с рабочим учебным планом не предусмотрены.

### 5.5 Курсовое проектирование

Курсовая работа/проект в соответствии с рабочим учебным планом не предусмотрены.

## 6 Образовательные технологии

При проведении лекций используются следующие образовательные технологии: IT-методы, Методы проблемного обучения.



При проведении лабораторных работ используются следующие образовательные технологии: Работа в команде, Поисковый метод.

Для организации самостоятельной работы используются следующие образовательные технологии: IT-методы, Опережающая самостоятельная работа.

## 7 Аннотация фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационные мероприятия
ПК-1.2	З-ПК-1.2	ЛР1, Т1, ЛР3, ЛР4, Т2, Зачет (8 сем.)
ПК-1.2	У-ПК-1.2	ЛР2, ЛР3, ЛР4, Т2, Зачет (8 сем.)
ПК-1.2	В-ПК-1.2	ЛР1, Т1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, Т2, Зачет (8 сем.)
ПК-1.3	З-ПК-1.3	ЛР1, Т1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, Т2, Зачет (8 сем.)
ПК-1.3	У-ПК-1.3	ЛР2, ЛР3, ЛР4, Т2, Зачет (8 сем.)
ПК-1.3	В-ПК-1.3	ЛР1, Т1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, Т2, Зачет (8 сем.)
ПК-6	З-ПК-6	Т1, Т2, Зачет (8 сем.)
ПК-6	У-ПК-6	Т2, Зачет (8 сем.)
ПК-6	В-ПК-6	ЛР1, Т1, ЛР3, ЛР4, Т2, Зачет (8 сем.)
УК-8	З-УК-8	ЛР1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, Т2, Зачет (8 сем.)
УК-8	У-УК-8	Т1, Т2, Зачет (8 сем.)
УК-8	В-УК-8	Т2, Зачет (8 сем.)

**Шкалы оценки образовательных достижений.** Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего (**60 баллов**) и промежуточного контроля (**40 баллов**). Для допуска к промежуточному контролю по дисциплине студенту в течение календарного модуля необходимо набрать не менее 60% баллов при условии сдачи **всех** дисциплинарных разделов. Раздел считается сданным, если выполнены все виды контроля и набрано по ним не менее 60 % баллов от максимального по разделу.

В соответствии с учебным планом промежуточная аттестация в конце семестра осуществляется в форме Зачета.

### Аттестация в 8 семестре:

Вид контроля	Наименование видов контроля	Максимальная положительная оценка в баллах	Минимальная положительная оценка в баллах
<b>Текущая аттестация</b>			
ЛР1	Лабораторная работа	10	6
Т1	Тестирование	10	6
ЛР2	Лабораторная работа	10	6
ЛР3	Лабораторная работа	10	6
ЛР4	Лабораторная работа	10	6
Т2	Тестирование	10	6
<b>Сумма:</b>		<b>60</b>	<b>36</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>			

Зачет	40	24
<b>Итого:</b>	<b>100</b>	<b>60</b>

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов по дисциплине	100–90	89–85	84–75	74–70	69–65	64–60	ниже 60
Оценка (ECTS)	A	B	C	D		E	F
Оценка по 4-х бальной шкале	отлично (отл.)	хорошо (хор.)			удовлетворительно (удовл.)		неудовлетворительно (неуд.)
Зачет	Зачтено						Не зачтено

Оценка *«отлично»* выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.

Оценка *«хорошо»* выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

Оценка *«удовлетворительно»* выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.

Оценка *«неудовлетворительно»* выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка *«неудовлетворительно»* ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

#### Вопросы для Зачета (8 семестр):

- 1 Применение систем линейных и нелинейных уравнений
- 2 Способы решения систем линейных и нелинейных
- 3 Применение дифференциальных уравнений
- 4 Построение кинетической модели гомогенной химической реакции
- 5 Типы химических реакций, понятия скорости реакции, порядка реакции, закон действующих масс
- 6 Способы решения дифференциальных уравнений
- 7 Применение регрессионного анализа
- 8 Как находятся коэффициенты в уравнении регрессии и коэффициент корреляции?  
Что означают эти величины
- 9 Понятие энергии активации, нахождение энергии активации и порядка реакции с помощью регрессионного анализа
- 10 Классификация реакторов. Типовые математические модели структуры потоков в аппаратах
- 11 Описать методику моделирования гидродинамики реакторов идеального смешения и вытеснения (материальный и тепловой балансы)
- 12 Как осуществляется оптимизация химических процессов
- 13 От чего зависит степень превращения веществ? Как математически она описывается для реактора идеального смешения, вытеснения и ячеечной модели
- 14 Основные принципы моделирования тепловых процессов химической технологии

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины**

### **8.1 Основная литература**

Л1.1 Общая химическая технология [Текст]: учебник для вузов: в 2 частях / под ред. И. П. Мухленова - М.: Альянс, 2016Ч. 1: Теоретические основы химической технологии: Ч. 1: Теоретические основы химической технологии / И. П. Мухленов [и др.] - 254, [2] с.

Л1.2 Общая химическая технология. Основные концепции проектирования химико-технологических систем [Текст]: учебник / И. М. Кузнецова [и др.]; под ред. Х. Э. Харлампиدي - Санкт-Петербург: Лань, 2014 - 381 с.

Л1.3 Общая химическая технология: учебник для вузов: в 2 частях / под ред. И. П. Мухленова - М.: Альянс, 2009Ч. 2: Важнейшие химические производства: Ч. 2: Важнейшие химические производства / И. П. Мухленов [и др.] - 263, [1] с.

