

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

---

Направление подготовки/специальность: 27.03.04 Управление в технических системах

Наименование образовательной программы: Управление и информатика в технических системах

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины  
МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**


|  |   |
|--|---|
| <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.08</b>  |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>                             | <b>7 семестр - 4;</b>   |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>                              | <b>144 часа</b>   |
| <b>Лекции</b>  | <b>7 семестр - 48 часа;</b>                                     |
| <b>Практические занятия</b>  | <b>не предусмотрено учебным планом</b>                          |
| <b>Лабораторные работы</b>   | <b>7 семестр - 16 часов;</b>                                    |
| <b>Консультации</b>  | <b>7 семестр - 2 часа;</b>                                      |
| <b>Самостоятельная работа</b>  | <b>7 семестр - 77,5 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><br><b>Тестирование</b><br><b>Лабораторная работа</b> |   |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>                                     |   |
| <b>Экзамен</b>   | <b>7 семестр - 0,5 часа;</b>                                    |

**Москва 2021**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

**Преподаватель**

(должность)

|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                               |
|   | <b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>                       |                               |
|   | Владелец  | Елисеев В.Л.                  |
|   | Идентификатор   | R37a37292-YeliseevVL-9b2e3978 |

(подпись)


**В.Л. Елисеев**

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель образовательной программы**

(должность, ученая степень, ученое звание)

|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                               |
|   | <b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>                       |                               |
|   | Владелец  | Сидорова Е.Ю.                 |
|   | Идентификатор   | R0dee6ce9-SidorovaYY-923dc6a8 |

(подпись)

**Е.Ю. Сидорова**

(расшифровка подписи)

**Заведующий выпускающей кафедры**

(должность, ученая степень, ученое звание)

|   |   |                                |
|---|---|--------------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                                |
|   | <b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>                       |                                |
|   | Владелец  | Бобряков А.В.                  |
|   | Идентификатор   | R2c90f415-BobriakovAV-70dec1fa |

(подпись)

**А.В. Бобряков**

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** приобретение студентами необходимых знаний в области методов построения формализованных математических моделей объектов управления, освоение основных принципов и подходов, применяемых в процессе реализации инструментальных моделей, в том числе на базе современных технологий компьютерного моделирования.

### Задачи дисциплины

- образование студентов по вопросам построения формализованных моделей систем управления и применения современных средств моделирования на этапе реализации инструментальной модели;
- приобретение студентами навыков решения задач анализа и синтеза систем автоматического управления на базе проведения вычислительного эксперимента..

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-1 Способен проводить натурные и вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления | ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Применяет современные среды программирования для подготовки и проведения экспериментов по заданным методикам и обработки их результатов                | знать:<br>- формы представления систем в пространстве состояний, постановку дифференциальных задач и методы численного их решения.;<br>- основные этапы создания моделей, виды и способы моделирования технических систем;.<br><br>уметь:<br>- составлять и преобразовывать модели динамических систем.;<br>- классифицировать модели динамических систем;. |
| ПК-1 Способен проводить натурные и вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления | ИД-4 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание алгоритмов решения типовых задач моделирования процессов и объектов автоматизации и управления, областей и способов их применения | знать:<br>- возможности пакетов компьютерного моделирования детерминированных и стохастических систем.;<br>- принципы построения компьютерных имитационных моделей;.<br><br>уметь:<br>- осваивать программные комплексы для моделирования систем;;<br>- пользоваться инструментальными системами компьютерного моделирования.                               |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Управление и информатика в технических системах (далее – ОПОП), направления подготовки 27.03.04 Управление в технических системах, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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     | Формализованные представления моделей описания динамических систем в пространстве состояний и общие подходы к работе с ними. | 10                    | 7       | 6  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 4                 | -                                 | <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br/>Повторение материала по разделу "Формализованные представления моделей описания динамических систем в пространстве состояний и общие подходы к работе с ними."<br/><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Формализованные представления моделей описания динамических систем в пространстве состояний и общие подходы к работе с ними."<br/><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], стр. 139-163<br/>[6], стр. 4-69</p> |   |
| 1.1   | Основные понятия теории моделирования  | 5                     |         | 3  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 2                 | -                                 |   |   |
| 1.2   | Принцип системного подхода в компьютерном моделировании систем управления.   | 5                     |         | 3  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 2                                 |   | - |
| 2     | Методы преобразования исходных моделей описания динамических систем в аналоговую структурную и векторно-матричную форму      | 20                    |         | 8  | 4   | -  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 8                                 |   | - |
| 2.1   | Аналоговые структурные модели  | 10                    | 4       | 2  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 4                 | -                                 | <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы преобразования исходных моделей описания динамических систем в аналоговую структурную и векторно-матричную форму"<br/><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b><br/>Изучение материалов по разделу Методы преобразования исходных моделей описания динамических систем в аналоговую</p>  |   |

