

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электрооборудование автомобилей и тракторов

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ**  
**СИСТЕМ**


|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| Блок:                             | Блок 1 «Дисциплины (модули)»                             |
| Часть образовательной программы:  | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану:   | Б1.Ч.08.11   |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 8 семестр - 4;   |
| Часов (всего) по учебному плану:  | 144 часа   |
| Лекции                            | 8 семестр - 14 часов;                                    |
| Практические занятия              | не предусмотрено учебным планом                          |
| Лабораторные работы               | 8 семестр - 14 часов;                                    |
| Консультации                      | проводится в рамках часов аудиторных занятий             |
| Самостоятельная работа            | 8 семестр - 115,7 часов;                                 |
| в том числе на КП/КР              | не предусмотрено учебным планом                          |
| Иная контактная работа            | проводится в рамках часов аудиторных занятий             |
| включая:                          |  |
| Лабораторная работа               |  |
| Промежуточная аттестация:         |  |
| Зачет с оценкой                   | 8 семестр - 0,3 часа;                                    |

Москва 2021

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

|   |   |                            |
|---|---|----------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                            |
|   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                              |                            |
|   | Владелец  | Липай Б.Р.                 |
|   | Идентификатор   | R8a549539-LipaiBR-275b674e |

(подпись)

Б.Р. Липай

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

|   |   |                                |
|---|---|--------------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                                |
|   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                              |                                |
|   | Владелец  | Румянцев М.Ю.                  |
|   | Идентификатор   | R4b7b75d7-RumyantsevMY-eafe30f |

(подпись)

М.Ю.

Румянцев

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

|   |   |                                |
|---|---|--------------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                                |
|   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                              |                                |
|   | Владелец  | Румянцев М.Ю.                  |
|   | Идентификатор   | R4b7b75d7-RumyantsevMY-eafe30f |

(подпись)

М.Ю.

Румянцев

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение принципов построения математических моделей электромеханических устройств и систем

### Задачи дисциплины

- ознакомление обучающихся с основными видами моделей;  
изучение поведения моделей компонентов электромеханических систем в установившихся и переходных режимах работы;  
изучение принципов и методов имитационного компьютерного моделирования электромеханических систем;  
приобретение навыков самостоятельного построения комплексных математических и компьютерных моделей электромеханических устройств 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   |
|--|---|---|
| ПК-7 Способен использовать методы анализа и моделирования электронных и электромеханических систем | ИД-1 <sub>ПК-7</sub> Составляет и анализирует модели аналогии механической поступательной и вращательной системы                    | знать:<br>- основные понятия моделирования, виды моделей;<br>уметь:<br>- осуществлять моделирование механических систем;                      |
| ПК-7 Способен использовать методы анализа и моделирования электронных и электромеханических систем | ИД-2 <sub>ПК-7</sub> Составляет и анализирует модели электромеханических преобразователей на основе обобщенной электрической машины | знать:<br>- теорию подобия и метод аналогии фазовых переменных и параметров;<br>уметь:<br>- осуществлять моделирование электрических машин;   |
| ПК-7 Способен использовать методы анализа и моделирования электронных и электромеханических систем | ИД-3 <sub>ПК-7</sub> Составляет и анализирует модели преобразователей электрической энергии   | знать:<br>- особенности моделирования нелинейных элементов.<br>уметь:<br>- осуществлять моделирование преобразователей электрической энергии; |
| ПК-7 Способен использовать методы анализа и моделирования электронных и электромеханических систем | ИД-4 <sub>ПК-7</sub> Составляет и анализирует модель системы электроснабжения   | знать:<br>- особенности моделирования переходных процессов;<br>уметь:<br>- строить эквивалентные схемы электротехнических устройств и систем; |
| ПК-7 Способен использовать методы анализа и моделирования электронных и электромеханических систем | ИД-5 <sub>ПК-7</sub> Составляет и анализирует модель электропривода   | знать:<br>- основные методы построения моделей электротехнических устройств и систем;   |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения                                |
|--------------------------------|--|--|
| электромеханических систем     |  | уметь:<br>- осуществлять моделирование электромеханических систем. |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электрооборудование автомобилей и тракторов (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, 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     | 1   | 26                    | 8       | 2  | 2   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 22                | -                                 | <b>Подготовка к лабораторной работе:</b> [3], гл. 1, стр. 3-11 [4], гл. 1, стр. 6-17<br><b>Изучение материалов литературных источников:</b><br>[1], гл. 1, стр. 3-11<br>[2], п.п. 1-2, стр. 48-60<br>[3], гл. 1, стр. 6-17<br>[4], гл. 1, стр. 6-17 |   |  |
| 1.1   | Основные понятия моделирования. Виды моделей. Фазовые переменные. Теория подобия и метод аналогии фазовых переменных и параметров. Построение эквивалентных схем.       | 26                    |         | 2  | 2   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 22                | -                                 |   |   |  |
| 2     | 2   | 28                    |         | 2  | 2   | -  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 24                                |   | - | <b>Подготовка к лабораторной работе:</b> [1], §§ 2.1-2.3, стр. 39-52 [3], п. 2.1, стр. 13-24 [4], п.п. 2.1-2.3, стр. 17-50<br><b>Изучение материалов литературных источников:</b><br>[1], п. 2.1, стр. 13-24<br>[3], п.п. 2.1-2.3, стр. 17-50<br>[4], п.п. 2.1-2.3, стр. 17-50 |
| 2.1   | Моделирование электромеханических преобразователей. Математическая модель обобщенной электрической машины. Моделирование асинхронной и синхронной электрической машины. | 28                    |         | 2  | 2   | -  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 24                                |   | - |  |
| 3     | 3   | 26                    |         | 2  | 2   | -  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 22                                |   | - |  |
| 3.1   | Моделирование преобразователей электрической  | 26                    | 2       | 2  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 22                | -                                 | <b>Подготовка к лабораторной работе:</b> [3], п. 2.2, стр. 24-26 [4], п.п. 3.4, 3.8, стр. 99-103, 115-123<br><b>Изучение материалов литературных</b>  |   |  |

