

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
Северский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
(СТИ НИЯУ МИФИ)

УТВЕРЖДАЮ

Зам. руководителя по УР

 Е.Ю. Карташов

«30»  06 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ ООП

**18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики**

НАИМЕНОВАНИЕ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ

**Химическая технология материалов ядерно-топливного цикла**

Квалификация (степень):	инженер
Рабочий учебный план:	2013
Форма обучения:	очная
Общая трудоемкость дисциплины:	144 час.
Зачетных единиц:	4
Вид промежуточной аттестации:	Экзамен
Обеспечивающая кафедра :	ХиТМСЭ

Программа разработана в 2013 году и утверждена  
на заседании кафедры ХиТМСЭ (протокол №6 от 29.04.2013 г.)

Программа актуализирована на 2016/2017 уч. год  
на заседании кафедры ХиТМСЭ (протокол № 7 от 30.06.2016 г.)

Зав. обеспечивающей кафедрой

 (П.Б. Молоков)

Зав. выпускающей кафедрой

 (П.Б. Молоков)

Разработчик

 (А.В. Муслимова)

Северск 2016

## 1 Цели и задачи освоения дисциплины

Дисциплина «Моделирование химико-технологических процессов» является одной из дисциплин при получении студентами специализации «Химическая технология материалов ядерно-топливного цикла», необходимых для научно-исследовательской и производственно-технологической деятельности специалиста.

Целями освоения дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» являются: формирование у студентов методологии и практических приемов, используемыми для моделирования производственных процессов, их оптимизации и управления ими.

Основными задачами дисциплины являются:

– приобретение навыков, необходимых для построения математических моделей химических процессов, отражающих молекулярный 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 дисциплины в структуре ООП ВПО

2.1 Дисциплина «Моделирование химико-технологических процессов» (С1-ОПМ.Б.10) относится к базовой части образовательной программы.

2.2 Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у обучающихся в результате освоения дисциплин ООП подготовки специалистов по специальности 18.05.02 «Химическая технология материалов современной энергетики»:

– С1-ЕНМ.Б.1 – Математика;

– С1-ЕНМ.Б.2 – Информатика

– С1-ЕНМ.Б.5 – Общая и неорганическая химия;

– С1-ЕНМ.Б.7 – Физическая химия;

– С1-ОПМ.Б.3 – Процессы и аппараты химической технологии;

– С1-ЕНМ.ДВ1 – Основы математической статистики и планирования эксперимента, и

др.

2.3 Данная дисциплина является базой для выполнения курсовых проектов и дипломного проектирования, УИР, НИР, а также при практической работе выпускников по специальности.

## 3 Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих **компетенций**:

**Общекультурные компетенции:**

– способность работать с информацией в глобальных компьютерных сетях (**ОК-12**)

**Профессиональные компетенции:**

– способность к использованию методов математического моделирования отдельных стадий и всего технологического процесса, к проведению теоретического анализа и экспериментальной проверке адекватности модели (**ОПК-3**)

**Научно-исследовательские компетенции:**

– способность самостоятельно выполнять исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования в области объектов профессиональной деятельности, проводить корректную обработку результатов и устанавливать адекватность моделей (ПК-10)

#### **Организационно-управленческие компетенции:**

– способность анализировать технологический процесс для оптимизации работы оборудования химических, радиохимических, специальных и нефтехимических производств (СПК-15)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

##### **1) знать:**

З.1 области применения систем дифференциальных уравнений, линейных и нелинейных уравнений, а также регрессионного анализа;

З.2 экспериментальные методы исследования структуры потоков;

З.3 типовые модели структуры потоков в аппаратах;

З.4 основные принципы моделирования химико-технологических процессов;

З.5 основные приемы оптимизации технологических процессов;

##### **2) уметь:**

У.1 подбирать справочную и нормативно-техническую литературу;

У.2 использовать компьютерную технику для моделирования процессов и обработки экспериментальных данных;

У.3 интерпретировать результаты, делать выводы, давать рекомендации;

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

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

В.2 моделирования химико-технологических процессов.

## **4 Структура и содержание дисциплины**

### **4.1 Основные модули дисциплины, трудоемкость и виды учебной работы**

Настоящая рабочая программа составлена для формы обучения «очная» по специальности 18.05.02 «Химическая технология материалов современной энергетики», специализации «Химическая технология материалов ядерно-топливного цикла».

Общая трудоемкость дисциплины составляет в зачетных единицах – 4, 144 час., обучение по дисциплине проходит в семестре 7, 8.

