

**Северский технологический институт –**

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

**(СТИ НИЯУ МИФИ)**

**Кафедра «Химии и технологии материалов современной энергетики»**

ОДОБРЕНО  
Ученым советом СТИ НИЯУ МИФИ  
протокол № 5 от 28.06.2023

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЯДЕРНОГО  
ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА**

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

**14.04.02 Ядерные физика и технологии**

НАИМЕНОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**Ядерные энерготехнологии нового поколения**

Форма обучения: очная

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)
3	2	72	0	0	16	0	56	Зач.
4	3	108	0	0	32	16	76	Экз.
Итого	5	180	0	0	48	16	132	

## Аннотация

Рабочая программа дисциплины «Моделирование технологических процессов ядерного топливного цикла» составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта НИЯУ МИФИ и рабочим учебным планом по направлению подготовки (специальности) 14.04.02 «Ядерная физика и технологии», образовательной программы «Ядерные энерготехнологии нового поколения».

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

### 1) **знать:**

3.1 области применения систем дифференциальных уравнений, линейных и нелинейных уравнений, а также регрессионного анализа при моделировании процессов ядерно-топливного цикла

3.2 экспериментальные методы исследования структуры потоков

3.3 типовые модели структуры потоков в аппаратах

3.4 основные принципы моделирования технологических процессов ядерно-топливного цикла

3.5 основные приемы оптимизации технологических процессов ядерно-топливного цикла

### 2) **уметь:**

У.1 подбирать справочную и нормативно-техническую литературу

У.2 использовать компьютерную технику для моделирования процессов ядерно-топливного цикла и обработки экспериментальных данных

У.3 интерпретировать результаты, делать выводы, давать рекомендации

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

В.1 навыками использования универсальных и специализированных пакетов программ на персональных компьютерах

В.2 навыками моделирования технологических процессов ядерно-топливного цикла

В.3 навыками выполнения кинетических расчетов для технологических процессов ядерно-топливного цикла

## 1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями освоения дисциплины «Моделирование технологических процессов ядерного топливного цикла» являются:

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

Основными задачами дисциплины являются:

- приобретение навыков, необходимых для построения математических моделей процессов ядерно-топливного цикла, отражающих механизм процесса или, по крайней мере, правильно описывающих эмпирическую зависимость одной наблюдаемой в эксперименте величины от другой или нескольких других величин, с использованием современных средств вычислительной техники

- приобретение знаний, необходимых для планирования эксперимента и для умелого использования свойств вещества в технологических целях, с использованием современных средств вычислительной техники

- умение владеть элементами программирования, необходимыми операторскими навыками и быть способными к разумному использованию современных пакетов прикладных и математических программ

## 2 Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Моделирование технологических процессов ядерного топливного цикла» (Б1.В.ОД.1.6) - Профессиональный модуль образовательной программы.

## 3 Формируемые компетенции и планируемые результаты обучения

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: проектный</b>			
комплексное проектирование по принципу CDIO: планирование, проектирование, производство и применение реальных систем, процессов и продуктов в атомной отрасли и других высокотехнологичных секторах экономики	ядерные энерготехнологии нового поколения на базе реакторов на быстрых нейтронах (БН, БРЕСТ) с замкнутым ядерным топливным циклом для атомных электростанций, обеспечивающих потребности страны в энергоресурсах и повышение эффективности использования природного урана и отработавшего ядерного топлива	<b>ПК-5</b> Способен проводить расчет и проектирование физических установок и приборов с использованием современных информационных технологий	<b>З-ПК-5</b> Знать основные физические законы и стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов и установок <b>У-ПК-5</b> Уметь применять стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов и установок <b>В-ПК-5</b> Владеть стандартными прикладными пакетами используемыми при моделировании физических процессов и установок
<b>тип задач профессиональной деятельности: экспертный</b>			
анализ технологий получения новых видов топлива и материалов для ядерной энергетики	ядерные энерготехнологии нового поколения на базе реакторов на быстрых нейтронах (БН, БРЕСТ) с замкнутым ядерным топливным циклом для атомных электростанций, обеспечивающих	<b>ПК-11</b> Способен к анализу технических и расчетно-теоретических разработок, к учету их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам	<b>З-ПК-11</b> Знать законодательные и нормативные акты регулирующие деятельность в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности <b>У-ПК-11</b> Уметь проводить анализ технических и расчетно-теоретических разработок с учетом их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим

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
	потребности страны в энергоресурсах и повышение эффективности использования природного урана и отработавшего ядерного топлива		нормативным актам <b>В-ПК-11</b> владеть методами анализа технических и расчетно-теоретических разработок, и учета их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам

#### 4 Воспитательный потенциал учебной дисциплины

Формирование воспитательного потенциала по данным образовательным программам не предусмотрено рабочей программой воспитания в Северском технологическом институте – филиале федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».