|     |  |              |           |           |          |          |          |          |          |          |            |              |  |
|-----|--|--------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|--------------|--|
|     | энергии. Особенности моделирования нелинейных элементов.   |              |           |           |          |          |          |          |          |          |            |              | <b><u>источников:</u></b><br>[1], п. 2.2, стр. 24-26<br>[3], п.п. 3.4, 3.8, стр. 99-103, 115-123<br>[4], п.п. 3.4, 3.8, стр. 99-103, 115-123 |
| 4   | 4  | 32           | 4         | 4         | -        | -        | -        | -        | -        | -        | 24         | -            | <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> [3], п. 3.3, стр. 52-55 [4], п. 2.7, стр. 80-89  |
| 4.1 | Моделирование систем электроснабжения.   | 32           | 4         | 4         | -        | -        | -        | -        | -        | -        | 24         | -            | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], п. 3.3, стр. 52-55<br>[3], п. 2.7, стр. 80-89<br>[4], п. 2.7, стр. 80-89  |
| 5   | 5  | 31.7         | 4         | 4         | -        | -        | -        | -        | -        | -        | 23.7       | -            | <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> [1], §§ 2.5, 2.6, стр. 58-68 [3], п. 3.1, стр. 39-46   |
| 5.1 | Моделирование асинхронного электропривода. Взаимное влияние компонентов электромеханической системы друг на друга. | 31.7         | 4         | 4         | -        | -        | -        | -        | -        | -        | 23.7       | -            | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], п. 3.1, стр. 39-46  |
|     | Зачет с оценкой  | 0.3          | -         | -         | -        | -        | -        | -        | -        | -        | 0.3        | -            |  |
|     | <b>Всего за семестр</b>  | <b>144.0</b> | <b>14</b> | <b>14</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>0.3</b> | <b>115.7</b> | <b>-</b>   |
|     | <b>Итого за семестр</b>  | <b>144.0</b> | <b>14</b> | <b>14</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>0.3</b> | <b>115.7</b> | <b>-</b>   |

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. 1

1.1. Основные понятия моделирования. Виды моделей. Фазовые переменные. Теория подобия и метод аналогии фазовых переменных и параметров. Построение эквивалентных схем.

#### 2. 2

2.1. Моделирование электромеханических преобразователей. Математическая модель обобщенной электрической машины. Моделирование асинхронной и синхронной электрической машины.

#### 3. 3

3.1. Моделирование преобразователей электрической энергии. Особенности моделирования нелинейных элементов.

#### 4. 4

4.1. Моделирование систем электроснабжения.

#### 5. 5

5.1. Моделирование асинхронного электропривода. Взаимное влияние компонентов электромеханической системы друг на друга.

### **3.3. Темы практических занятий** не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Моделирование механических подсистем электромеханических систем;
2. Моделирование электромеханических преобразователей энергии;
3. Моделирование преобразователей электрической энергии;
4. Моделирование системы электроснабжения автономного объекта;
5. Моделирование асинхронного электропривода.