Дисциплина (модуль) содержит **разделы (модули):**

– **раздел 1 (модуль 1)** – «Системы линейных, нелинейных, дифференциальных уравнений в химии. Регрессионный анализ»

– **раздел 2 (модуль 2)** – «Гидродинамические модели. Модели реакторов с учетом протекания химической реакции. 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				Текущий контроль (нед/форма)	Аттестация раздела (нед/форма)	Макс. балл за раздел
		Лекции	Практ. занятия	Лабор. работы	Самост. работа			
<b>7 семестр (18 недель)</b>								
1	Системы линейных, нелинейных, дифференциальных уравнений в химии. Регрессионный анализ			18	18	1/ЛР1, 3/ЛР2, 5/ЛР3, 9/ЛР4	9/КР1	60
	Зачет							40
<b>Итого за 7 семестр:</b>				18	18			100
<b>8 семестр (17 недель)</b>								
2	Гидродинамические модели. Модели реакторов с учетом протекания химической реакции. Модели теплообменных аппаратов.			34	12	1/ЛР5, 3/ЛР6, 5/ЛР7, 7/ЛР8, 9/ЛР9, 10/ЛР10, 14/ЛР11	16/КР2	60
	Курсовая работа				26			
	Экзамен				36			40
<b>Итого за 8 семестр:</b>				34	74			100

Распределение трудоемкости дисциплины по основным разделам и видам учебной работы представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Рекомендуемое распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость, час	Раздел 1	Раздел 2
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>144</b>	<b>36</b>	<b>46</b>
<b>Аудиторные занятия (всего), в том числе</b>	<b>52</b>	<b>18</b>	<b>34</b>
Лекции	0		
Лабораторные занятия	52	18	34
Практические занятия / семинары	0		
<b>Самостоятельная работа (всего), в том числе</b>	<b>92</b>	<b>18</b>	<b>12</b>
Оформление отчетов по лабораторным работам	+	+	+
Другие виды самостоятельной работы	+	+	+
Выполнение курсового проекта (работы)	26		
Контроль промежуточный: Зачет (7 семестр), Экзамен (8 семестр)	36		

В таблице 3 представлено соответствие содержания каждого раздела и результатов обучения, что позволяет оценить их вклад в достижение целей курса.

Таблица 3 – Соответствие содержания требуемым результатам обучения

Результаты обучения	Номера разделов
<b>1 Обобщенные общекультурные и профессиональные компетенции:</b>	
– способность работать с информацией в глобальных компьютерных сетях (ОК-12)	1, 2
– способность к использованию методов математического моделирования отдельных стадий и всего технологического процесса, к проведению теоретического анализа и экспериментальной проверке адекватности модели (ОПК-3)	1, 2
– способность самостоятельно выполнять исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования в области объектов профессиональной деятельности, проводить корректную обработку результатов и устанавливать адекватность моделей (ПК-10)	1, 2
– способность анализировать технологический процесс для оптимизации работы оборудования химических, радиохимических, специальных и нефтехимических производств (СПК-15)	2
<b>2 Дисциплинарные компетенции (знания, умения, владения):</b>	
<b>знания:</b>	
3.1 области применения систем дифференциальных уравнений, линейных и нелинейных уравнений, а также регрессионного анализа;	1
3.2 экспериментальные методы исследования структуры потоков;	2
3.3 типовые модели структуры потоков в аппаратах;	2
3.4 основные принципы моделирования химико-технологических процессов;	2
3.5 основные приемы оптимизации технологических процессов;	2
<b>умения:</b>	
У.1 подбирать справочную и нормативно-техническую литературу;	1, 2
У.2 использовать компьютерную технику для моделирования процессов и обработки экспериментальных данных;	1, 2
У.3 интерпретировать результаты, делать выводы, давать рекомендации;	1, 2
<b>владение:</b>	
В.1 использования универсальных и специализированных пакетов программ на персональных компьютерах;	1, 2
В.2 моделирования химико-технологических процессов.	1, 2

#### 4.2 Содержание лекционного курса дисциплины

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

#### 4.3 Содержание лабораторного практикума

В таблице 4 представлено содержание и трудоемкость лабораторного практикума дисциплины с учетом самостоятельной работы.

Таблица 4 – Содержание и трудоемкость лабораторного практикума дисциплины

Перечень лабораторных работ по разделам и их содержание	Трудоемкость разделов/тем, час	
	Лаб. работы	Самост. работа