#### 5 Структура и содержание учебной дисциплины

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

Настоящая рабочая программа составлена для формы обучения «очная» по направлению 14.04.02 «Ядерные физика и технологии», образовательной программе «Ядерные энерготехнологии нового поколения».

Общая трудоемкость дисциплины составляет в **зачетных единицах – 5, 180 час.**, обучение по дисциплине проходит в **семестре 3, 4.**

Дисциплина (модуль) содержит **разделы:**

– **раздел 1** – «Расчет кинетических параметров процесса. Применение систем линейных, нелинейных, дифференциальных уравнений и регрессионного анализа при моделировании процессов ЯТЦ»

– **раздел 2** – «Гидродинамические модели. Модели реакторов. Модели теплообменных аппаратов»

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>3 семестр (18 недель)</b>								
1	Расчет кинетических параметров процесса. Применение систем линейных, нелинейных, дифференциальных уравнений и регрессионного анализа при моделировании процессов ЯТЦ			16	56	9/ЛР1, 9/Т1, 11/ЛР2, 11/Т2, 13/ЛР3, 13/Т3, 15/ЛР4, 15/Т4	15/КР1	60
	Зачет							40
<b>Итого за 3 семестр:</b>				16	56			100
<b>4 семестр (7 недель)</b>								
2	Гидродинамические модели. Модели реакторов. Модели теплообменных аппаратов			32	40	1/ЛР5, 2/ЛР6, 2/Т5, 3/ЛР7, 3/Т6, 4/ЛР8, 4/Т7, 5/ЛР9, 5/Т8, 6/ЛР10, 6/Т9, 7/ЛР11, 7/Т10, 7/ЛР12	7/КР2	60
	Экзамен				36			40
<b>Итого за 4 семестр:</b>				32	76			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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Номера разделов	Аттестационные мероприятия
– Знать основные физические законы и стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов и установок (3-ПК-5)	1, 2	ЛР1, Т1, ЛР4, Т4, КР1, Зачет (3 сем.), ЛР5, ЛР6, Т5, ЛР12, КР2

– Уметь применять стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов и установок ( <b>У-ПК-5</b> )	1, 2	ЛР1, Т1, ЛР3, Т3, КР1, Зачет (3 сем.), ЛР7, Т6, ЛР8, Т7, ЛР9, Т8, ЛР10, Т9, ЛР11, Т10, ЛР12, КР2
– Владеть стандартными прикладными пакетами используемыми при моделировании физических процессов и установок ( <b>В-ПК-5</b> )	1, 2	ЛР1, Т1, ЛР2, Т2, КР1, Зачет (3 сем.), ЛР6, Т5, ЛР12, КР2, Экзамен (4 сем.)
– Знать законодательные и нормативные акты регулирующие деятельность в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности ( <b>З-ПК-11</b> )	1, 2	ЛР2, Т2, КР1, Зачет (3 сем.), КР2, Экзамен (4 сем.)
– Уметь проводить анализ технических и расчетно-теоретических разработок с учетом их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам ( <b>У-ПК-11</b> )	2	ЛР5, ЛР6, Т5, ЛР12, КР2, Экзамен (4 сем.)
– владеть методами анализа технических и расчетно-теоретических разработок, и учета их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам ( <b>В-ПК-11</b> )	1, 2	ЛР3, Т3, ЛР4, Т4, КР1, ЛР12, КР2, Экзамен (4 сем.)

## 5.2 Содержание лекционного курса дисциплины

Лекционный курс по дисциплине в соответствии с рабочим учебным планом не предусмотрен.

## 5.3 Содержание лабораторного практикума

В таблице 3 представлено содержание и трудоемкость лабораторного практикума дисциплины.