|     |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|-----|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
|     | динамических систем.  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 2.2 | Способы получения моделей описания систем в векторно-матричной форме и преобразования к пространству состояний. | 10 | 4 | 2 | - | - | - | - | - | - | 4 | - | структурную и векторно-матричной форму и подготовка к контрольной работе<br><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Методы преобразования исходных моделей описания динамических систем в аналоговую структурную и векторно-матричной форму" материалу.<br><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Методы преобразования исходных моделей описания динамических систем в аналоговую структурную и векторно-матричной форму"<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], стр. 55-86<br>[4], стр. 4-12 |  |
| 3   | Переходная матрица состояния и матричная передаточная функция для моделей в непрерывном и дискретном времени    | 18 | 8 | 4 | - | - | - | - | - | - | 6 | - | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Переходная матрица состояния и матричная передаточная функция для моделей в непрерывном и дискретном времени"<br><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b>   |  |
| 3.1 | Матричная форма представления динамической системы.   | 5  | 2 | 1 | - | - | - | - | - | - | 2 | - | Изучение материалов по разделу Переходная матрица состояния и матричная передаточная функция для моделей в непрерывном и дискретном времени и подготовка к контрольной работе   |  |
| 3.2 | Переходная матрица состояния стационарной линейной динамической системы   | 4  | 2 | 1 | - | - | - | - | - | - | 1 | - | <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в  |  |
| 3.3 | Многосвязные  | 4  | 2 | 1 | - | - | - | - | - | - | 1 | - |   |  |

|     |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|-----|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
|     | системы.  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 3.4 | Дискретные системы управления.  | 5  | 2 | 1 | - | - | - | - | - | - | 2 | - | разделе "Переходная матрица состояния и матричная передаточная функция для моделей в непрерывном и дискретном времени" материалу.<br><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br>Повторение материала по разделу "Переходная матрица состояния и матричная передаточная функция для моделей в непрерывном и дискретном времени"<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[4], стр. 13-19 |  |
| 4   | Численные методы моделирования систем, описываемых в форме уравнений состояния. | 16 | 6 | 4 | - | - | - | - | - | - | 6 | - | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Численные методы моделирования систем, описываемых в форме уравнений состояния."  |  |
| 4.1 | Обзор численных методов интегрирования нелинейных уравнений состояния           | 16 | 6 | 4 | - | - | - | - | - | - | 6 | - | <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br>Повторение материала по разделу "Численные методы моделирования систем, описываемых в форме уравнений состояния."<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], стр. 797-822<br>[2], стр. 86-115<br>[4], стр. 20-30<br>[8], стр. 4-42  |  |
| 5   | Инструментальные средства моделирования систем управления                       | 10 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 6 | - | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Инструментальные средства моделирования систем управления"  |  |
| 5.1 | Современные технологии компьютерного моделирования.                             | 5  | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 3 | - | <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b><br>Изучение материалов по разделу Инструментальные средства моделирования систем управления и подготовка к контрольной работе  |  |
| 5.2 | Особенности реализации  | 5  | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 3 | - |   |  |