Перечень лабораторных работ по разделам и их содержание	Трудоемкость разделов/тем, час	
	Лаб. работы	Самост. работа
<b>Раздел 1 Системы линейных, нелинейных, дифференциальных уравнений в химии. Регрессионный анализ</b>		
<b>1.1 Дифференциальные уравнения в химии.</b> Применение дифференциальных уравнений в химии. Основные методы решения кинетических уравнений. Представление о численных методах решения дифференциальных уравнений кинетики и макрокинетики. Системы MathCad (MathLab).	4	4
<b>1.2 Системы линейных и нелинейных уравнений в химии.</b> Применение нелинейных уравнений (СНЛУ) в химии для расчета равновесий многокомпонентных систем. Численные методы решения СНЛУ. Система MathCad.	4	4
<b>1.3 Регрессионный анализ для обработки результатов эксперимента.</b> Применение регрессионного анализа в химии для обработки экспериментальных данных: линейный и полиномиальный регрессионный анализ. Система MathCad, приложения пакета Microsoft Office (Word, Excel).	4	4
<b>1.4 Регрессионный анализ для расчета кинетических параметров процесса.</b> Применение регрессионного анализа в химии для расчета кинетических параметров процесса. Определения основных кинетических параметров моделей: порядка реакции, энергии активации, константы скорости реакции. Система MathCad.	6	6
<i>Итого по разделу 1:</i>	<i>18</i>	<i>18</i>
<b>Раздел 2 Гидродинамические модели. Модели реакторов с учетом протекания химической реакции. Модели теплообменных аппаратов.</b>		
<b>2.1 Математическое моделирование. Гидродинамические модели.</b> Математическое моделирование химико-технологических процессов. Основные понятия. Типовые гидродинамические модели. Методы исследования структуры потоков.	4	3
<b>2.2 Математические модели химических реакторов.</b> Математическое описание типовых моделей реакторов в общем и частном виде.	4	2
<b>2.3 Расчет основных характеристик реакторов.</b> Расчет основных характеристик реакторов идеального смешения и вытеснения: времени пребывания, степени превращения, концентраций в разные моменты времени.	4	1
<b>2.4 Оптимизация химических процессов..</b> Оптимизация химических процессов: расчет оптимальной температуры, оптимизация потока в параллельно соединенных реакторах.	4	1
<b>2.5 Моделирование тепловых процессов химической технологии. 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	1
<b>2.6 Моделирование тепловых процессов химической технологии. 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	1

Перечень лабораторных работ по разделам и их содержание	Трудоемкость разделов/тем, час	
	Лаб. работы	Самост. работа
<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.	6	2
<b>2.8 Контрольная работа.</b> Определение энергии активации, предэкспоненциального множителя, оптимальной температуры, составление математического описания ступени реактора и определение ее объема при помощи Mathcad.	4	1
<i>Итого по разделу 2:</i>	<i>34</i>	<i>12</i>
<b>Всего по лабораторному практикуму дисциплины:</b>	<b>52</b>	<b>30</b>

#### 4.4 Тематика практических / семинарских занятий

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

#### 4.5 Тематика занятий, проводимых в интерактивной форме

Тематика занятий, проводимых в интерактивной форме, приведена в таблице 5. Часть заданий при выполнении лабораторных работ, а также курсовой работы включает в себя решение проблемных ситуаций с проведением расчетов и моделированием производственных процессов и ситуаций. Для обсуждения и поиска решений таких проблемных ситуаций студенты объединяются в группы по 3-4 человека в соответствии с вариантом задания. Используемые методы: работа в команде, исследовательский метод и др.

Учебно-образовательный модуль	Тематика занятий, проводимых в интерактивной форме	Трудоемкость разделов, включая самостоятельную работу, час	
		АР	СР
Раздел 1 (Модуль 1)	<b>ЛР 4.</b> Регрессионный анализ для расчета кинетических параметров процесса. Задание на определение механизма реакций на основании экспериментальных кинетических зависимостей «время процесса – степень реагирования».	3	1
Раздел 2 (Модуль 2)	<b>ЛР 5.</b> Математическое моделирование. Гидродинамические модели. Задание на определение вида кривых отклика при использовании различных методов исследования структуры потоков для различных гидродинамических моделей. Задание на составление кинетических моделей реакции.	4	1
	<b>ЛР 6.</b> Математические модели химических реакторов. Задание на определение времени проведения процесса путем изменения значения области поиска решения системы дифференциальных уравнений (модель идеального смешения).	3	1

	<b>ЛР 7.</b> Расчет основных характеристик реакторов. Задание на определения объема аппарата или расхода исходных компонентов (по вариантам).	3	1
	<b>ЛР 9.</b> Моделирование тепловых процессов химической технологии. Расчет теплообменников типа «труба в трубе». Задание на определение оптимального расхода хладагента или оптимальной длины аппарата (по вариантам).	3	1
	<b>ЛР 10.</b> Моделирование тепловых процессов химической технологии. Расчет теплообменников в режиме «перемешивание-перемешивание». Задание на определения расхода теплоносителя для достаточного охлаждения жидкости.	3	1
	<b>ЛР 11.</b> Математическое описание гидродинамики насадочного абсорбера. Задание на определение адекватности составленной модели экспериментальным данным.	3	1
	<b>Выполнение этапов курсовой работы</b>		5
	<b>Итого</b>	<b>22</b>	<b>12</b>

#### 4.6 Курсовое проектирование

В соответствии с рабочим учебным планом предусмотрено выполнение: Курсовой работы (8 семестр).