Таблица 3 – Содержание и трудоемкость лабораторного практикума дисциплины

Перечень лабораторных работ по разделам и их содержание	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
<b>Раздел 1 Расчет кинетических параметров процесса. Применение систем линейных, нелинейных, дифференциальных уравнений и регрессионного анализа при моделировании процессов ЯТЦ</b>	
<b>1.1 Обработка экспериментальных данных с применением прикладных программ.</b> Применение регрессионного анализа для обработки экспериментальных данных: линейный и полиномиальный регрессионный анализ	4
<b>1.2 Численные методы решения кинетических уравнений.</b> Основные методы решения кинетических уравнений. Представление о численных методах решения дифференциальных уравнений	4

Перечень лабораторных работ по разделам и их содержание	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
<b>1.3 Расчет кинетических параметров процесса с применением прикладных программ.</b> Применение регрессионного анализа для расчета кинетических параметров процесса. Определение основных кинетических параметров моделей: порядка реакции, энергии активации, константы скорости реакции	4
<b>1.4 Системы линейных и нелинейных уравнений для расчета многокомпонентных систем.</b> Применение нелинейных уравнений (СНЛУ) для расчета составов и равновесий многокомпонентных систем. Численные методы решения СНЛУ	4
<i>Итого по разделу 1:</i>	<i>16</i>
<b>Раздел 2 Гидродинамические модели. Модели реакторов. Модели теплообменных аппаратов</b>	
<b>2.1 Моделирование процессов перемещения потоков.</b> Математическое моделирование химико-технологических процессов. Основные понятия. Типовые гидродинамические модели. Методы исследования структуры потоков	4
<b>2.2 Математические модели реакторов.</b> Математическое описание типовых моделей реакторов в общем и частном виде	4
<b>2.3 Расчет основных характеристик реакторов.</b> Расчет основных характеристик "идеальных" реакторов	4
<b>2.4 Оптимизация различных процессов.</b> Расчет оптимальной температуры, оптимизация потока в параллельно соединенных реакторах	4
<b>2.5 Моделирование тепловых процессов. Расчет теплообменников типа «труба в трубе».</b> Математическое описание структуры потока модели идеального вытеснения с учетом теплопередачи. Система уравнений для теплообменников типа «труба в трубе» без учета и с учетом тепловой емкости стенки.	4
<b>2.6 Моделирование тепловых процессов. Расчет теплообменников в режиме «перемешивание-перемешивание».</b> Математическое описание структуры потока модели идеального перемешивания с учетом теплопередачи. Система уравнений для теплообменников типа «перемешивание-перемешивание» и «перемешивание-вытеснение» без учета и с учетом тепловой емкости стенки.	4
<b>2.7 Математическое описание гидродинамики насадочного абсорбера.</b> Расчет гидродинамики насадочного абсорбера. Ячеечная схема абсорбера. Проверка адекватности составленной математической модели насадочного абсорбера. Дисперсия адекватности, дисперсия воспроизводимости, критерий Фишера	4
<b>2.8 Контрольная работа.</b> Определение энергии активации, предэкспоненциального множителя, оптимальной температуры, составление математического описания ступени реактора и определение ее объема при помощи прикладных программ	4
<i>Итого по разделу 2:</i>	<i>32</i>
<b>Всего по лабораторному практикуму дисциплины:</b>	<b>48</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 лабораторных работ используются следующие образовательные технологии: ИТ-методы, Работа в команде, Исследовательский метод.

Для организации самостоятельной работы используются следующие образовательные технологии: Поисковый метод, Исследовательский метод.

Общее число часов занятий, проводимых в интерактивной форме – 16 час.

### 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-5	З-ПК-5	ЛР1, Т1, ЛР4, Т4, КР1, Зачет (3 сем.), ЛР5, ЛР6, Т5, ЛР12, КР2
ПК-5	У-ПК-5	ЛР1, Т1, ЛР3, Т3, КР1, Зачет (3 сем.), ЛР7, Т6, ЛР8, Т7, ЛР9, Т8, ЛР10, Т9, ЛР11, Т10, ЛР12, КР2
ПК-5	В-ПК-5	ЛР1, Т1, ЛР2, Т2, КР1, Зачет (3 сем.), ЛР6, Т5, ЛР12, КР2, Экзамен (4 сем.)
ПК-11	З-ПК-11	ЛР2, Т2, КР1, Зачет (3 сем.), КР2, Экзамен (4 сем.)
ПК-11	У-ПК-11	ЛР5, ЛР6, Т5, ЛР12, КР2, Экзамен (4 сем.)
ПК-11	В-ПК-11	ЛР3, Т3, ЛР4, Т4, КР1, ЛР12, КР2, Экзамен (4 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 Экзамена.

