

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Автоматизированные системы управления объектами тепловых и атомных электрических станций

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**МЕТОДЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.11.01.01</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>1 семестр - 4;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>144 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>1 семестр - 16 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>1 семестр - 32 часа;</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1 семестр - 95,7 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> <b>Тестирование</b> <b>Лабораторная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>1 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Косой А.А.
	Идентификатор	Rf765ead2-KosoyAA-01b8e7ed

А.А. Косой


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мезин С.В.
	Идентификатор	R420ae592-MezinSV-dc40cfee

С.В. Мезин

Заведующий выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мезин С.В.
	Идентификатор	R420ae592-MezinSV-dc40cfee

С.В. Мезин

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение основ и общих принципов создания имитационных моделей для статических и динамических объектов управления и их реализации в системах управления теплоэнергетическими объектами; методов математического описания линейными, нелинейными и рекуррентными уравнениями, а также анализа и синтеза элементов и систем управления

### Задачи дисциплины

- освоение принципов построения статических и динамических имитационных моделей теплотехнических объектов;
- изучение основных свойств объектов управления, освоение методов математического описания динамических систем, в том числе нелинейных и дискретных систем;
- изучение основных алгоритмов управления, в том числе – нелинейных и дискретных, освоение основных методов анализа и синтеза систем управления;
- овладение основами обоснования конкретных технических решений при выборе структуры и видов имитационных математических моделей автоматической системы управления, алгоритма работы регулятора и критерия качества управления.

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
ПК-2 Способен участвовать в организации разработки, внедрения и сопровождения АСУТП, разработке мероприятий по повышению качества АСУ ТП и её элементов	ИД-2ПК-2 Применяет методы имитационного моделирования для разработки АСУТП объектов энергетики	знать: - теоретические и практические основы имитационного моделирования объектов и систем управления; - основы математического описания динамических систем; - решение и анализ динамических характеристик элементарных динамических звеньев и их соединений.  уметь: - технически грамотно проводить анализ результатов расчетов устойчивости и динамики объектов управления; - оценивать качество оптимизации систем регулирования; - определить потребность в математических методах расчета и анализа оптимальности работы систем регулирования.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Автоматизированные системы управления объектами тепловых и атомных электрических станций (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Дисциплина базируется на уровне бакалавриата

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 4 зачетных единицы, 144 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	Введение задачи моделирования и оптимизации в технике	16	1	2	4	-	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [5], 3-18	
1.1	Введение задачи моделирования и оптимизации в технике	16		2	4	-	-	-	-	-	-	-	10		-
2	Предпосылки к переходу к численным методам моделирования и оптимизации систем управления	16		2	4	-	-	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 26-67
2.1	Предпосылки к переходу к численным методам моделирования и оптимизации систем управления	16		2	4	-	-	-	-	-	-	-	10	-	
3	Математическое описание численных имитационных моделей систем управления	20		2	4	-	-	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], 192-165
3.1	Математическое описание численных имитационных	20		2	4	-	-	-	-	-	-	-	14	-	

	моделей систем управления												
4	Математическая постановка задач оптимизации систем управления	16	2	4	-	-	-	-	-	-	10	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [1], 4-52
4.1	Математическая постановка задач оптимизации систем управления	16	2	4	-	-	-	-	-	-	10	-	
5	Автоматизация решений задач оптимизации	16	2	4	-	-	-	-	-	-	10	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [4], 82-191
5.1	Автоматизация решений задач оптимизации	16	2	4	-	-	-	-	-	-	10	-	
6	Этапы решения задач численной оптимизации	24	4	6	-	-	-	-	-	-	14	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [2], 32-82
6.1	Этапы решения задач численной оптимизации	24	4	6	-	-	-	-	-	-	14	-	
7	Варианты планов анализа и синтеза оптимальных АСР численными методами	18	2	6	-	-	-	-	-	-	10	-	
7.1	Варианты планов анализа и синтеза оптимальных АСР численными методами	18	2	6	-	-	-	-	-	-	10	-	
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>78</b>	<b>17.7</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>95.7</b>		

**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. Введение задачи моделирования и оптимизации в технике

#### 1.1. Введение задачи моделирования и оптимизации в технике

Задачи моделирования и оптимизации в технике. Классификация моделей, их задач и методов решения. Пример использования имитационных моделей в классических задачах анализа и синтеза линейных систем регулирования. Проблема искажения характера работы АСР с типовыми содержащими нелинейные элементы регуляторами. Существующие программы и задачи, использующие численные алгоритмы оптимизации..