Целью курсовой работы является проверка полученных теоретических и практических знаний по дисциплине, заключающаяся в составлении математического описания реального процесса или аппарата, разработке алгоритма расчета и составлении программы расчета, анализе полученных результатов. Выполнение курсовой работы предусматривает широкое применение вычислительной техники на всех стадиях. В процессе выполнения курсовой работы студент должен также показать умение пользоваться технической литературой.

От студента требуется оформление своей курсовой работы в среде Microsoft Office, а проведение расчетов в специализированном математическом пакете (например, Mathcad). Защита проводится в виде электронной конференции – доклад с иллюстрированным материалом в виде презентации, выполняющейся синхронно под управлением докладчика.

Выполнение курсовой работы осуществляется студентами во внеаудиторное время с обязательной отчетностью в конце каждого учебного месяца или во время обязательных консультаций, назначаемых преподавателем.

Тема курсовой работы «Исследование гетерогенного процесса, протекающего в реакторах идеального смешения и вытеснения».

Курсовой проект включает в себя:

- 1 Изучение программ, используемых при моделировании химико-технологических процессов (MathCad, MathLab).
- 2 Проработка литературы и других источников информации.
- 3 Математическое описание процессов химического превращения (кинетические модели).
- 4 Математическое описание процессов перемещения веществ (гидродинамические модели).

5 Составление математических моделей химических реакторов с учетом теплового режима: модели реактора идеального смешения (РИС) и реактора идеального вытеснения (РИВ).

6 Расчет теплоемкости и теплового эффекта реакций.

7 Решение составленных систем дифференциальных уравнений в Mathcad. Сравнение модели (РИС) и (РИВ), написание выводов по проведенной работе.

8 Оформление и сдача пояснительной записки к курсовой работе. Изучение программы Power Point с целью оформления доклада для защиты курсовой работы. Подготовка доклада и презентации к защите.

9 Защита КР.

Объем пояснительной записки составляет 25-30 страниц. Оформление пояснительной записки и графического материала осуществляется в соответствии с *СМК-ПРВ-7.5.1-01-СТИ-32. Работы выпускные квалификационные. Правила оформления* и с методическими указаниями по выполнению курсовой работы данной дисциплины.

Оценка выполнения этапов курсового проекта студентов определяется в баллах в соответствии с рейтинг-планом. В приложении В представлен пример оформленного рейтинг-плана на прохождение курсового проектирования.

#### 4.7 Самостоятельная работа

Цели самостоятельной работы по данной дисциплине - формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску источников информации (в том числе в сети Интернет), обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, аргументированному отстаиванию своих позиций по заданной тематике, умение подготовки выступлений и ведения дискуссий.

Содержание самостоятельной работы студента по видам деятельности и всем разделам дисциплины представлено в таблице 6.

Таблица 6 – Сводная таблица содержания самостоятельной работы студента по всем видам деятельности и всем разделам дисциплины

Раздел/тема	Содержание самостоятельной работы	Труд. самост. работы, час
<b>Лабораторный практикум</b>		
<b>Раздел №1 Системы линейных, нелинейных, дифференциальных уравнений в химии. Регрессионный анализ</b>		
1.1 Дифференциальные уравнения в химии	Оформление отчетов по лабораторным работам. Проработка вопросов к зачету № 1-5.	4
1.2 Системы линейных и нелинейных уравнений в химии	Оформление отчетов по лабораторным работам. Проработка вопросов к зачету № 6-8.	4
1.3 Регрессионный анализ для обработки результатов эксперимента	Оформление отчетов по лабораторным работам. Проработка вопросов к зачету № 9-12.	4
1.4 Регрессионный анализ для расчета кинетических параметров процесса	Оформление отчетов по лабораторным работам. Проработка вопросов к зачету № 13-18.	6
<b>Раздел №2 Гидродинамические модели. Модели реакторов с учетом протекания химической реакции. Модели теплообменных аппаратов.</b>		
2.1 Математическое моделирование. Гидродинамические модели.	Оформление отчетов по лабораторным работам. Проработка вопросов к экзамену № 1-11.	3

