

**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 летательных аппаратов

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	Липай Б.Р.
	Идентификатор	R8a549539-LipaiBR-275b674e

(подпись)

Б.Р. Липай

(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: - основные понятия моделирования, виды моделей; уметь: - 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: - теорию подобия и метод аналогии фазовых переменных и параметров; уметь: - 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: - особенности моделирования нелинейных элементов. уметь: - 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: - особенности моделирования переходных процессов; уметь: - строить эквивалентные схемы электротехнических устройств и систем;
ПК-7 Способен использовать методы анализа и моделирования электронных и	ИД-5 <sub>ПК-7</sub> Составляет и анализирует модель электропривода	знать: - основные методы построения моделей электротехнических устройств и систем;

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

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электрооборудование летательных аппаратов (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><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> [3], гл. 1, стр. 3-11 [4], гл. 1, стр. 6-17 <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], гл. 1, стр. 3-11 [2], п.п. 1-2, стр. 48-60 [3], гл. 1, стр. 6-17 [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		-
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><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> [3], п. 2.2, стр. 24-26 [4], п.п. 3.4, 3.8, стр. 99-103, 115-123 <b><u>Изучение материалов литературных</u></b>	

	энергии. Особенности моделирования нелинейных элементов.												<b><u>источников:</u></b> [1], п. 2.2, стр. 24-26 [3], п.п. 3.4, 3.8, стр. 99-103, 115-123 [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> [1], п. 3.3, стр. 52-55 [3], п. 2.7, стр. 80-89 [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> [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>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>0.3</b>	<b>115.7</b>	<b>-</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. 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 (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	
<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