|     |   |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|---|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|     | компьютерных моделей динамических систем на базе средств Matlab/Simulink.                         |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   | <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Инструментальные средства моделирования систем управления" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Инструментальные средства моделирования систем управления"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], стр. 815-822<br/>[9], стр. 497-503, 523-556, 754-760</p> |
| 6   | Методы моделирования объектов и систем с распределёнными параметрами                              | 22 | 10 | 4 | - | - | - | - | - | - | 8 | - | <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы моделирования объектов и систем с распределёнными параметрами"</p>  |
| 6.1 | Объекты и системы с распределёнными параметрами.  | 3  | 1  | 1 | - | - | - | - | - | - | 1 | - | <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Методы моделирования объектов и систем с распределёнными параметрами" материалу.</p>   |
| 6.2 | Метод конечных разностей (МКР) для моделирования объектов и систем с распределёнными параметрами. | 5  | 2  | 2 | - | - | - | - | - | - | 1 | - | <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Методы моделирования объектов и систем с распределёнными параметрами"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[2], стр. 531-546, 569-582<br/>[3], стр. 38-58</p>  |
| 6.3 | Аппроксимация одномерного параболического оператора по схеме с весами                             | 2  | 1  | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - |   |
| 6.4 | Разностные схемы для моделирования многомерных  | 3  | 2  | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - |   |



|     |  |      |   |   |   |   |   |   |   |     |   |      |   |
|-----|--|------|---|---|---|---|---|---|---|-----|---|------|---|
|     | распределённых объектов.   |      |   |   |   |   |   |   |   |     |   |      | [4], стр. 31-42   |
| 6.5 | Математические основания метода конечных элементов: проекционный и вариационный подходы. | 4    | 1 | 1 | - | - | - | - | - | -   | 2 | -    |   |
| 6.6 | Метод конечных элементов для решения задачи теплопроводности.                            | 2    | 1 | - | - | - | - | - | - | -   | 1 | -    |   |
| 6.7 | Вычислительные архитектуры для решения задач с распределёнными параметрами.              | 3    | 2 | - | - | - | - | - | - | -   | 1 | -    |   |
| 7   | Моделирование случайных процессов и систем управления при случайных воздействиях         | 12   | 6 | - | - | - | - | - | - | -   | 6 | -    | <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br>Повторение материала по разделу "Моделирование случайных процессов и систем управления при случайных воздействиях"                                 |
| 7.1 | Задачи моделирования стохастических систем.  | 4    | 2 | - | - | - | - | - | - | -   | 2 | -    | <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b><br>Изучение материалов по разделу Моделирование случайных процессов и систем управления при случайных воздействиях и подготовка к контрольной работе |
| 7.2 | Определение систем массового обслуживания (СМО) и основные термины.                      | 4    | 2 | - | - | - | - | - | - | -   | 2 | -    | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Моделирование случайных процессов и систем управления при случайных воздействиях"   |
| 7.3 | Параметры и классификация систем массового обслуживания                                  | 4    | 2 | - | - | - | - | - | - | -   | 2 | -    | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[5], стр. 35-88<br>[7], стр. 9-42   |
|     | Экзамен  | 36.0 | - | - | - | - | 2 | - | - | 0.5 | - | 33.5 |   |

|  |                  |       |  |    |    |   |   |   |   |   |     |    |      |  |
|--|------------------|-------|--|----|----|---|---|---|---|---|-----|----|------|--|
|  | Всего за семестр | 144.0 |  | 48 | 16 | - | - | 2 | - | - | 0.5 | 44 | 33.5 |  |
|  | Итого за семестр | 144.0 |  | 48 | 16 | - | 2 |   | - |   | 0.5 |    | 77.5 |  |

**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. Формализованные представления моделей описания динамических систем в пространстве состояний и общие подходы к работе с ними.

##### 1.1. Основные понятия теории моделирования

Задачи моделирования систем. Классификация. Основные понятия теории моделирования. Этапы создания модели. Основные направления применения моделей в задачах исследования и проектирования систем..

##### 1.2. Принцип системного подхода в компьютерном моделировании систем управления.

Формы описания моделей объектов и систем с точки зрения их вычислительной реализации. Описание математических моделей динамических систем в пространстве состояний. Методы упрощения моделей. Структурные представления систем управления, описываемых уравнениями состояния. Пример описания динамической системы в векторно-матричной форме..

#### 2. Методы преобразования исходных моделей описания динамических систем в аналоговую структурную и векторно-матричную форму

##### 2.1. Аналоговые структурные модели динамических систем.

Способы построения аналоговых структурных моделей для динамических объектов 1-го и 2-го порядков и для односвязной линейной системы, описываемой уравнением общего вида. Назначение аналоговых структурных моделей..

2.2. Способы получения моделей описания систем в векторно-матричной форме и преобразования к пространству состояний.

Стандартная форма описания на основе структурной модели. Получение модели описания нормальной форме на основе решения характеристического уравнения (случай простых и кратных корней)..