Раздел/тема	Содержание самостоятельной работы	Труд. самост. работы, час
2.2 Математические модели химических реакторов.	Оформление отчетов по лабораторным работам. Проработка вопросов к экзамену № 12-16.	2
2.3 Расчет основных характеристик реакторов.	Оформление отчетов по лабораторным работам. Проработка вопросов к экзамену № 17-19.	1
2.4 Оптимизация химических процессов.	Оформление отчетов по лабораторным работам. Проработка вопросов к экзамену № 20-22.	1
2.5 Моделирование тепловых процессов химической технологии. Расчет теплообменников типа «труба в трубе».	Оформление отчетов по лабораторным работам. Проработка вопросов к экзамену № 23, 25.	1
2.6 Моделирование тепловых процессов химической технологии. Расчет теплообменников в режиме «перемешивание-перемешивание».	Оформление отчетов по лабораторным работам. Проработка вопросов к экзамену № 24, 26.	1
2.7 Математическое описание гидродинамики насадочного абсорбера.	Оформление отчетов по лабораторным работам. Проработка вопроса к экзамену № 27.	2
2.8 Контрольная работа.	Проработка вопросов к экзамену № 28.	1
<i>Итого по лабораторному практикуму:</i>		<i>30</i>
<b>Курсовое проектирование</b>		
<b>1. Курсовая работа</b>		
1.1 Этап 1.	Выдача задания. Изучение программ, используемых при моделировании химико-технологических процессов (MathCad, MathLab).	2,5
1.2 Этап 2.	Проработка литературы и других источников информации.	3
1.3 Этап 3.	Математическое описание процессов химического превращения (кинетические модели). Математическое описание процессов перемещения веществ (гидродинамические модели).	4
1.4 Этап 4.	Составление математических моделей химических реакторов с учетом теплового режима: модели реактора идеального смешения (РИС) и реактора идеального вытеснения (РИВ).	4
1.5 Этап 5.	Расчет теплоемкости и теплового эффекта реакций.	4
1.6 Этап 6.	Решение составленных систем дифференциальных уравнений в Mathcad. Сравнение моделей РИС и РИВ, написание выводов по проведенной работе.	4

Раздел/тема	Содержание самостоятельной работы	Труд. самост. работы, час
1.7 Этап 7.	Оформление и сдача пояснительной записки к курсовой работе. Изучение программы Power Point с целью оформления доклада для защиты курсовой работы. Подготовка доклада и презентации к защите.	4
1.8 Защита курсовой работы	Выступление студента с докладом, содержащим краткое описание проделанной работы и полученные выводы, и презентацией, оформленной в MS Power Point.	0,5
<i>Итого по курсовому проектированию:</i>		26
<b>Промежуточная аттестация</b>		
<b>8 семестр</b>		
Экзамен		36
<i>Итого по промежуточной аттестации:</i>		36
<b>Всего самостоятельной работы:</b>		92

Рейтинг-план и график текущего контроля знаний по дисциплине представлены в приложениях А и Б.

## 5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При проведении лабораторных работ используются следующие образовательные технологии: Работа в команде, Другие методы.

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

Общее число часов занятий, проводимых в интерактивной форме – 34 час.

Методические указания студентам приведены в приложении 3.

Методические указания преподавателям приведены в приложении 4.

## 6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1 Уровень освоения разделов дисциплины контролируется через разнообразные формы контроля (контрольные работы, коллоквиумы, расчетные задания, тесты и т.д.).

6.2 Степень успешности освоения дисциплины оценивается суммой баллов, исходя из 100 максимально возможных, и включает две составляющие:

- **60 баллов** – для оценки текущей работы студента в семестре;
- **40 баллов** – для оценки на экзамене/зачете.

6.3 Рейтинговая оценка по дисциплинарному модулю складывается из количества баллов, набранных за текущую работу, и баллов, полученных при промежуточном контроле.

6.4 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.

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

6.6 Введение механизма рейтинговой оценки знаний студентов в процентах не отменяет существующие оценки, выставляемые по пятибалльной шкале. Итоговая оценка по предмету выставляется с учетом работы в семестре и результатов экзамена (баллы суммируются) в соответствии со следующей шкалой:

Экзамен	Зачет	Сумма баллов по дисциплине	Оценка ECTS
отлично	Зачтено	90 – 100	A
хорошо		75 – 89	B
		75 – 84	C
		65 – 74	D
удовлетворительно		60 – 64	E
не удовлетворительно	Не зачтено	Ниже 60	F

Вопросы для зачета и экзамена приведены в приложении 5.

Аннотация к фонду оценочных средств приведена в приложении 6.

