

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Наименование образовательной программы: Автоматизация технологических процессов и производств

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.23
Трудоемкость в зачетных единицах:	4 семестр - 4; 5 семестр - 4; всего - 8
Часов (всего) по учебному плану:	288 часа
Лекции	4 семестр - 16 часов; 5 семестр - 16 часов; всего - 32 часа
Практические занятия	4 семестр - 32 часа; 5 семестр - 32 часа; всего - 64 часа
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	5 семестр - 18 часов;
Самостоятельная работа	4 семестр - 95,7 часа; 5 семестр - 73,2 часа; всего - 168,9 часа
в том числе на КП/КР	5 семестр - 23,7 часа;
Иная контактная работа	5 семестр - 4 часа;
включая:	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	4 семестр - 0,3 часа;
Защита курсовой работы	5 семестр - 0,3 часа;
Экзамен	5 семестр - 0,5 часа; всего - 1,1 часа

Москва 2025

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Юркина М.Ю.
	Идентификатор	Rde0d4378-YurkinaMY-bacca4c0

М.Ю. Юркина

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Щербатов И.А.
	Идентификатор	R6b2590a8-ShcherbatovIA-d91ec17

И.А. Щербатов

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Щербатов И.А.
	Идентификатор	R6b2590a8-ShcherbatovIA-d91ec17

И.А. Щербатов

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: формирование знаний о математическом и компьютерном моделировании технологических процессов и производств, современных способах применения ЭВМ в исследовании и управлении системами.

Задачи дисциплины

- изучение теоретических основ и методов моделирования систем и процессов;
- изучение экспериментально-статистических и аналитических методов построения математических моделей;
- ознакомление с основными приемами компьютерного моделирования процессов и систем.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-1 Применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ИД-5 _{ОПК-1} Применяет математический аппарат численных методов	знать: - основы регрессионного анализа; - приемы, методы, способы формализации объектов, процессов, явлений и реализации их на компьютере; - основы корреляционного анализа. уметь: - планировать эксперименты.
ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ИД-2 _{ОПК-4} Применяет современные математические пакеты для моделирования и исследования задач профессиональной деятельности	уметь: - применять программные средства для компьютерного моделирования химических реакторов; - применять программные средства для компьютерного моделирования теплообменной аппаратуры; - применять программные средства для компьютерного моделирования гидравлической системы; - применять программные средства для компьютерного моделирования массообменных аппаратов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Автоматизация технологических процессов и производств (далее – ОПОП), направления подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы теплообмена
- знать основы механики жидкости и газа
- уметь применять информационные технологии для решения практических задач

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Основы моделирования систем и процессов	126	4	16	-	32	-	-	-	-	-	78	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по теме <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 16-29 [4], 27-102 [6], 21-51	
1.1	Введение в моделирование систем и процессов	18		4	-	4	-	-	-	-	-	10	-		
1.2	Экспериментальные методы построения моделей. Корреляционный анализ	70		6	-	16	-	-	-	-	-	48	-		
1.3	Экспериментальные методы построения моделей. Регрессионный анализ	6		2	-	4	-	-	-	-	-	-	-		
1.4	Планирование эксперимента	32		4	-	8	-	-	-	-	-	20	-		
	Зачет с оценкой	18.0		-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7		
	Всего за семестр	144.0		16	-	32	-	-	-	-	0.3	78	17.7		
	Итого за семестр	144.0		16	-	32	-		-		0.3	95.7			
2	Построение математической модели с помощью аналитических методов	64	5	16	-	32	-	-	-	-	-	16	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по теме <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 301-343 [3], 18-92	
2.1	Моделирование гидравлической	16		4	-	8	-	-	-	-	-	4	-		

	системы													[5], 24-151 [6], 62-73
2.2	Моделирование теплообменной аппаратуры	16		4	-	8	-	-	-	-	-	4	-	
2.3	Моделирование химических реакторов	16		4	-	8	-	-	-	-	-	4	-	
2.4	Моделирование массообменных аппаратов	16		4	-	8	-	-	-	-	-	4	-	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Курсовая работа (КР)	44.0		-	-	-	16	-	4	-	0.3	23.7	-	
	Всего за семестр	144.0		16	-	32	16	2	4	-	0.8	39.7	33.5	
	Итого за семестр	144.0		16	-	32	18		4		0.8	73.2		
	ИТОГО	288.0	-	32	-	64	18		4		1.1	168.9		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Основы моделирования систем и процессов

1.1. Введение в моделирование систем и процессов

Способы исследования систем и процессов. Основные понятия и определения математического моделирования. Первичный анализ данных.