### **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<br>(в соответствии с разделом 1) | Коды<br>индикаторов | Номер раздела дисциплины (в<br>соответствии с п.3.1) |   |   |   |   | Оценочное средство<br>(тип и наименование) |
|--|---------------------|--|---|---|---|---|--|
|  |                     | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 |  |
| <b>Знать:</b>  |                     |  |   |   |   |   |  |
| основные понятия моделирования, виды моделей;                                      | ИД-1ПК-7            | +  |   |   |   |   | Лабораторная работа/КМ-1                   |
| теорию подобия и метод аналогии фазовых переменных и параметров;                   | ИД-2ПК-7            |  | + |   |   |   | Лабораторная работа/КМ-2                   |
| особенности моделирования нелинейных элементов                                     | ИД-3ПК-7            |  |   | + |   |   | Лабораторная работа/КМ-3                   |
| особенности моделирования переходных процессов;                                    | ИД-4ПК-7            |  |   |   | + |   | Лабораторная работа/КМ-4                   |
| основные методы построения моделей электротехнических устройств и систем;          | ИД-5ПК-7            |  |   |   |   | + | Лабораторная работа/КМ-5                   |
| <b>Уметь:</b>  |                     |  |   |   |   |   |  |
| осуществлять моделирование механических систем;                                    | ИД-1ПК-7            | +  |   |   |   |   | Лабораторная работа/КМ-1                   |
| осуществлять моделирование электрических машин;                                    | ИД-2ПК-7            |  | + |   |   |   | Лабораторная работа/КМ-2                   |
| осуществлять моделирование преобразователей электрической энергии;                 | ИД-3ПК-7            |  |   | + |   |   | Лабораторная работа/КМ-3                   |
| строить эквивалентные схемы электротехнических устройств и систем;                 | ИД-4ПК-7            |  |   |   | + |   | Лабораторная работа/КМ-4                   |
| осуществлять моделирование электромеханических систем                              | ИД-5ПК-7            |  |   |   |   | + | Лабораторная работа/КМ-5                   |



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

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

**8 семестр**

Форма реализации: Проверка задания

1. КМ-1 (Лабораторная работа)
2. КМ-2 (Лабораторная работа)
3. КМ-3 (Лабораторная работа)
4. КМ-4 (Лабораторная работа)
5. КМ-5 (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №8)*

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

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

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

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

1. Липай, Б. Р. Компьютерные модели электромеханических систем : Учебное пособие по курсу "Моделирование электромеханических систем", по направлению 551300 "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / Б. Р. Липай, С. И. Маслов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2002 . – 80 с. - ISBN 5-7046-0792-6 .;
2. Веников, В. А. Теория подобия и моделирования (применительно к задачам электроэнергетики) : Учебное пособие для электроэнергетических специальностей вузов / В. А. Веников . – 2-е изд., доп. и перераб . – М. : Высшая школа, 1976 . – 479 с.;
3. Липай, Б. Р. Компьютерные модели электромеханических систем. Модели основных компонентов электромеханических систем / Б. Р. Липай, С. И. Маслов . – М. : Издательский дом МЭИ, 2017 . – 191 с. - ISBN 978-5-383-01081-5 .;
4. Маслов С.И.- "Компьютерные модели электромеханических систем. Модели основных компонентов электромеханических систем", Издательство: "МЭИ", Москва, 2019  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383013519.html>.

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

1. LTSpice.

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

1. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

2. **Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации** - <https://minobrnauki.gov.ru>

#### **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

| <b>Тип помещения</b>  | <b>Номер аудитории, наименование</b> | <b>Оснащение</b>  |
|---|--------------------------------------|---|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Д-416, Учебная аудитория             | тумба, доска меловая, мультимедийный проектор, экран  |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий                   | М-619, Учебная аудитория             | стол учебный, стул, шкаф, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, компьютер персональный  |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации               | М-619, Учебная аудитория             | стол учебный, стул, шкаф, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, компьютер персональный  |
| 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 хранения оборудования и учебного инвентаря                | М-608/1, Аудитория каф. "ЭКАОиЭТ"    | кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, кондиционер, 3D-принтер |

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Математическое моделирование электромеханических систем

(название дисциплины)

#### 8 семестр

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

КМ-1 КМ-1 (Лабораторная работа)

КМ-2 КМ-2 (Лабораторная работа)

КМ-3 КМ-3 (Лабораторная работа)

КМ-4 КМ-4 (Лабораторная работа)

КМ-5 КМ-5 (Лабораторная работа)

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

| Номер раздела | Раздел дисциплины   | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|------|
|               |   | Неделя КМ: | 3    | 6    | 9    | 11   | 13   |
| 1             | 1   |            |      |      |      |      |      |
| 1.1           | Основные понятия моделирования. Виды моделей. Фазовые переменные. Теория подобия и метод аналогии фазовых переменных и параметров. Построение эквивалентных схем.       |            | +    |      |      |      |      |
| 2             | 2   |            |      |      |      |      |      |
| 2.1           | Моделирование электромеханических преобразователей. Математическая модель обобщенной электрической машины. Моделирование асинхронной и синхронной электрической машины. |            |      | +    |      |      |      |
| 3             | 3   |            |      |      |      |      |      |
| 3.1           | Моделирование преобразователей электрической энергии. Особенности моделирования нелинейных элементов.   |            |      |      | +    |      |      |
| 4             | 4   |            |      |      |      |      |      |
| 4.1           | Моделирование систем электроснабжения.  |            |      |      |      | +    |      |
| 5             | 5   |            |      |      |      |      |      |
| 5.1           | Моделирование асинхронного электропривода. Взаимное влияние компонентов электромеханической системы друг на друга.  |            |      |      |      |      | +    |
| Вес КМ, %:    |   |            | 20   | 20   | 20   | 20   | 20   |