## 7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Рекомендуемая литература

#### 7.1.1 Основная литература

№	Выходные данные	Экз.	Гриф
Л1.1	Беккер, В. Ф. Моделирование химико-технологических объектов управления; Текст : учебное пособие / В. Ф. Беккер .— 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Инфра-М : РИОР, 2014 .— 142 с. : ил. — (Высшее образование. Бакалавриат) .— Допущено УМО вузов по образованию в области автоматизированного машиностроения (УМО АМ) в качестве учебного пособия .— Библиогр.: с. 111. — ISBN 978-5-369-01194-2 .— ISBN 978-5-16-006670-7.	8	Да
Л1.2	Самойлов, Наум Александрович. Примеры и задачи по курсу " Математическое моделирование химико-технологических процессов" [Текст] : учебное пособие / Н. А. Самойлов .— 3-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2013 .— 169 с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература) .— Библиогр.: с. 165. — ISBN 978-5-8114-1553-3.	10	Нет
Л1.3	Марков, Юрий Георгиевич. Математические модели химических реакций [Текст] : учебник / Ю. Г. Марков, И. В. Маркова .— Санкт-Петербург : Лань, 2013 .— 184 с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература) .— Библиогр.: с. 179-181. — ISBN 978-5-8114-1483-3.	10	Нет
Л1.4	Гумеров, А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие: [Текст] : учебное пособие / А. М. Гумеров .— 2-е изд., перераб. — Санкт-Петербург : Лань, 2014 .— 176 с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература) .— Допущено УМО по образованию в области химической технологии и биотехнологии в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по направлениям «Химическая технология» и «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» .— Библиогр.: с. 174. — ISBN 978-5-8114-1533-5.	18	Нет
Л1.5	Закгейм, Александр Юделевич. Общая химическая технология. Введение в моделирование химико-технологических процессов [Текст] : учебное пособие / А. Ю. Закгейм .— 3-е изд., перераб. и	11	Да

	доп. — М. : Логос, 2012 .— 302, [2] с. : ил. — (Новая университетская библиотека) .— Рекомендовано Ученым советом Московской государственной академии тонкой химической технологии в качестве учебного пособия .— Библиогр.: с. 295-297. — ISBN 978-5-98704-497-1.		
Л1.6	Моделирование систем [Текст] : учебное пособие для вузов / И. А. Елизаров [и др.] .— Старый Оскол : ТНТ, 2013 .— 136 с. : ил. — Допущено УМО вузов по образованию в области автоматизированного машиностроения (УМО АМ) в качестве учебного пособия .— Библиогр.: с. 135. — ISBN 978-5-94178-350-2.	6	Да

### 7.1.2 Дополнительная литература

№	Выходные данные	Экз.	Гриф
Л2.1	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 .— 10-е изд., испр. и доп. — СПб. : Иван Федоров, 2002 .— 240 с. : ил. — Литература: с. 225. — Указатель: с. 231-238. — ISBN 5-81940-071-2.	31	Нет
Л2.2	Информатика для химиков-технологов : учебное пособие для студентов вузов / Л. С. Гордеев [и др.] ; под ред. Л. С. Гордеева, В. Ф. Корнюшко .— М. : Высшая школа, 2006 .— 286 с. : ил. — ISBN 5-06-004-865-9.	10	Нет
Л2.3	Островский, Геннадий Маркович. Методы оптимизации химико-технологических процессов : учебное пособие / Г. М. Островский, Ю. М. Волин, Н. Н. Зиятдинов .— М. : КДУ, 2008 .— 424 с. : ил. — Библиогр.: с. 397-407. — ISBN 978-5-98227-343-7.	15	Нет
Л2.4	Чистякова, Тамара Балабековна. Математическое моделирование химико-технологических объектов с распределенными параметрами : учебное пособие для вузов / Т. Б. Чистякова, А. Н. Полосин, Л. В. Гольцева ; Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Технический университет) (СПбГТИ(ТУ)), Кафедра систем автоматизированного проектирования и управления .— СПб. : Профессия, 2010 .— 240 с. : ил. — Допущено УМО вузов по университетскому политехническому образованию в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по направлению 23100 "Информатика и вычислительная техника" .— Библиогр.: с. 107-109. — ISBN 978-5-91884-015-3.	5	Да
Л2.5	Бабенко, Юрий Иванович. Экстрагирование: теория и практические приложения / Ю. И. Бабенко, Е. В. Иванов .— СПб. : Профessional, 2009 .— 334, [1] с. : ил. — Библиогр.: с. 275-294 .— ISBN 978-5-91259-031-3.	1	Нет
Л2.6	Усовершенствование процесса подготовки растворов перед экстракцией с обеспечением автоматизированного пуска центрифуг в установке переработки отработанного ядерного топлива [Электронный ресурс] / С. Н. Кладиев [и др.] .— 1 компьютерный файл (pdf; 505 KB) // Цветные металлы : ежемесячный научно-технический и производственный журнал .— 2012. — № 1 .— [С. 66 - 70] .— Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — [Библиогр.: с. (00 назв.)] .— Свободный доступ из сети Интернет. — Adobe Reader. — [URL:ftp://ftp.ssti.ru/library/science/2011/s0004.pdf].	Эл. рес.	Нет
Л2.7	Голубева, Нина Викторовна. Математическое моделирование	7	Да

	<p>систем и процессов [Текст] : учебное пособие / Н. В. Голубева .— Санкт-Петербург : Лань, 2013 .— 192 с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература) .— Рекомендовано УМО в качестве учебного пособия .— Библиогр.: с. 176-179. — Предметный указатель: с. 180-188. — ISBN 978-5-8114-1424-6.</p>		
--	--	--	--

### 7.1.3 Методические разработки

Л3.1 Ануфриева А.В. Моделирование химико-технологических процессов: Методические указания к лабораторным работам. – Северск: Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2014. – 76 с.

