

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Управление высоковольтными электроэнергетическими объектам и комплексами

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**НАДЕЖНОСТЬ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**


<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.09.01.01</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>3 семестр - 4;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>144 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>3 семестр - 16 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>3 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>3 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>3 семестр - 109,5 часов;</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>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>3 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2023**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Белова О.С.
	Идентификатор	Rf34a3133-BelovaOS-f9247daf

(подпись)


О.С. Белова

(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	Аграпонова Н.Л.
	Идентификатор	R5cb2904d-DemchenkoNL-737fe09

(подпись)


Н.Л.

Аграпонова

(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	Темников А.Г.
	Идентификатор	Ra0abb123-TemnikovAG-2d4db00

(подпись)

А.Г. Темников

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Изучение надежности электроэнергетического оборудования высокого напряжения и основ управления его техническим состоянием.

### Задачи дисциплины

- Изучение основ теории надежности;
- Приобретение навыков расчета моделей надежности работы электроэнергетического оборудования;
- Формирование представлений о конструкциях и технологиях производства электрооборудования высокого напряжения и факторах, влияющих на его надежность;
- Освоение основных методов обработки статистических данных.

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 применять методы анализа, разрабатывать и обосновывать управленческие, проектные и технические решения при проектировании и эксплуатации объектов профессиональной деятельности (высоковольтных энергетических объектов и комплексов)	ИД-2ПК-2 Демонстрирует знания в области функционирования объектов электроэнергетики с учетом современных технических решений в области электроэнергетики и обеспечения надежности высоковольтного оборудования	знать: - Основы государственной системы стандартизации для разработки и производства электрооборудования, его ввода в эксплуатацию, модернизации и замены; - Основные модели надежности работы электроэнергетического оборудования; - Основные параметры и характеристики электрооборудования; - Основы теории надежности оборудования.  уметь: - Применять методы теории вероятностей и математической статистики для расчета надежности электрооборудования; - Формулировать требования к надежности электрооборудования и систем; - Рассчитывать характеристики надежности электрооборудования и систем.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Управление высоковольтными электроэнергетическими объектами и комплексами (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Основы статистики и теории вероятности
- знать Теоретические основы электротехники
- знать Высшая математика

- уметь Выполнять логарифмические расчеты
- уметь Строить тригонометрические функции
- уметь Решать уравнения с экспонентами

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	Основные понятия и методы определения надежности электрооборудования	26	3	4	-	4	-	-	-	-	-	18	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные понятия и методы определения надежности электрооборудования"</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Основные понятия и методы определения надежности электрооборудования и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 12-121</p>	
1.1	Понятие надежности оборудования. Критерии и показатели надежности	11		2	-	1	-	-	-	-	-	-	8		-
1.2	Математические методы в теории надежности	15		2	-	3	-	-	-	-	-	-	10		-
2	Надежность электрооборудования и систем	28	3	4	-	4	-	-	-	-	-	20	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Надежность электрооборудования и систем"</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Надежность электрооборудования и систем" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Надежность электрооборудования и систем и</p>	
2.1	Расчет надежности электрооборудования	15		2	-	3	-	-	-	-	-	-	10		-
2.2	Физические основы надежности	13		2	-	1	-	-	-	-	-	-	10		-

													подготовка к контрольной работе <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 161-212
3	Модели отказов электрооборудования и система стандартизации надежности	26	4	-	4	-	-	-	-	-	18	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Модели отказов электрооборудования и система стандартизации надежности"
3.1	Модели отказов электрооборудования	15	2	-	3	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Модели отказов электрооборудования и система стандартизации надежности" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
3.2	Система стандартов «Надежность в технике»	11	2	-	1	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Модели отказов электрооборудования и система стандартизации надежности и подготовка к контрольной работе <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 123-140
4	Надежность работы электрооборудования и современные инструменты анализа	28	4	-	4	-	-	-	-	-	20	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Надежность работы электрооборудования и современные инструменты анализа и подготовка к контрольной работе
4.1	Надежность работы электрооборудования электрических сетей	14	2	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение
4.2	Современные инструменты статистического	14	2	-	2	-	-	-	-	-	10	-	

анализа состояния электрооборудования													дополнительного материала по разделу "Надежность работы электрооборудования и современные инструменты анализа" <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Надежность работы электрооборудования и современные инструменты анализа" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 142-160
Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5		
Всего за семестр	144.0	16	-	16	-	2	-	-	0.5	76	33.5		
Итого за семестр	144.0	16	-	16		2		-	0.5		109.5		

**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. Основные понятия и методы определения надежности электрооборудования

#### 1.1. Понятие надежности оборудования. Критерии и показатели надежности

Основные определения. Надежность объектов как комплексное свойство. Абстрактное описание процесса функционирования объектов. Классификация отказов. Показатели надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых элементов. Безотказность сложных объектов. Методы повышения безотказности. Единичные и комплексные показатели надежности объектов электроэнергетики. Состояния, характеризующие надежность электроэнергетического оборудования. Классификация режимов работы и событий, характеризующих надежность..

#### 1.2. Математические методы в теории надежности

Случайные величины, используемые в теории надежности. Аналитические зависимости между показателями надежности. Дискретные и непрерывные распределения случайных величин в теории надежности. Многомерные распределения. Характеристики потоков отказов и восстановлений. Модели случайных процессов в теории надежности. Марковские процессы. Виды марковских процессов..