### 2. Предпосылки к переходу к численным методам моделирования и оптимизации систем управления

#### 2.1. Предпосылки к переходу к численным методам моделирования и оптимизации систем управления

Характерные особенности численных методов. Достоинства и недостатки численных методов анализа и оптимизации систем управления. Перспективы использования численных методов для повышения качества анализа и оптимизации систем управления..

### 3. Математическое описание численных имитационных моделей систем управления

#### 3.1. Математическое описание численных имитационных моделей систем управления

Рекуррентные выражения первого порядка - основа численных имитационных математических моделей систем управления. Методы получения рекуррентных выражений для численного моделирования элементарных динамических звеньев. Синтез сложных численных моделей из соединений элементарных звеньев. Алгоритмы вычисления рекуррентных выражений сложных динамических систем, содержащих последовательные и параллельные соединения. Алгоритмы вычисления последовательных и параллельных соединений рекуррентных выражений сложных динамических систем с обратными связями. Декомпозиция сложных передаточных функций высокого порядка в схемы соединения элементарных динамических звеньев. Конфигурирование из рекуррентных выражений элементарных динамических звеньев универсальной программы-функции имитационной модели системы управления.

### 4. Математическая постановка задач оптимизации систем управления

#### 4.1. Математическая постановка задач оптимизации систем управления

Оптимизируемая функция и оптимизируемый показатель. Физический смысл оптимизируемого показателя. Метод получения оптимизируемого показателя (аналитический или алгоритмический). Размерность задачи оптимизации (число аргументов, от которых зависит значение оптимизируемого показателя). Классификация задач (безусловные и условные, одно и многоэкстремальные). Понятие локального и глобального экстремума. Виды ограничений на диапазоны изменения аргументов оптимизируемой функции..

### 5. Автоматизация решений задач оптимизации

#### 5.1. Автоматизация решений задач оптимизации

Градиентные и логические (численные), регулярные и эволюционные (случайные) алгоритмы поиска оптимального решения. Описание принципов работы регулярных и случайных эволюционных алгоритмов поиска оптимальных решений на примерах

алгоритмов деформируемого многогранника и модифицированного генетического. Правила работы, требуемые для работы данные и выводимые результаты решения прикладными программами в Mathcad Opt(...) и MGA(...). Назначение и правила конфигурации программы-функции Sqr(x)..

## 6. Этапы решения задач численной оптимизации

### 6.1. Этапы решения задач численной оптимизации

Техническая постановка цели задачи (проектное исследование или рабочий алгоритм управления объектом регулирования), выбор оптимизируемого показателя и искомым переменных (настроечных параметров регулятора при оптимизации системы регулирования). Адаптация к поставленной в п. 6.1 задаче рекомендованной в п. 3.7 типовой программы-функции имитационной модели АСР. Испытание исследуемой модели. По выбранным каналам расчет и построение графиков переходных процессов, а также, при необходимости, расчет и построение нескольких точек годографа КЧХ по выбранным каналам. Известными методами, например, методом ВТИ предварительное определение оптимальных параметров ПИ- или ПИД-регулятора. Для задач двумерной оптимизации (оптимизации настроечных параметров ПИ-регуляторах или ПИД-, в которых Д-составляющая задана константой) изучение топологии поверхностей откликов для выбранных значений показателей оптимальности и показателей запаса устойчивости в окрестности предполагаемых значений настроечных параметров  $k_p$  и  $k_i$ . Для подготовленной задаче разработка структуры и написание обращения к программе-функции Sqr(x). Постановка задачи оптимизации на решение. Отладка программ. Получение и анализ результатов. Для найденных оптимальных значений настроечных параметров в задаче двумерной оптимизации (оптимизации настроечных параметров ПИ-регуляторах или ПИД-, в которых Д-составляющая задана константой) изучение топологии поверхностей откликов для выбранных значений показателей оптимальности и показателей запаса устойчивости в окрестности предполагаемых значений настроечных параметров  $k_p$  и  $k_i$ . При необходимости, перенастройка программы исследования на получение новых показателей работы системы регулирования. Для этого требуется изменить структуру и содержание программы-функции Sqr(x) и программы-функции имитационной модели АСР..