#### Аттестация в 3 семестре:

Вид контроля	Наименование видов контроля	Максимальная положительная оценка в баллах	Минимальная положительная оценка в баллах
<b>Текущая аттестация</b>			
ЛР1	Лабораторная работа	11	6.6
Т1	Тестирование	1	0.6
ЛР2	Лабораторная работа	11	6.6
Т2	Тестирование	1	0.6
ЛР3	Лабораторная работа	11	6.6
Т3	Тестирование	1	0.6
ЛР4	Лабораторная работа	11	6.6
Т4	Тестирование	1	0.6
КР1	Контрольная работа	12	7.2
<b>Сумма:</b>		<b>60</b>	<b>36</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>			
Зачет		<b>40</b>	<b>24</b>
<b>Итого:</b>		<b>100</b>	<b>60</b>

#### Аттестация в 4 семестре:

Вид контроля	Наименование видов контроля	Максимальная положительная оценка в баллах	Минимальная положительная оценка в баллах
<b>Текущая аттестация</b>			
ЛР5	Лабораторная работа	9	5.4
ЛР6	Лабораторная работа	5	3
Т5	Тестирование	1	0.6
ЛР7	Лабораторная работа	5	3
Т6	Тестирование	1	0.6
ЛР8	Лабораторная работа	5	3
Т7	Тестирование	1	0.6
ЛР9	Лабораторная работа	5	3
Т8	Тестирование	1	0.6
ЛР10	Лабораторная работа	5	3
Т9	Тестирование	1	0.6
ЛР11	Лабораторная работа	5	3
Т10	Тестирование	1	0.6
ЛР12	Лабораторная работа	9	5.4
КР2	Контрольная работа	6	3.6
<b>Сумма:</b>		<b>60</b>	<b>36</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>			
Экзамен		<b>40</b>	<b>24</b>
<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 (3 семестр):**

- 1 Области применения систем дифференциальных уравнений в технологии ЯТЦ.
- 2 Построение кинетических моделей. Особенности записи систем кинетических уравнений.
- 3 Типы химических реакций, понятия скорости реакции, порядка реакции, закон действующих масс, понятие механизма реакции.
- 4 Способы решения дифференциальных уравнений.
- 5 Математическое описание гетерогенно-каталитических процессов.
- 6 Области применения систем линейных и нелинейных уравнений в технологии ЯТЦ.
- 7 Способы решения систем линейных уравнений.
- 8 Способы решения систем нелинейных уравнений.
- 9 Материальный баланс смешивания многокомпонентных систем.
- 10 Применение регрессионного анализа в технологии ЯТЦ.
- 11 Как находятся коэффициенты в уравнении регрессии и коэффициент корреляции? Что означают эти величины?
- 12 Расчет линейной регрессии при анализе экспериментально полученных зависимостей в химии.
- 13 Полиномиальный регрессионный анализ при анализе экспериментально полученных зависимостей в технологии ЯТЦ.
- 14 Понятие энергии активации. Уравнение Аррениуса. Определение энергии активации с помощью регрессионного анализа.
- 15 Определение порядка реакции с помощью регрессионного анализа.
- 16 Единицы измерения константы скорости. Уравнение Аррениуса. Определение константы скорости с помощью регрессионного анализа.
- 17 Исследование кинетики гетерогенных процессов. Понятие лимитирующей стадии. Кинетическая область.
- 18 Исследование кинетики гетерогенных процессов. Понятие лимитирующей стадии. Внешнедиффузионная область.
- 19 Исследование кинетики гетерогенных процессов. Понятие лимитирующей стадии. Диффузионная область.

### **Вопросы для Экзамена (4 семестр):**

- 1 Математическое описание механизма реакций.
- 2 Математическое описание гетерогенно-каталитических процессов. Способы решения систем дифференциальных уравнений.

- 3 Математические модели, используемые для описания кинетики гетерогенных процессов.
  - 4 Основные этапы математического моделирования.
  - 5 Классификация математических моделей.
  - 6 Схема построения математической модели технологического процесса ЯТЦ.
  - 7 Экспериментальные методы исследования структуры потоков.
  - 8 Типовая гидродинамическая модель – модель реактора идеального смешения.
  - 9 Типовая гидродинамическая модель – модель реактора идеального вытеснения.
  - 10 Понятие ячеечной модели.
  - 11 Понятие комбинированной модели. Другие виды течения жидкости (газа).
  - 12 Классификация реакторов.
  - 13 Математическая модель идеального смешения в динамическом и установившемся режиме.
  - 14 Математическая модель идеального вытеснения в динамическом и установившемся режиме.
  - 15 Уравнение теплового баланса для РИС и РИВ в динамическом и установившемся режиме.
  - 16 Математическая модель каскада реакторов идеального смешения.
  - 17 Расчет основных характеристик РИС.
  - 18 Расчет основных характеристик РИВ.
  - 19 Расчет основных характеристик ячеечной модели.
  - 20 Оптимальная температура процесса с учетом обратимости и теплового эффекта реакции.
  - 21 Оптимальная температура обратимой экзотермической реакции.
  - 22 Оптимальное распределения потока по параллельно работающим аппаратам.
- Алгоритм решения данной задачи.
- 23 Основные понятия моделирования тепловых процессов ЯТЦ.
  - 24 Математическая модель «перемешивание-перемешивание».
  - 25 Математическая модель «вытеснение- вытеснение».
  - 26 Математическое описание теплообменника типа «перемешивание-вытеснение».
  - 27 Математическое описание гидродинамики насадочного абсорбера.
  - 28 Вывод основных уравнений РИС и РИВ.
  - 29 Решение задачи, включающей в себя элементы заданий, выполняемых в течение 3-4ых семестров.