#### 3. Переходная матрица состояния и матричная передаточная функция для моделей в непрерывном и дискретном времени

##### 3.1. Матричная форма представления динамической системы.

Приведение нормальной формы описания динамической системы к канонической форме путём линейного преобразования на основе матрицы собственных векторов и путем решения характеристического уравнения. Пример преобразования в каноническую форму. Способ получения уравнений состояния на основе структурной блок-схемы многосвязной динамической системы..

##### 3.2. Переходная матрица состояния стационарной линейной динамической системы

Способы получения переходной матрицы состояния: на основе приближённого суммирования матричной экспоненты, путём обратного преобразования Лапласа фундаментальной матрицы системы, на основе определения собственных чисел исходной матрицы состояния. Переходная матрица состояния нестационарной линейной динамической системы. Пример расчета переходной матрицы для нестационарной системы..

##### 3.3. Многосвязные системы.

Управляемость и наблюдаемость. Матричная передаточная функция (МПФ) многосвязной линейной динамической системы, определение и способ получения. Пример нахождения МПФ. Управляемость и наблюдаемость динамической системы..

#### 3.4. Дискретные системы управления.

Виды моделей дискретных систем: z-преобразование передаточной функции, уравнения в пространстве состояний, переходная матрица, модели временных рядов АРСС и их нелинейные варианты..

### 4. Численные методы моделирования систем, описываемых в форме уравнений состояния.

4.1. Обзор численных методов интегрирования нелинейных уравнений состояния одношаговые и многошаговые методы интегрирования, методы Рунге-Кутты, порядок точности метода, методы «прогноз-коррекция.

### 5. Инструментальные средства моделирования систем управления

#### 5.1. Современные технологии компьютерного моделирования.

Существующие требования и стандарты к специальному программному обеспечению. Характеристики пакетов для моделирования систем управления (LabVIEW, VisSim, SimInTech)..

5.2. Особенности реализации компьютерных моделей динамических систем на базе средств Matlab/Simulink.

Возможности представления моделей линейных и нелинейных динамических систем в среде Simulink. S-функции как инструмент реализации произвольных моделей..

### 6. Методы моделирования объектов и систем с распределёнными параметрами

#### 6.1. Объекты и системы с распределёнными параметрами.

Классификация и форма математического описания ОРП. Получение модели описания распределённого объекта в форме краевой задачи на примерах продольных колебаний в тонком стержне и объекта теплопроводности. Пример моделирования волновых процессов в сейморазведке..

6.2. Метод конечных разностей (МКР) для моделирования объектов и систем с распределёнными параметрами.

Основные понятия МКР: разностная сетка, сеточная функция, шаблон, аппроксимация. Сеточная аппроксимация дифференциального оператора. Примеры аппроксимации простейших дифференциальных операторов. Погрешность аппроксимации..

#### 6.3. Аппроксимация одномерного параболического оператора по схеме с весами

Явный и неявный аппроксимирующий оператор, явная и неявная разностные схемы. Метод прогонки и его устойчивость. Учет граничных условий..

#### 6.4. Разностные схемы для моделирования многомерных распределённых объектов.

Экономичные разностные схемы, метод переменных направлений и метод суммарной аппроксимации. Сложность реализации вычислительных алгоритмов, реализующих разностные схемы..

6.5. Математические основания метода конечных элементов: проекционный и вариационный подходы.

Основные понятия метода конечных элементов (МКЭ). Пример решения дифференциального уравнения в одномерном случае..

6.6. Метод конечных элементов для решения задачи теплопроводности.

Линейный треугольный элемент. Естественная система координат. Применение МКЭ в задаче теплопроводности. Точность МКЭ и сравнение с МКР..

6.7. Вычислительные архитектуры для решения задач с распределенными параметрами. Принцип распараллеливания алгоритмов..

### 7. Моделирование случайных процессов и систем управления при случайных воздействиях

7.1. Задачи моделирования стохастических систем.

Статистические характеристики случайных процессов. Алгоритмы оценки статистических характеристик случайных эргодических процессов. Построение модели генератора случайного процесса на основе интегрального канонического преобразования белого шума. Пример определения передаточной функции формирующего фильтра. Моделирование систем управления со случайными воздействиями..

7.2. Определение систем массового обслуживания (СМО) и основные термины.