## 7. Варианты планов анализа и синтеза оптимальных АСР численными методами

### 7.1. Варианты планов анализа и синтеза оптимальных АСР численными методами

Раздельная настройка ПИ- и ПИД- регуляторов в линейной или нелинейной одноконтурной АСР на возмущения по каналам задания или регулирования на минимум одного из выбранных интегралов (Iлин, I кв или I мод) при ограничении, например, на заданную степень затухания  $\square$  и дополнительное техническое ограничение на максимальное отклонение регулируемой величины или скорость изменения регулирующего воздействия, Одновременная настройка ПИ- и ПИД- регуляторов в линейной или нелинейной одноконтурной АСР на совместные действия возмущений с разными знаками по каналам задания и регулирования на перечисленные в п. 7.1 показатели качества и ограничения. Одновременная настройка регуляторов во внешнем и внутреннем контурах на возмущения по выбранным каналам на минимум одного из интегралов во внешнем контуре при ограничении на запас устойчивости и скорость изменения регулирующего органа во внутреннем контуре. Введение в имитационную модель объекта регулирования и регулятора различного вида релейных или мультипликативных нелинейностей, исследование и оптимизация настроек для линейных или нелинейных регуляторов. Введение в число оптимизируемых настроечных параметров, имеющих в составе реальных регуляторов, нелинейных элементов регуляторов (например, минимальная длительность импульса для

ШИМ  $\square$  тимп или скорость ИМ СИМ) и совместное с  $k_p$  и  $k_u$  определение их оптимальных значений. Расчет оптимальных значений настроечных параметров регуляторов для различных, установленных значений параметров нелинейностей в объекте регулирования и в регуляторе с дальнейшим построением графиков зависимостей показателей работы АСР от значения параметра исследуемой нелинейности. Создание имитационных моделей – математических инструментов для исследования качества работы перспективных алгоритмов и устройств оптимального и адаптивного управления статическими и динамическими объектами управления..

### **3.3. Темы практических занятий**

не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Изучение принципов создания и отладки имитационных моделей в виде рекуррентных выражений линейных элементарных динамических звеньев и схем их соединений в программной среде MathCAD;
2. Исследование работы имитационных моделей в виде рекуррентных выражений для изучения переходных процессов и фазовых траекторий при подаче на входы нелинейных элементарных динамических звеньев и их соединений ступенчатых и гармонических возмущений в программной среде MATLAB Simulink;
3. Изучение принципов и методов работы численных многопараметрических задач оптимизации;
4. Изучение переходных процессов ступенчатых и гармонических возмущений линейных элементарных динамических звеньев и их соединений в MATLAB Simulink;
5. Исследование программного обеспечения MathCAD для моделирования работы АСР при действии ступенчатых возмущений по каналам задания и регулирования;
6. Исследование программного обеспечения MATLAB Simulink для моделирования работы АСР при действии ступенчатых возмущений по каналам задания и регулирования;
7. Изучение принципов создания имитационных моделей в виде рекуррентных выражений для изучения переходных процессов и фазовых траекторий нелинейных элементарных динамических звеньев и их соединений в программной среде MathCAD;
8. Изучение программных модулей для решения тестовых задач численной оптимизации функций  $F_u(x, a_0, a_1, a_2)$  в программной среде MATLAB Simulink.

### **3.5 Консультации**

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 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	3	4	5	6	7	
<b>Знать:</b>									
решение и анализ динамических характеристик элементарных динамических звеньев и их соединений	ИД-2ПК-2					+	+	+	Тестирование/Решение и анализ динамических характеристик элементарных динамических звеньев и их соединений
основы математического описания динамических систем	ИД-2ПК-2			+	+				Тестирование/Математическое описание динамических систем
теоретические и практические основы имитационного моделирования объектов и систем управления	ИД-2ПК-2	+	+						Тестирование/Основные понятия управления, термины и определения. Теоретические и практические основы имитационного моделирования объектов и систем управления
<b>Уметь:</b>									
определить потребность в математических методах расчета и анализа оптимальности работы систем регулирования	ИД-2ПК-2			+	+	+			Лабораторная работа/Изучение переходных процессов ступенчатых и гармонических возмущений линейных элементарных динамических звеньев и их соединений в MATLAB Simulink  Лабораторная работа/Изучение принципов создания имитационных моделей в виде рекуррентных выражений для изучения переходных процессов и фазовых траекторий нелинейных элементарных динамических звеньев и их соединений в программной среде MathCAD  Лабораторная работа/Изучение принципов создания и отладки имитационных моделей в виде рекуррентных выражений линейных элементарных динамических звеньев и схем их соединений в программной среде MathCAD