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

### **8.1 Основная литература**

Л1.1 Беккер В. Ф. Моделирование химико-технологических объектов управления; Текст: учебное пособие / В. Ф. Беккер - Москва: Инфра-М, 2014 - 142 с.

Л1.2 Гумеров А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс] / Гумеров А. М. - Санкт-Петербург: Лань, 2021 - 176 с.

Л1.3 Федоткин И. М. Математическое моделирование технологических процессов [Текст]: учебное пособие для вузов / И. М. Федоткин - Москва: Либроком, 2014 - 415 с.

### **8.2 Дополнительная литература**

Л2.1 Бочкарев В. В. Оптимизация химико-технологических процессов: Учебное пособие для вузов / Бочкарев В. В. - Москва: Юрайт, 2021 - 263 с

Л2.2 Краткий справочник физико-химических величин / под ред. А. А. Равделя, А. М. Пономаревой; сост. Н. М. Барон, А. М. Пономарева, А.А. Равдель, З. Н. Тимофеева - СПб.: Иван Федоров, 2002 - 240 с.

Л2.3 Моделирование систем и процессов [Текст]: учебник для академического бакалавриата / НИУ "Санкт-Петербургский государственный политехнический университет" ; под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова - М.: Юрайт, 2014 - 591, [3] с.

Л2.4 Морозов В. К. Моделирование процессов и систем [Текст]: учебное пособие / В. К. Морозов, Г. Н. Рогачев - Москва: Академия, 2015 - 265 с.

Л2.5 Самойлов Н. А. Примеры и задачи по курсу " Математическое моделирование химико-технологических процессов" [Текст]: учебное пособие / Н. А. Самойлов - Санкт-Петербург: Лань, 2013 - 169 с.

Л2.6 Самойлов Н. А. Примеры и задачи по курсу "Математическое моделирование химико-технологических процессов" [Электронный ресурс] / Самойлов Н. А. - Санкт-Петербург: Лань, 2021 - 176 с.

Л2.7 Муслимова А. В. Исследование гомогенных процессов в реакторах идеального смешения и вытеснения [Электронный ресурс]: методические указания по выполнению курсовой работы / А. В. Муслимова; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", Северский технологический институт - филиал НИЯУ МИФИ (СТИ НИЯУ МИФИ) - Северск: Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2018 - 18 с.

## **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.

**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 лабораториях Информационно-вычислительного центра.

Прежде чем начать занятия в данной лаборатории студент знакомится с правилами техники безопасности, о чем расписывается в журнале. В лабораториях ИВЦ запрещается находиться в верхней одежде. 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.

**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 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

- Подготовка к лабораторным работам
- Оформление отчетов по лабораторным работам
- Проработка вопросов к зачету № 9-12
- Проработка вопросов к зачету № 1-5
- Проработка вопросов к зачету № 13-18
- Проработка вопросов к зачету № 6-8
- Проработка вопросов к экзамену № 1-11
- Проработка вопросов к экзамену № 12-16
- Проработка вопросов к экзамену № 17-19
- Проработка вопросов к экзамену № 20-22
- Проработка вопросов к экзамену № 23, 25
- Проработка вопросов к экзамену № 24, 26
- Проработка вопросов к экзамену № 27
- Подготовка к промежуточному контролю: Зачет (3 семестр)

В течение 3 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.

- Подготовка к промежуточному контролю: Экзамен (4 семестр)

В течение 4 семестра осуществляется контроль знаний студентов: см. раздел 5.1.

По результатам аттестационных мероприятий формируется допуск студента к итоговому контролю – Экзамену по дисциплине. Студент на Экзамене 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.К. Грачев