Л3.2 Компьютерные лабораторные работы по физике в пакете MathCad: учебное пособие / В. В. Благовещенский. – Санкт-Петербург: Лань, 2013. – 95 с.

### 7.2 Электронные образовательные ресурсы

Э1 American Chemical Society (ACS) – Режим доступа: [www.library.mephi.ru](http://www.library.mephi.ru)

Э2 The Royal Society of Chemistry (RSC) – Режим доступа: [www.library.mephi.ru](http://www.library.mephi.ru)

Э3 Вестник Национального исследовательского ядерного университета МИФИ – Режим доступа: <http://elibrary.ru/>.

Э4 Цветные металлы – Режим доступа: <http://www.rudmet.ru/catalog/journals/4/>.

Э5 Сборники статей «Инновационные технологии атомной энергетики и промышленности» - Режим доступа: <ftp://ftp.ssti.ru/library/conference/2012/c0003.pdf>

### 7.3 Программное обеспечение

Windows XP, Windows 7, Windows 8 (8.1) (Права на программы для ЭВМ DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3years). Сублицензионный договор №43827/ТМК1800 от 12 ноября 2013г)

Mathcad (PTC Shipment Confirmation Letter от 16 декабря 2010г PKG-7542-FN Mathcad Education. University Edition. Service Contract # 0A1602704)

Adobe Acrobat (Education. Certificate ID: CE0806576)

## 8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Технические средства обучения

8.1.1 Вычислительная техника

а) компьютерные классы ИВЦ СТИ.

\* \* \*

Рабочая учебная программа по дисциплине «Моделирование химико-технологических процессов» формы обучения «очная» составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта ВПО, самостоятельно устанавливаемого образовательного стандарта НИЯУ МИФИ (СУОС НИЯУ МИФИ) с учетом рекомендаций ООП ВПО по специальности 18.05.02 «Химическая технология материалов современной энергетики», специализации «Химическая технология материалов ядерно-топливного цикла».

**РЕЙТИНГ-ПЛАН**

дисциплины «**Моделирование химико-технологических процессов**»

для специальности 18.05.02 «Химическая технология материалов современной энергетики», специализации «Химическая технология материалов ядерно-топливного цикла»

**7 СЕМЕСТР**

№ нед.	Лекции		Лабораторные работы		Практические занятия		Самостоятельная работа		Аттестация раздела
	Тема	Форма/баллы	Тема	Форма/баллы	Тема	Форма/баллы	Тема	Форма/баллы	Форма/баллы
1			1.1 Дифференциальные уравнения в химии	ЛР1/13			лб1.1 Оформление отчетов по лабораторным работам. Проработка вопросов к зачету № 1-5.		
2									
3			1.2 Системы линейных и нелинейных уравнений в химии	ЛР2/13			лб1.2 Оформление отчетов по лабораторным работам. Проработка вопросов к зачету № 6-8.		
4									
5			1.3 Регрессионный анализ для обработки результатов эксперимента	ЛР3/13			лб1.3 Оформление отчетов по лабораторным работам. Проработка вопросов к зачету № 9-12.		
6									
7			1.4 Регрессионный анализ для расчета кинетических параметров процесса						
8									
9			1.4 Регрессионный анализ для расчета кинетических параметров процесса	ЛР4/13			лб1.4 Оформление отчетов по лабораторным работам. Проработка вопросов к зачету № 13-18.		КР1/8

№ нед.	Лекции		Лабораторные работы		Практические занятия		Самостоятельная работа		Аттестация раздела
	Тема	Форма/баллы	Тема	Форма/баллы	Тема	Форма/баллы	Тема	Форма/баллы	Форма/баллы
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
Итого:	час.	0	18 час.	52	час.	0	18 час.	0	8

Расшифровка форм контроля: КР – Контрольная работа; ЛР – Лабораторная работа.