Описание процесса обслуживания, его характеристики и параметры. Сети массового обслуживания. Пример сети массового обслуживания..

7.3. Параметры и классификация систем массового обслуживания

Характеристики СМО с однородным потоком заявок. Имитационное моделирование СМО. Пример задачи моделирования СМО на GPSS..

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

не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Моделирование системы с распределенными параметрами методом конечных элементов;
2. Исследование динамической модели энергоблока ТЭС;
3. Исследование методов моделирования динамических систем на базе аналоговых структурных моделей;
4. Построение частотных характеристик и исследование устойчивости линейных систем.

### **3.5 Консультации**

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Формализованные представления моделей описания динамических систем в пространстве состояний и общие подходы к работе с ними."

2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Методы преобразования исходных моделей описания динамических систем в аналоговую структурную и векторно-матричную форму"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Переходная матрица состояния и матричная передаточная функция для моделей в непрерывном и дискретном времени"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Численные методы моделирования систем, описываемых в форме уравнений состояния."
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Инструментальные средства моделирования систем управления"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Методы моделирования объектов и систем с распределёнными параметрами"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Моделирование случайных процессов и систем управления при случайных воздействиях"

### **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<br>(в соответствии с разделом 1)                                     | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) |   |   |   |   |   |   | Оценочное средство<br>(тип и наименование) |  |
|--|------------------|---|---|---|---|---|---|---|--|--|
|  |                  | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |  |  |
| <b>Знать:</b>  |                  |   |   |   |   |   |   |   |  |  |
| основные этапы создания моделей, виды и способы моделирования технических систем;                                      | ИД-1ПК-1         |   |   |   |   |   |   | + | +  | Тестирование/Тест № 4  |
| формы представления систем в пространстве состояний, постановку дифференциальных задач и методы численного их решения. | ИД-1ПК-1         |   |   |   |   |   |   | + |  | Лабораторная работа/Лабораторная работа № 3<br>Тестирование/Тест № 3 |
| принципы построения компьютерных имитационных моделей;   | ИД-4ПК-1         |   |   |   | + | + |   |   |  | Лабораторная работа/Лабораторная работа № 1<br>Тестирование/Тест № 2 |
| возможности пакетов компьютерного моделирования детерминированных и стохастических систем.                             | ИД-4ПК-1         |   |   |   |   |   |   | + |  | Лабораторная работа/Лабораторная работа № 2<br>Тестирование/Тест № 1 |
| <b>Уметь:</b>  |                  |   |   |   |   |   |   |   |  |  |
| классифицировать модели динамических систем;   | ИД-1ПК-1         |   |   | + |   |   |   |   |  | Лабораторная работа/Лабораторная работа № 2<br>Тестирование/Тест № 4 |
| составлять и преобразовывать модели динамических систем.   | ИД-1ПК-1         |   |   | + |   |   |   |   |  | Лабораторная работа/Лабораторная работа № 3<br>Тестирование/Тест № 3 |
| пользоваться инструментальными системами компьютерного моделирования   | ИД-4ПК-1         | +   |   |   |   |   |   |   |  | Лабораторная работа/Лабораторная работа                              |

|   |          |  |   |  |  |  |  |  |                       |
|---|----------|--|---|--|--|--|--|--|-----------------------|
|   |          |  |   |  |  |  |  |  | № 1                   |
|   |          |  |   |  |  |  |  |  | Тестирование/Тест № 2 |
| осваивать программные комплексы для моделирования систем; | ИД-4ПК-1 |  | + |  |  |  |  |  | Тестирование/Тест № 1 |



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

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

**7 семестр**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Тест № 1 (Тестирование)
2. Тест № 2 (Тестирование)
3. Тест № 3 (Тестирование)
4. Тест № 4 (Тестирование)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Лабораторная работа № 1 (Лабораторная работа)
2. Лабораторная работа № 2 (Лабораторная работа)
3. Лабораторная работа № 3 (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Экзамен (Семестр №7)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

