

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

---

Направление подготовки/специальность: 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Наименование образовательной программы: Робототехнические устройства

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Заочная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Обязательная</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.О.05.08</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>10 семестр - 3;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>108 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>10 семестр - 4 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>10 семестр - 4 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>10 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>10 семестр - 96,8 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>10 семестр - 0,9 часа;</b>
<b>включая:</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Тестирование</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет</b>	<b>10 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2025**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

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

С.В. Мезин

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Долбикова Н.С.
	Идентификатор	Re789edb1-DolbikovaNS-479113b

Н.С. Долбикова

Заведующий выпускающей  
кафедрой

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

С.В. Мезин

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение направлений обеспечения надежности на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации основного оборудования ТЭС и путей ее повышения.

### Задачи дисциплины

- знакомство с основными показателями надежности технических систем и приобретение практических навыков использования различных методов теории надежности для оценки количественных показателей надежности сложных систем;
- изучение основных направлений обеспечения надежности на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации основного оборудования ТЭС;
- приобретение практических навыков проведения расчетов на прочность основных элементов котлов и трубопроводов в соответствии с нормативными методами;
- приобретение практических навыков проведения расчетов утонения стенки в результате ВТК.

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
ОПК-10 Способен контролировать и обеспечивать производственную и экологическую безопасность на рабочих местах	ИД-1 <sub>ОПК-10</sub> Демонстрирует знания основных принципов обеспечения безопасности персонала и населения	знать: - основные направления обеспечения надежности на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации основного оборудования ТЭС.
ОПК-10 Способен контролировать и обеспечивать производственную и экологическую безопасность на рабочих местах	ИД-2 <sub>ОПК-10</sub> Способен проводить выбор наиболее эффективных методов и средств защиты от воздействия антропогенных производственных факторов	уметь: - определять утонение стенки труб поверхностей нагрева в результате высокотемпературной коррозии.
ОПК-10 Способен контролировать и обеспечивать производственную и экологическую безопасность на рабочих местах	ИД-3 <sub>ОПК-10</sub> Способен вести профессиональную деятельность в соответствии с правилами техники безопасности предприятия	уметь: - выполнять расчеты на прочность элементов энергетического оборудования.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Робототехнические устройства (далее – ОПОП), направления подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, 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 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ 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	Прочность элементов энергетического оборудования	29.86	10	1.3 2	-	1.3 2	-	0.56	-	0.30	-	26.36	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> повторение материала по разделу "Прочность элементов энергетического оборудования" и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> изучение материалов по разделу "Прочность элементов энергетического оборудования" и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> изучение дополнительного материала по разделу "Прочность элементов энергетического оборудования"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 123-178</p>	
1.1	Прочность элементов энергетического оборудования	14.93		0.6 6	-	0.6 6	-	0.28	-	0.15	-	13.18	-		
1.2	Высокотемпературная коррозия поверхностей нагрева	14.93		0.6 6	-	0.6 6	-	0.28	-	0.15	-	13.18	-		
2	Основные показатели надежности	29.86		1.3 2	-	1.3 2	-	0.56	-	0.30	-	26.36	-		<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> изучение материалов по разделу Основные показатели надежности и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> повторение материала по разделу "Основные показатели надежности" и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> изучение дополнительного материала по разделу</p>
2.1	Основные показатели надежности	14.93		0.6 6	-	0.6 6	-	0.28	-	0.15	-	13.18	-		
2.2	Показатели надежности тепловых схем ТЭС	14.93		0.6 6	-	0.6 6	-	0.28	-	0.15	-	13.18	-		



## **3.2 Краткое содержание разделов**

### 1. Прочность элементов энергетического оборудования

#### 1.1. Прочность элементов энергетического оборудования

Основные положения нормативного метода расчета на прочность. Структура, содержание и область распространения норм. Алгоритм прочностного расчета. Методы определения толщины стенки элементов, работающих под внутренним давлением. Определение коэффициентов прочности. Укрепление радиальных отверстий.