### 8 СЕМЕСТР

№ нед.	Лекции		Лабораторные работы		Практические занятия		Самостоятельная работа		Аттестация раздела
	Тема	Форма/баллы	Тема	Форма/баллы	Тема	Форма/баллы	Тема	Форма/баллы	Форма/баллы
1			2.1 Математическое моделирование. Гидродинамические модели.	ЛР5/12			лб2.1 Оформление отчетов по лабораторным работам. Проработка вопросов к экзамену № 1-11.		
2									
3			2.2 Математические модели химических реакторов.	ЛР6/8			лб2.2 Оформление отчетов по лабораторным работам. Проработка вопросов к экзамену № 12-16.		
4									
5			2.3 Расчет основных характеристик реакторов.	ЛР7/8			лб2.3 Оформление отчетов по лабораторным работам. Проработка вопросов к экзамену № 17-19.		
6									

№ нед.	Лекции		Лабораторные работы		Практические занятия		Самостоятельная работа		Аттестация раздела
	Тема	Форма/ баллы	Тема	Форма/ баллы	Тема	Форма/ баллы	Тема	Форма/ баллы	Форма/ баллы
7			2.4 Оптимизация химических процессов.	ЛР8/8			лб2.4 Оформление отчетов по лабораторным работам. Проработка вопросов к экзамену № 20-22.		
8									
9			2.5 Моделирование тепловых процессов химической технологии. Расчет теплообменников типа «труба в трубе».	ЛР9/4			лб2.5 Оформление отчетов по лабораторным работам. Проработка вопросов к экзамену № 23, 25.		
10			2.6 Моделирование тепловых процессов химической технологии. Расчет теплообменников в режиме «перемешивание-перемешивание».	ЛР10/4			лб2.6 Оформление отчетов по лабораторным работам. Проработка вопросов к экзамену № 24, 26.		
11									
12			2.7 Математическое описание гидродинамики насадочного абсорбера.						
13									
14			2.7 Математическое описание гидродинамики насадочного абсорбера.	ЛР11/8			лб2.7 Оформление отчетов по лабораторным работам. Проработка вопроса к экзамену № 27.		
15									
16			2.8 Контрольная работа.				лб2.8 Проработка вопросов к экзамену № 28.		КР2/8

№ нед.	Лекции		Лабораторные работы		Практические занятия		Самостоятельная работа		Аттестация раздела
	Тема	Форма/ баллы	Тема	Форма/ баллы	Тема	Форма/ баллы	Тема	Форма/ баллы	Форма/ баллы
17									
Итого:	час.	0	34 час.	52	час.	0	38 час.	0	8

Расшифровка форм контроля: КР – Контрольная работа; ЛР – Лабораторная работа.

По решению кафедры: вводится следующая система штрафов и бонусов:

«Штрафы» – 3 балла – снимается за отсутствие на лабораторной работе

– 3 балла – за несвоевременную сдачу отчета по лабораторной работе (более 2х недель после занятия по данной теме)

«Бонусы» – 5 баллов – за досрочную сдачу отчета по лабораторной работе до занятия по данной теме

**Приложение Б**

**График текущего контроля знаний по дисциплине**

**дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов»**

для специальности 18.05.02 «Химическая технология материалов современной энергетики», специализации «Химическая технология материалов ядерно-топливного цикла»

**7 СЕМЕСТР**

Форма текущего и итогового контроля	Номера недель																		Итого
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Контрольная работа									8										0 – 8
Лабораторная работа	13		13		13				13										0 – 52
Зачет																			0 – 40

**8 СЕМЕСТР**

Форма текущего и итогового контроля	Номера недель																	Итого
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Контрольная работа																8		0 – 8
Лабораторная работа	12		8		8		8		4	4				8				0 – 52
Экзамен																		0 – 40

## РЕЙТИНГ-ПЛАН КУРСОВОГО ПРОЕКТА

дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов»

для специальности 18.05.02 «Химическая технология материалов современной энергетики», специализации «Химическая технология материалов ядерно-топливного цикла»

## 8 СЕМЕСТР

№ этапа	Наименование этапа	Количество часов	Номера учебных недель	Максимальный балл за этап
1	Выдача задания. Изучение программ, используемых при моделировании химико-технологических процессов (MathCad, MathLab).	2,5	1	1
2	Проработка литературы и других источников информации.	3	2	4
3	Математическое описание процессов химического превращения (кинетические модели). Математическое описание процессов перемещения веществ (гидродинамические модели).	4	5	10
4	Составление математических моделей химических реакторов с учетом теплового режима: модели реактора идеального смешения (РИС) и реактора идеального вытеснения (РИВ).	4	7	10
5	Расчет теплоемкости и теплового эффекта реакций	4	9	10
6	Решение составленных систем дифференциальных уравнений в Mathcad. Сравнение моделей РИС и РИВ, написание выводов по проведенной работе.	4	11	15
7	Оформление и сдача пояснительной записки к курсовой работе. Изучение программы Power	4	13	10

	Point с целью оформления доклада для защиты курсовой работы. Подготовка доклада и презентации к защите.			
8	Защита курсовой работы	0,5	17	40
Итого:		26		100