								Лабораторная работа/Исследование работы имитационных моделей в виде рекуррентных выражений для изучения переходных процессов и фазовых траекторий при подаче на входы нелинейных элементарных динамических звеньев и их соединений ступенчатых и гармонических возмущений в программной среде MATLAB Simulink
оценивать качество оптимизации систем регулирования	ИД-2ПК-2				+	+	+	Лабораторная работа/Изучение принципов и методов работы численных многопараметрических задач оптимизации Лабораторная работа/Изучение программных модулей для решения тестовых задач численной оптимизации функций $F_u(x, a_0, a_1, a_2)$ в программной среде MATLAB Simulink
технически грамотно проводить анализ результатов расчетов устойчивости и динамики объектов управления	ИД-2ПК-2							+ Лабораторная работа/Исследование программного обеспечения MathCAD для моделирования работы АСР при действии ступенчатых возмущений по каналам задания и регулирования Лабораторная работа/Исследование программного обеспечения MATLAB Simulink для моделирования работы АСР при действии ступенчатых возмущений по каналам задания и регулирования

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

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **1 семестр**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Изучение программных модулей для решения тестовых задач численной оптимизации функций  $F_u(x, a_0, a_1, a_2)$  в программной среде MATLAB Simulink (Лабораторная работа)
2. Исследование программного обеспечения MathCAD для моделирования работы АСР при действии ступенчатых возмущений по каналам задания и регулирования (Лабораторная работа)
3. Исследование программного обеспечения MATLAB Simulink для моделирования работы АСР при действии ступенчатых возмущений по каналам задания и регулирования (Лабораторная работа)
4. Математическое описание динамических систем (Тестирование)
5. Основные понятия управления, термины и определения. Теоретические и практические основы имитационного моделирования объектов и систем управления (Тестирование)
6. Решение и анализ динамических характеристик элементарных динамических звеньев и их соединений (Тестирование)

Форма реализации: Защита задания

1. Изучение переходных процессов ступенчатых и гармонических возмущений линейных элементарных динамических звеньев и их соединений в MATLAB Simulink (Лабораторная работа)
2. Изучение принципов и методов работы численных многопараметрических задач оптимизации (Лабораторная работа)
3. Изучение принципов создания и отладки имитационных моделей в виде рекуррентных выражений линейных элементарных динамических звеньев и схем их соединений в программной среде MathCAD (Лабораторная работа)
4. Изучение принципов создания имитационных моделей в виде рекуррентных выражений для изучения переходных процессов и фазовых траекторий нелинейных элементарных динамических звеньев и их соединений в программной среде MathCAD (Лабораторная работа)
5. Исследование работы имитационных моделей в виде рекуррентных выражений для изучения переходных процессов и фазовых траекторий при подаче на входы нелинейных элементарных динамических звеньев и их соединений ступенчатых и гармонических возмущений в программной среде MATLAB Simulink (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №1)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ "МЭИ" на основе семестровой и аттестационной составляющих

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

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

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1 Печатные и электронные издания:

1. Андрюшин, А. В. Управление и инноватика в теплоэнергетике : учебное пособие для вузов по направлению "Теплоэнергетика" / А. В. Андрюшин, В. Р. Сабанин, Н. И. Смирнов . – М. : Издательский дом МЭИ, 2011 . – 392 с. - ISBN 978-5-383-00539-2 .  
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=4186>;
2. Муромцев, Д. Ю. Математическое обеспечение САПР : учебное пособие / Д. Ю. Муромцев, И. В. Тюрин . – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб. : Лань-Пресс, 2019 . – 464 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-1573-1 .;
3. Тарасик, В. П. Математическое моделирование технических систем : Учебник для технических специальностей вузов / В. П. Тарасик . – Мн. : Дизайн ПРО, 1997 . – 640 с. – (Ученый. Инженер. Студент. Учащийся ) : 44.80 .;
4. Петров, М. Н. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем : учебное пособие для вузов по специальности 210104 (200100) - "Микроэлектроника и твердотельная электроника" / М. Н. Петров, Г. В. Гудков . – СПб. : Лань-Пресс, 2019 . – 464 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-1075-0 .;
5. Алябьева Е. В.- "Имитационное моделирование", Издательство: "АлтГПУ", Барнаул, 2016 - (48 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/112166>.