1.2. Экспериментальные методы построения моделей. Корреляционный анализ

Введение в корреляционный анализ. Проверка адекватности математической модели.

1.3. Экспериментальные методы построения моделей. Регрессионный анализ

Введение в регрессионный анализ. Проверка адекватности математической модели.

1.4. Планирование эксперимента

Полный факторный эксперимент. Планирование эксперимента с помощью ПФЭ. Дробный факторный эксперимент.

2. Построение математической модели с помощью аналитических методов

2.1. Моделирование гидравлической системы

Порядок построения аналитических моделей. Составление гидравлической модели системы. Компьютерное моделирование гидравлической системы..

2.2. Моделирование теплообменной аппаратуры

Составление уравнений теплового баланса. Составление уравнений модели теплообменного аппарата. Компьютерное моделирование теплообменного аппарата.

2.3. Моделирование химических реакторов

Модели идеальных аппаратов. Составление комбинированных моделей процессов и аппаратов химической технологии. Составление уравнений материального баланса. Компьютерное моделирование емкости смешения. Моделирование химических реакций. Составление уравнений модели химической реакции. Компьютерное моделирование химического реактора.

2.4. Моделирование массообменных аппаратов

Моделирование насадочной колонны. Построение математической модели ректификационной колонны..

3.3. Темы практических занятий

1. Первичный анализ данных;
2. Корреляционный анализ;
3. Регрессионный анализ;
4. Полный факторный эксперимент;
5. Моделирование теплообменного оборудования в FlowVision;
6. Моделирование химических реакторов в FlowVision;
7. Моделирование насадочной колонны в FlowVision;
8. Моделирование ректификационной колонны в FlowVision.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Аудиторные консультации по теме курсовой работы

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Консультации по теме
2. Консультации по теме

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Индивидуальные консультации по теме курсовой работы

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 5 Семестр

Курсовая работа (КР)

Темы:

- Расчет и моделирование рекуперативного теплообменного аппарата

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 8	9 - 12	13 - 14	15	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	4	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	30	30	10	30	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	30	60	70	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Построение модели
2	Реализация модели в программном обеспечении
3	Подготовка РПЗ
4	Подготовка чертежей

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)		Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	
Знать:				
основы корреляционного анализа	ИД-5 _{ОПК-1}	+		Контрольная работа/Корреляционный анализ
приемы, методы, способы формализации объектов, процессов, явлений и реализации их на компьютере	ИД-5 _{ОПК-1}	+		Контрольная работа/Первичный анализ данных
основы регрессионного анализа	ИД-5 _{ОПК-1}	+		Контрольная работа/Регрессионный анализ
Уметь:				
планировать эксперименты	ИД-5 _{ОПК-1}	+		Контрольная работа/Полный факторный эксперимент
применять программные средства для компьютерного моделирования массообменных аппаратов	ИД-2 _{ОПК-4}		+	Контрольная работа/Моделирование массообменных аппаратов в FlowVision
применять программные средства для компьютерного моделирования гидравлической системы	ИД-2 _{ОПК-4}		+	Контрольная работа/Моделирование гидравлической системы в FlowVision
применять программные средства для компьютерного моделирования теплообменной аппаратуры	ИД-2 _{ОПК-4}		+	Контрольная работа/Моделирование теплообменного оборудования в FlowVision
применять программные средства для компьютерного моделирования химических реакторов	ИД-2 _{ОПК-4}		+	Контрольная работа/Моделирование химических реакторов в FlowVision

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

4 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Первичный анализ данных (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Корреляционный анализ (Контрольная работа)
2. Полный факторный эксперимент (Контрольная работа)
3. Регрессионный анализ (Контрольная работа)

5 семестр

Форма реализации: Защита задания

1. Моделирование массообменных аппаратов в FlowVision (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Моделирование гидравлической системы в FlowVision (Контрольная работа)
2. Моделирование теплообменного оборудования в FlowVision (Контрольная работа)
3. Моделирование химических реакторов в FlowVision (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №4)