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

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Дорф, Р. Современные системы управления : пер. с англ. / Р. Дорф, Р. Бишоп . – М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2004 . – 832 с. - ISBN 5-932081-19-8 .;
2. Бахвалов, Н. С. Численные методы : учебное пособие для физико-математических специальностей вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков, Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова (МГУ) . – 6-е изд . – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008 . – 636 с. – (Классический университетский учебник) . - 250-лет МГУ им. М.В. Ломоносова . - ISBN 978-5-947748-15-4 .;
3. Кольцова, Э. М. Численные методы решения уравнений математической физики и химии : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по естественнонаучным направлениям / Э. М. Кольцова, А. С. Скичко, А. В. Женса . – 2-е изд., испр. и доп . – Москва : Юрайт, 2020 . – 220 с. – (Высшее образование) . - ISBN 978-5-534-06219-9 .;
4. Моделирование и исследование динамических систем в среде MATLAB/Simulink. Сборник лабораторных работ : практикум по курсу "Моделирование систем управления" по направлению "Управление в технических системах" / О. М. Державин, В. Л. Елисеев, М. В. Пихлецкий, Е. Ю. Сидорова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 56 с. [http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8139](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8139);

5. Трухин М. П., Поршнева С. В. - "Моделирование сигналов и систем. Система массового обслуживания", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2019 - (232 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/125738>;
6. Львов, Е. Л. Учебное пособие по курсу "Научные и методические проблемы курса ТАУ": Математическое описание динамических систем в пространстве состояний / Е. Л. Львов ; Ред. Ю. Г. Голых ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1984 . – 72 с.;
7. Д. Бокс, Г. Дженкинс- "Анализ временных рядов. Прогноз и управление", Издательство: "Мир", Москва, 1974 - (186 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=458314>;
8. Казенкин, К. О. Приближение функций. Численное интегрирование. Численное дифференцирование. Указания к решению задач по вычислительной математике : методическое пособие по курсу "Вычислительные методы" для студентов МЭИ по всем направлениям подготовки / К. О. Казенкин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Издательский дом МЭИ, 2012 . – 44 с.  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4384](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4384);
9. Дьяконов, В. П. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5: Основы применения / В. П. Дьяконов . – М. : Солон-Пресс, 2002 . – 768 с. – (Полное руководство пользователя) . - ISBN 5-9800300-7-7  
..

## **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

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

## **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. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
7. База данных IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) - <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true>
8. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
9. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
10. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ -  
<https://rosmintrud.ru/opendata>
11. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
12. База открытых данных Министерства экономического развития РФ -  
<http://www.economy.gov.ru>
13. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
14. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" -  
<https://www.polpred.com>
15. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - [Http://proinfosoft.ru;  
http://docs.cntd.ru/](Http://proinfosoft.ru;http://docs.cntd.ru/)
16. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>

17. **Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии** - <http://protect.gost.ru/>
18. **Открытая университетская информационная система «РОССИЯ»** - <https://uisrussia.msu.ru>
19. **Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации** - <https://minobrnauki.gov.ru>
20. **Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки** - <https://obrnadzor>
21. **Федеральный портал "Российское образование"** - <http://www.edu.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения   | Номер аудитории, наименование  | Оснащение  |
|---|--|--|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | М-307, Учебная аудитория   | стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран  |
|   | Ж-120, Машинный зал ИВЦ  | сервер, кондиционер  |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП          | М-307, Учебная аудитория   | стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран  |
|   | Ж-120, Машинный зал ИВЦ  | сервер, кондиционер  |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий                   | М-304а/1, Учебная лаборатория моделирования систем и анализа данных    | стол преподавателя, стол компьютерный, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный                                 |
|   | Ж-120, Машинный зал ИВЦ  | сервер, кондиционер  |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации               | М-307, Учебная аудитория   | стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран  |
|   | Ж-120, Машинный зал ИВЦ  | сервер, кондиционер  |
| Помещения для самостоятельной работы                                    | НТБ-303, Компьютерный читальный зал                                    | стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер           |
| Помещения для консультирования  | М-310, Научная группа интеллектуальных систем управления и диагностики | кресло рабочее, стол, стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный                             |
|   | М-304а/2, Учебная лаборатория моделирования систем и анализа данных    | кресло рабочее, стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря                | М-309, Кладовая  | стол, стул, шкаф для хранения инвентаря  |
|   | М-301/1, Кладовая  | стул   |



## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Моделирование систем управления

(название дисциплины)