#### 1.2. Высокотемпературная коррозия поверхностей нагрева

Механизм высокотемпературной коррозии металла поверхностей нагрева. Методика расчета утонения стенки в условиях постоянной и переменной температуры. Понятие эквивалентного времени.

### 2. Основные показатели надежности

#### 2.1. Основные показатели надежности

Основные показатели надежности технических систем. Элементы теории вероятностей в анализе надежности энергетического оборудования. Количественные показатели надежности: вероятность безотказной работы; вероятность отказа; интенсивность отказов; комплексные коэффициенты надежности: коэффициент готовности; коэффициент оперативной готовности; коэффициент технического использования. Законы распределения времени безотказной работы.

#### 2.2. Показатели надежности тепловых схем ТЭС

Анализ состояния оборудования тепловых электростанций. Основные причины выхода из строя теплоэнергетического оборудования. Отказы и повреждения котельного, турбинного и вспомогательного оборудования ТЭС. Принципиальные тепловые и функционально-структурные схемы ТЭС. Принципы расчета надежности структурных схем. Аналитические методы расчета: метод перебора состояний; метод разложения относительно особого элемента; метод минимальных путей и сечений; метод дерева отказов.

### 3. Обеспечение надежности энергетического оборудования на стадии проектирования, изготовления и в процессе эксплуатации

#### 3.1. Обеспечение надежности энергетического оборудования на стадии проектирования

Основные направления, по которым закладываются гарантируемые в технической документации показатели надежности: выбор тепловой схемы; конструктивные решения; резервирование; выбор конструкционных материалов; выполнение комплекса расчетов; отработка конструкторских решений на технологичность. Основные направления и мероприятия направленные на повышение надежности энергетических объектов на стадии производства: блочное исполнение; современные технологии изготовления и способы контроля качества.

#### 3.2. Обеспечение надежности энергетического оборудования на стадии изготовления и в процессе эксплуатации

Техническое обслуживание и ремонт оборудования. Классификация видов ремонтов. Текущий, средний и капитальный ремонты: их продолжительность и состав работ. Ремонтная диагностика. Контроль за металлом и сварными соединениями в процессе эксплуатации. Восстановительная термическая обработка паропроводов. Оперативная диагностика (мониторинг состояния металла в процессе эксплуатации). Организационные,

методические и технические проблемы создания системы диагностики состояния котла. Оценка индивидуального ресурса котла. Способы продления ресурса.

### 3.3. Темы практических занятий

1. 9. Защита расчетного задания (2 часа).;
2. 8. Просмотр учебного фильма «Дайте свет» с последующим коллоквиумом (2 часа).;
3. 7. Решение задачи методом перебора состояний; методом разложения относительно особого элемента; методом минимальных путей и сечений; методом составления дерева отказов (4 часа);
4. 6. Решение задач по определению показателей надежности для различных структурных схем (4 часа).;
5. 5. Решение задач по законам распределения времени безотказной работы (2 часа).;
6. 4. Решение задачи по определению коэффициента обеспечения максимального отпуска энергии и коэффициента недоотпуска энергии для указанного графика нагрузки (2 часа).;
7. 3. Решение задач по элементам теории вероятностей при расчете показателей надежности (4 часа).;
8. 2. Решение задач по определению утонения стенки трубы в результате высокотемпературной коррозии в условиях: постоянной температуры; ступенчатого изменения температуры; с периодической очисткой поверхности нагрева (4 часов).;
9. 1. Расчеты на прочность элементов котла в соответствии с «Нормами расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды» (8 часов)..