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux.

### 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](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
6. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru>;  
<http://docs.cntd.ru/>
7. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для	В-210/6, Лаборатория	стол компьютерный, стул, шкаф, тумба,

проведения лабораторных занятий	"АСУТП"	доска меловая, сервер, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	С-204, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	В-210/7в, Преподавательская	кресло рабочее, стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, стол для совещаний, экран, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	В-210/8а, Архив	шкаф

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Методы имитационного моделирования

(название дисциплины)

#### 1 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Основные понятия управления, термины и определения. Теоретические и практические основы имитационного моделирования объектов и систем управления (Тестирование)
- КМ-2 Изучение принципов создания и отладки имитационных моделей в виде рекуррентных выражений линейных элементарных динамических звеньев и схем их соединений в программной среде MathCAD (Лабораторная работа)
- КМ-3 Изучение переходных процессов ступенчатых и гармонических возмущений линейных элементарных динамических звеньев и их соединений в MATLAB Simulink (Лабораторная работа)
- КМ-4 Математическое описание динамических систем (Тестирование)
- КМ-5 Изучение принципов создания имитационных моделей в виде рекуррентных выражений для изучения переходных процессов и фазовых траекторий нелинейных элементарных динамических звеньев и их соединений в программной среде MathCAD (Лабораторная работа)
- КМ-6 Исследование работы имитационных моделей в виде рекуррентных выражений для изучения переходных процессов и фазовых траекторий при подаче на входы нелинейных элементарных динамических звеньев и их соединений ступенчатых и гармонических возмущений в программной среде MATLAB Simulink (Лабораторная работа)
- КМ-7 Изучение принципов и методов работы численных многопараметрических задач оптимизации (Лабораторная работа)
- КМ-8 Изучение программных модулей для решения тестовых задач численной оптимизации функций  $F_u(x, a_0, a_1, a_2)$  в программной среде MATLAB Simulink (Лабораторная работа)
- КМ-9 Исследование программного обеспечения MathCAD для моделирования работы АСР при действии ступенчатых возмущений по каналам задания и регулирования (Лабораторная работа)
- КМ-10 Решение и анализ динамических характеристик элементарных динамических звеньев и их соединений (Тестирование)
- КМ-11 Исследование программного обеспечения MATLAB Simulink для моделирования работы АСР при действии ступенчатых возмущений по каналам задания и регулирования (Лабораторная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ -1	КМ -2	КМ -3	КМ -4	КМ -5	КМ -6	КМ -7	КМ -8	КМ -9	КМ -10	КМ -11
		Неделя КМ:	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15
1	Введение задачи моделирования и оптимизации в технике												
1.1	Введение задачи моделирования и	+											

	оптимизации в технике											
2	Предпосылки к переходу к численным методам моделирования и оптимизации систем управления											
2.1	Предпосылки к переходу к численным методам моделирования и оптимизации систем управления	+	+	+		+	+					
3	Математическое описание численных имитационных моделей систем управления											
3.1	Математическое описание численных имитационных моделей систем управления		+	+	+	+	+					
4	Математическая постановка задач оптимизации систем управления											
4.1	Математическая постановка задач оптимизации систем управления		+	+	+	+	+	+	+			
5	Автоматизация решений задач оптимизации											
5.1	Автоматизация решений задач оптимизации							+	+		+	
6	Этапы решения задач численной оптимизации											
6.1	Этапы решения задач численной оптимизации							+	+		+	
7	Варианты планов анализа и синтеза оптимальных АСР											

	численными методами											
7.1	Варианты планов анализа и синтеза оптимальных АСР численными методами									+	+	+
Вес КМ, %:		9	8	8	9	8	8	9	10	8	8	15