Экзамен (Семестр №5)

Курсовая работа (КР) (Семестр №5)

Оценка за курсовой проект определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ». В приложение к диплому выносятся оценка за 2 семестр изучения дисциплины и за курсовой проект

В диплом выставляется оценка за 5 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Кафаров, В. В. Математическое моделирование основных процессов химических производств : учебное пособие для академического бакалавриата вузов по естественнонаучным направлениям / В. В. Кафаров, М. Б. Глебов . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2018 . – 403 с. – (Бакалавр. Академический курс) . - ISBN 978-5-534-07524-3 .;

2. Кафаров, В. В. Методы кибернетики в химии и химической технологии : учебник для вузов по специальности "Основные процессы химических производств и химическая кибернетика" / В. В. Кафаров . – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1985 . – 448 с. – (Для высшей школы) .;
3. Гартман, Т. Н. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов : учебное пособие для вузов по специальности "Основные процессы химических производств и химическая кибернетика" / Т. Н. Гартман, Д. В. Клушин . – М. : Академкнига, 2006 . – 416 с. - ISBN 5-946282-68-9 .;
4. Ахназарова, С. Л. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии : учебное пособие для химико-технологических специальностей вузов / С. Л. Ахназарова, В. В. Кафаров . – М. : Высшая школа, 1978 . – 319 с.;
5. Липин А. Г.- "Моделирование и расчет тепломассообменных процессов в технологических системах производства полимерных порошков", Издательство: "ИГХТУ", Иваново, 2018 - (174 с.)
<https://e.lanbook.com/book/127518>;
6. А. А. Крутько- "Математическое моделирование технологических процессов", Издательство: "Омский государственный технический университет (ОмГТУ)", Омск, 2019 - (141 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=682122>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. FlowVision;
5. Видеоконференции (Майнд, Сбедджаз, ВК и др).

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
6. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
7. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>
8. Информιο - <https://www.informio.ru/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Г-406, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Г-417, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая

Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Г-410, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Г-408, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-204, Информационно-библиографический отдел	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения книг, стол компьютерный, стул, шкаф для одежды, стол письменный, Витрина, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, журналы, книги, учебники, пособия
Помещения для консультирования	В-104-5, Преподавательская каф. "ТМПУ"	стол, стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, документы, журналы, книги, учебники, пособия
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	В-02, Архив	стеллаж для хранения книг, стол для работы с документами, стул

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование систем и процессов

(название дисциплины)

4 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Первичный анализ данных (Контрольная работа)
 КМ-2 Корреляционный анализ (Контрольная работа)
 КМ-3 Регрессионный анализ (Контрольная работа)
 КМ-4 Полный факторный эксперимент (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	14
1	Основы моделирования систем и процессов					
1.1	Введение в моделирование систем и процессов		+			
1.2	Экспериментальные методы построения моделей. Корреляционный анализ			+		
1.3	Экспериментальные методы построения моделей. Регрессионный анализ				+	
1.4	Планирование эксперимента					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25

5 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-5 Моделирование гидравлической системы в FlowVision (Контрольная работа)
 КМ-6 Моделирование теплообменного оборудования в FlowVision (Контрольная работа)
 КМ-7 Моделирование химических реакторов в FlowVision (Контрольная работа)
 КМ-10 Моделирование массообменных аппаратов в FlowVision (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-10
		Неделя КМ:	4	8	12	14
1	Построение математической модели с помощью аналитических методов					
1.1	Моделирование гидравлической системы		+			

1.2	Моделирование теплообменной аппаратуры		+		
1.3	Моделирование химических реакторов			+	
1.4	Моделирование массообменных аппаратов				+
Вес КМ, %:		25	25	25	25

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Моделирование систем и процессов

(название дисциплины)

5 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:

- КМ-1 Контроль построения модели
- КМ-2 Контроль программной реализации модели
- КМ-3 Контроль подготовки РПЗ
- КМ-4 Контроль подготовки чертежей

Вид промежуточной аттестации – защита КР.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	8	12	14	15
1	Построение модели		+			
2	Реализация модели в программном обеспечении			+		
3	Подготовка РПЗ				+	
4	Подготовка чертежей					+
Вес КМ, %:			30	30	10	30