Л1.4 Советов Б. Я. Моделирование систем: Учебник Для академического бакалавриата / Советов Б. Я., Яковлев С. А. - Москва: Юрайт, 2019 - 343 с

### **8.2 Дополнительная литература**

Л2.1 Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологических процессов [Текст]: учебник / И. М. Кузнецова [и др.] - Санкт-Петербург: Лань, 2013 - 448 с.

Л2.2 Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков; под ред. П. Г. Романкова - М.: Альянс, 2013 - 576 с.

Л2.3 Процессы и аппараты химической технологии: учебное пособие для вузов / А. А. Захарова [и др.]; под ред. А. А. Захаровой - М.: Академия, 2006 - 521, [7] с.

Л2.4 Советов Б. Я. Моделирование систем. Практикум: Учебное пособие для бакалавров / Советов Б. Я., Яковлев С. А. - Москва: Юрайт, 2019 - 295 с

Л2.5 Харлампиди Х. Э. Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологических процессов [Электронный ресурс] / Харлампиди Х. Э. - Санкт-Петербург: Лань, 2021 - 448 с.

### **8.3 Информационно-образовательные ресурсы**

Э1 Интегрированный пакет офисных приложений MS Office (приложения Word, Excel, Mathcad).

Э2 Рекомендуемые Интернет-ресурсы для организации самостоятельной работы:

Э3 <http://library.merphi.ru> - Распределенный сводный каталог библиотек институтов НИЯУ МИФИ;

Э4 <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека.

## **9 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины**

Материально-техническое обеспечение дисциплины приведено на сайте СТИ НИЯУ МИФИ <http://www.ssti.ru/objects.html>

## **10 Учебно-методические рекомендации для студентов**

Самостоятельная работа студентов – это планируемая учебная и внеаудиторная работа студентов, выполняемая по заданию преподавателя и под его методическим руководством, но без его непосредственного участия.

Целью самостоятельной работы студентов является приобретение новых знаний, систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов.

**Лекции.** Рекомендации по написанию конспекта лекций: кратко, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения: помечать основные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь (тезаурус). Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на следующем занятии или консультации.

**Лабораторные работы.** Подготовка к лабораторной работе включает в себя работу с конспектом лекций, рекомендуемой литературой, подготовку ответов к контрольным вопросам для допуска к выполнению лабораторной работы, написание отчета.

Лабораторные занятия проводятся в специализированных лабораториях института.

Прежде чем начать занятия в данной лаборатории студент знакомится с правилами техники безопасности, о чем расписывается в журнале. В лабораториях кафедры запрещается находиться в верхней одежде. На рабочем столе должно находиться только необходимое оборудование и приборы для записей и расчетов. Запрещается класть на рабочий стол сумки, пакеты, шапки и другие посторонние предметы. Студент приступает к выполнению лабораторной работы только после ознакомления с описанием работы и подготовки к ней. Запрещается включать какие-либо приборы или без предварительной проверки их преподавателем или лаборантом. После окончания работы студент должен сдать лаборанту выданные принадлежности, привести в порядок рабочее место, получить отметку в журнале о выполнении работы, предъявив для этого полученные результаты преподавателю.

Не начинайте выполнение опыта пока не уясните себе полностью его цель, метод и не составите план проведения опыта. Так как время проведения опыта ограничено учебными часами, отведенными на него, то всю подготовку необходимо провести самостоятельно до занятий.

Для записи результатов измерения в отчете должны быть заранее подготовлены таблицы, включающие как сами измерения, так и их погрешности.

К следующему занятию студент готовит очередную работу и предъявляет отчет о работе, выполненной на предыдущем занятии. Работа считается окончательно сданной после защиты отчета. Студент должен оформить отчет по прилагаемой форме:

- 1) название работы;
- 2) цель работы;
- 3) краткие сведения из теории, схема установки и основные рабочие формулы;
- 4) результаты измерений, представленные в виде таблиц и графиков;
- 5) расчет искомой величины и ее значение;
- 6) расчет ошибки измерения;
- 7) окончательный результат, полученный после округления, с указанием абсолютной и относительной ошибок измерения;
- 8) выводы, заключение о достижении цели, поставленной данной работой, с анализом полученного результата.

**Промежуточная аттестация.** Для подготовки к промежуточной аттестации студенту необходимо проработать конспекты лекционных и практических занятий, подготовить ответы к вопросам, выносимым на промежуточную аттестацию, при необходимости воспользоваться рекомендуемой литературой.

## **11 Учебно-методические рекомендации для преподавателей**

На лекционных, лабораторных занятиях студентам сообщаются новые сведения, систематизируется и обобщается накопленный запас знаний, формируются на этой основе познавательные и профессиональные интересы. Преподаватель, проводя занятия, должен

стремиться увлечь студентов, активно воздействовать на их эмоции, вызвать интерес к учебному предмету, стремление постоянно пополнять знания.

Самостоятельная работа студентов по данному курсу

- Проработка лекционного материала
- Подготовка к лабораторным работам
- Оформление отчетов по лабораторным работам
- Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса
- Подготовка к промежуточному контролю: Зачет (8 семестр)

В течение 8 семестра осуществляется контроль знаний студентов: см. раздел 5.1.

По результатам аттестационных мероприятий формируется допуск студента к итоговому контролю – Зачету по дисциплине. Студент на Зачете должен показать знание программного материала, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагать, уметь тесно увязывать теорию с практикой, использовать в ответе материал рекомендуемой литературы.

\*\*\*

Автор(ы): Е.А. Будко