## 7 семестр

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

- КМ-1 Тест № 1 (Тестирование)  
 КМ-2 Лабораторная работа № 1 (Лабораторная работа)  
 КМ-3 Тест № 2 (Тестирование)  
 КМ-4 Лабораторная работа № 2 (Лабораторная работа)  
 КМ-5 Лабораторная работа № 3 (Лабораторная работа)  
 КМ-6 Тест № 3 (Тестирование)  
 КМ-7 Тест № 4 (Тестирование)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

| Номер раздела | Раздел дисциплины  | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 | КМ-7 |
|---------------|--|------------|------|------|------|------|------|------|------|
|               |  | Неделя КМ: | 3    | 4    | 7    | 8    | 11   | 12   | 14   |
| 1             | Формализованные представления моделей описания динамических систем в пространстве состояний и общие подходы к работе с ними. |            |      |      |      |      |      |      |      |
| 1.1           | Основные понятия теории моделирования  |            |      | +    | +    |      |      |      |      |
| 1.2           | Принцип системного подхода в компьютерном моделировании систем управления.   |            |      | +    | +    |      |      |      |      |
| 2             | Методы преобразования исходных моделей описания динамических систем в аналоговую структурную и векторно-матричную форму      |            |      |      |      |      |      |      |      |
| 2.1           | Аналоговые структурные модели динамических систем.   |            | +    |      |      |      |      |      |      |
| 2.2           | Способы получения моделей описания систем в векторно-матричной форме и преобразования к пространству состояний.              |            | +    |      |      |      |      |      |      |
| 3             | Переходная матрица состояния и матричная передаточная функция для моделей в непрерывном и дискретном времени                 |            |      |      |      |      |      |      |      |
| 3.1           | Матричная форма представления динамической системы.  |            |      |      |      |      | +    | +    |      |
| 3.2           | Переходная матрица состояния стационарной линейной динамической системы  |            |      |      |      |      | +    | +    |      |

|            |   |    |    |    |    |    |    |    |
|------------|---|----|----|----|----|----|----|----|
| 3.3        | Многосвязные системы.   |    |    |    | +  |    |    | +  |
| 3.4        | Дискретные системы управления.  |    |    |    | +  |    |    | +  |
| 4          | Численные методы моделирования систем, описываемых в форме уравнений состояния.                   |    |    |    |    |    |    |    |
| 4.1        | Обзор численных методов интегрирования нелинейных уравнений состояния                             |    | +  | +  |    |    |    |    |
| 5          | Инструментальные средства моделирования систем управления   |    |    |    |    |    |    |    |
| 5.1        | Современные технологии компьютерного моделирования.   |    | +  | +  |    |    |    |    |
| 5.2        | Особенности реализации компьютерных моделей динамических систем на базе средств Matlab/Simulink.  |    | +  | +  |    |    |    |    |
| 6          | Методы моделирования объектов и систем с распределёнными параметрами                              |    |    |    |    |    |    |    |
| 6.1        | Объекты и системы с распределёнными параметрами.  | +  |    |    | +  |    |    |    |
| 6.2        | Метод конечных разностей (МКР) для моделирования объектов и систем с распределёнными параметрами. | +  |    |    | +  |    |    |    |
| 6.3        | Аппроксимация одномерного параболического оператора по схеме с весами                             | +  |    |    | +  |    |    |    |
| 6.4        | Разностные схемы для моделирования многомерных распределённых объектов.                           |    |    |    |    | +  | +  |    |
| 6.5        | Математические основания метода конечных элементов: проекционный и вариационный подходы.          |    |    |    |    | +  | +  |    |
| 6.6        | Метод конечных элементов для решения задачи теплопроводности.                                     |    |    |    |    | +  | +  |    |
| 6.7        | Вычислительные архитектуры для решения задач с распределёнными параметрами.                       |    |    |    |    |    |    | +  |
| 7          | Моделирование случайных процессов и систем управления при случайных воздействиях                  |    |    |    |    |    |    |    |
| 7.1        | Задачи моделирования стохастических систем.   |    |    |    |    |    |    | +  |
| 7.2        | Определение систем массового обслуживания (СМО) и основные термины.                               |    |    |    |    |    |    | +  |
| 7.3        | Параметры и классификация систем массового обслуживания   |    |    |    |    |    |    | +  |
| Вес КМ, %: |   | 15 | 15 | 15 | 10 | 10 | 15 | 20 |