### 3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

### 3.5 Консультации

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

1. обсуждение материалов по кейсам раздела "Прочность элементов энергетического оборудования"
2. обсуждение материалов по кейсам раздела "Основные показатели надежности"
3. обсуждение материалов по кейсам раздела "Обеспечение надежности энергетического оборудования на стадии проектирования, изготовления и в процессе эксплуатации"

#### Текущий контроль (ТК)

1. консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Прочность элементов энергетического оборудования"
2. консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основные показатели надежности"
3. консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Обеспечение надежности энергетического оборудования на стадии проектирования, изготовления и в процессе эксплуатации"

### 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	
<b>Знать:</b>					
основные направления обеспечения надежности на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации основного оборудования ТЭС	ИД-1 <sub>ОПК-10</sub>		+		Тестирование/Тест на знание терминологии "Основные показатели надежности"
<b>Уметь:</b>					
определять утонение стенки труб поверхностей нагрева в результате высокотемпературной коррозии	ИД-2 <sub>ОПК-10</sub>			+	Контрольная работа/Расчет утонения стенки в результате ВТК
выполнять расчеты на прочность элементов энергетического оборудования	ИД-3 <sub>ОПК-10</sub>	+			Контрольная работа/Расчет на прочность элементов энергетического оборудования

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

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

**10 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Тест на знание терминологии "Основные показатели надежности" (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Расчет на прочность элементов энергетического оборудования (Контрольная работа)
2. Расчет утонения стенки в результате ВТК (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет (Семестр №10)*

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 10 семестр.

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

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

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

1. Егорова, Л. Е. Расчет на прочность элементов энергооборудования ТЭС и АЭС : Методические указания по курсу "Прочность элементов энергооборудования" / Л. Е. Егорова, А. Н. Штык, В. С. Зайцев, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ). – М. : Изд-во МЭИ, 1998. – 56 с.;
2. Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС и АЭС : Учебное пособие для теплоэнергетических и энергомашиностроительных специальностей вузов / Г. П. Гладышев, и др. ; Ред. А. И. Андрющенко. – М. : Высшая школа, 1991. – 303 с. – ISBN 5-06-001752-4.;
3. Основы современной энергетики. В 2 т. Т.2. Современная электроэнергетика : учебник для вузов по направлениям "Теплоэнергетика", "Электроэнергетика", "Энергомашиностроение" / Ред. А. П. Бурман, В. А. Строев ; Общ. ред. Е. В. Аметистов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательский дом МЭИ, 2008. – 632 с. – ISBN 978-5-383-00161-5.;
4. С. А. Беляев, А. В. Воробьев, В. В. Литвак- "Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС", Издательство: "Издательство Томского политехнического университета", Томск, 2015 - (248 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=442071>.

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

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

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

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-417/6, Белая мультимедийная студия	стол компьютерный, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	Ж-417/7, Световая черная студия	стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, микрофон, мультимедийный проектор, экран, оборудование специализированное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Лекционная аудитория	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Ж-200б, Конференц-зал ИДДО	стол, стул, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ж-417 /2а, Помещение для инвентаря	стеллаж для хранения инвентаря, экран, указка, архивные документы, дипломные и курсовые работы студентов, канцелярский принадлежности, спортивный инвентарь, хозяйственный инвентарь, запасные комплектующие для оборудования

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Диагностика технических систем

(название дисциплины)

## 10 семестр

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

КМ-1 Расчет на прочность элементов энергетического оборудования (Контрольная работа)

КМ-2 Тест на знание терминологии "Основные показатели надежности" (Тестирование)

КМ-3 Расчет утонения стенки в результате ВТК (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	3	6	9
1	Прочность элементов энергетического оборудования				
1.1	Прочность элементов энергетического оборудования		+		
1.2	Высокотемпературная коррозия поверхностей нагрева		+		
2	Основные показатели надежности				
2.1	Основные показатели надежности			+	
2.2	Показатели надежности тепловых схем ТЭС			+	
3	Обеспечение надежности энергетического оборудования на стадии проектирования, изготовления и в процессе эксплуатации				
3.1	Обеспечение надежности энергетического оборудования на стадии проектирования				+
3.2	Обеспечение надежности энергетического оборудования на стадии изготовления и в процессе эксплуатации				+
Вес КМ, %:			35	30	35