### 2. Надежность электрооборудования и систем

#### 2.1. Расчет надежности электрооборудования

Классификация методов расчета систем на надежность. Расчет надежности при основном соединении элементов в системе. Расчет надежности с учетом восстановления. Классификация методов резервирования систем. Расчет надежности при общем и раздельном резервировании. Особенности расчета надежности сложных систем. Требования к функциональной надежности систем, обоснование и распределение требований. Методы моделирования надежности сложных систем..

#### 2.2. Физические основы надежности

Физические причины повреждений и отказов. Характеристики повреждений. Процессы изменения свойств и работоспособности элементов оборудования. Тепловое, электрическое, механическое разрушение..

### 3. Модели отказов электрооборудования и система стандартизации надежности

#### 3.1. Модели отказов электрооборудования

Модель стареющих элементов. Модель элементов с восстановлением. Общая схема и модели формирования постепенного отказа объекта..

#### 3.2. Система стандартов «Надежность в технике»

Структура и состав нормативной документации. Организация работ по обеспечению надежности. Состав и общие правила задания требований по надежности. Основные положения расчета надежности. Регламентированные методы расчета: методы прогнозирования надежности, структурные и физические методы..

### 4. Надежность работы электрооборудования и современные инструменты анализа

#### 4.1. Надежность работы электрооборудования электрических сетей



Надежность электрооборудования по результатам анализа аварийности. Параметры распределения вероятностей отказов и восстановлений оборудования электрических сетей..

4.2. Современные инструменты статистического анализа состояния электрооборудования  
Аналитика данных в энергетике. Разведочный анализ данных. Визуализация данных.  
Машинное обучение и его возможные пути применения в энергетике.

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

1. Законы распределения СВ. Показатели надежности;
2. Модели отказов элементов. Резервируемые системы;
3. Марковские процессы;
4. Статистическая обработка данных ЭЭ с последующей визуализацией с использованием современных инструментов.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

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

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основные понятия и методы определения надежности электрооборудования"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Надежность электрооборудования и систем"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Модели отказов электрооборудования и система стандартизации надежности"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Надежность работы электрооборудования и современные инструменты анализа"

### **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	
<b>Знать:</b>						
Основы теории надежности оборудования	ИД-2ПК-2	+				Контрольная работа/Законы распределения СВ. Показатели надежности
Основные параметры и характеристики электрооборудования	ИД-2ПК-2		+			Контрольная работа/Модели отказов элементов. Резервируемые системы
Основные модели надежности работы электроэнергетического оборудования	ИД-2ПК-2			+		Контрольная работа/Марковские процессы
Основы государственной системы стандартизации для разработки и производства электрооборудования, его ввода в эксплуатацию, модернизации и замены	ИД-2ПК-2			+		Контрольная работа/Марковские процессы
<b>Уметь:</b>						
Рассчитывать характеристики надежности электрооборудования и систем	ИД-2ПК-2				+	Контрольная работа/Статистическая обработка данных ЭЭ с последующей визуализацией с использованием современных инструментов
Формулировать требования к надежности электрооборудования и систем	ИД-2ПК-2		+			Контрольная работа/Модели отказов элементов. Резервируемые системы
Применять методы теории вероятностей и математической статистики для расчета надежности электрооборудования	ИД-2ПК-2				+	Контрольная работа/Статистическая обработка данных ЭЭ с последующей визуализацией с использованием современных инструментов

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

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

**3 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Статистическая обработка данных ЭЭ с последующей визуализацией с использованием современных инструментов (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Законы распределения СВ. Показатели надежности (Контрольная работа)
2. Марковские процессы (Контрольная работа)
3. Модели отказов элементов. Резервируемые системы (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

Экзамен (Семестр №3)

Итоговая оценка по курсу ставится на основании положения "НИУ"МЭИ" о балльно-рейтинговой системе.

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

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

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

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

1. Аполлонский С. М., Куклев Ю. В.- "Надежность и эффективность электрических аппаратов", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2011 - (448 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2034](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2034).

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

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

### **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 ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Д-207, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Д-207, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Д-207, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Д-207, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
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	Д-207, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Д-12, Кладовая	стеллаж, стол, стул

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Надежность высоковольтного оборудования

(название дисциплины)

#### 3 семестр

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

- КМ-1 Законы распределения СВ. Показатели надежности (Контрольная работа)
- КМ-2 Модели отказов элементов. Резервируемые системы (Контрольная работа)
- КМ-3 Марковские процессы (Контрольная работа)
- КМ-4 Статистическая обработка данных ЭЭ с последующей визуализацией с использованием современных инструментов (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Основные понятия и методы определения надежности электрооборудования					
1.1	Понятие надежности оборудования. Критерии и показатели надежности		+			
1.2	Математические методы в теории надежности		+			
2	Надежность электрооборудования и систем					
2.1	Расчет надежности электрооборудования			+		
2.2	Физические основы надежности			+		
3	Модели отказов электрооборудования и система стандартизации надежности					
3.1	Модели отказов электрооборудования				+	
3.2	Система стандартов «Надежность в технике»				+	
4	Надежность работы электрооборудования и современные инструменты анализа					
4.1	Надежность работы электрооборудования электрических сетей					+
4.2	Современные инструменты статистического анализа состояния электрооборудования					+
Вес КМ, %:			20	30	30	20