

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Энергетические установки на органическом и ядерном топливе

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ПРОЧНОСТЬ, НАДЕЖНОСТЬ И ДИАГНОСТИКА ЭЛЕМЕНТОВ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.08.01.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	3 семестр - 32 часа;
Практические занятия	3 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	3 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	3 семестр - 77,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Контрольная работа Тестирование Коллоквиум	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	3 семестр - 0,5 часа;

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Егорова Л.Е.
	Идентификатор	R54b1d8f3-YegorovaLY-a14a8830

Л.Е. Егорова

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Плешанов К.А.
	Идентификатор	R002eb276-PleshanovKA-9092810

К.А. Плешанов

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Плешанов К.А.
	Идентификатор	R002eb276-PleshanovKA-9092810

К.А. Плешанов

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
ПК-1 Способен к проектно-конструкторской деятельности в энергетическом машиностроении	ИД-1 _{ПК-1} Выполняет расчеты и разрабатывает конструкцию объекта профессиональной деятельности	знать: - основные показатели надежности. уметь: - рассчитывать коэффициенты надежности системы; - выполнять расчеты на прочность элементов энергетического оборудования.
ПК-1 Способен к проектно-конструкторской деятельности в энергетическом машиностроении	ИД-2 _{ПК-1} Демонстрирует понимание влияния отдельных факторов на работу и конструкцию объекта профессиональной деятельности	знать: - основные направления обеспечения надежности на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации основного оборудования ТЭС. уметь: - определять утонение стенки труб поверхностей нагрева в результате высокотемпературной коррозии.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Энергетические установки на органическом и ядерном топливе (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать конструкцию и принципы работы элементов котлов
- уметь выбирать марки стали для элементов котлов в зависимости от рабочих параметров

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	Прочность элементов энергетического оборудования	20	3	6	-	8	-	-	-	-	-	6	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Прочность элементов энергетического оборудования" и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Прочность элементов энергетического оборудования и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Прочность элементов энергетического оборудования"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 5-59</p>
1.1	Прочность элементов энергетического оборудования	20		6	-	8	-	-	-	-	-	6	-	
2	Высокотемпературная коррозия поверхностей нагрева	14		6	-	4	-	-	-	-	-	4	-	
2.1	Высокотемпературная коррозия поверхностей нагрева	14	6	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Высокотемпературная коррозия поверхностей нагрева" и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Высокотемпературная коррозия поверхностей нагрева"</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u></p>	

													Изучение материалов по разделу Высокотемпературная коррозия поверхностей нагрева и подготовка к контрольной работе <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], стр. 4-39
3	Основные показатели надежности	22	6	-	8	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Основные показатели надежности" и подготовка к тесту на знание терминологии <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные показатели надежности" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 17-49 [5], стр. 56-86
3.1	Основные показатели надежности	22	6	-	8	-	-	-	-	-	8	-	
4	Показатели надежности тепловых схем ТЭС	26	6	-	8	-	-	-	-	-	12	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Показатели надежности тепловых схем ТЭС и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Показатели надежности тепловых схем ТЭС" и подготовка к контрольной работе <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Показатели надежности тепловых схем ТЭС" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], стр. 260-277
4.1	Показатели надежности тепловых схем ТЭС	26	6	-	8	-	-	-	-	-	12	-	
5	Обеспечение надежности энергетического оборудования на	26	8	-	4	-	-	-	-	-	14	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Обеспечение надежности энергетического

	стадии проектирования, изготовления и в процессе эксплуатации												оборудования на стадии проектирования, изготовления и в процессе эксплуатации" <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Обеспечение надежности энергетического оборудования на стадии проектирования, изготовления и в процессе эксплуатации", подготовка к коллоквиуму <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 166-210 [3], стр. 328-342 [5], стр. 107-173
5.1	Обеспечение надежности энергетического оборудования на стадии проектирования, изготовления и в процессе эксплуатации	26	8	-	4	-	-	-	-	-	14	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	32	-	32	-	2	-	-	0.5	44	33.5	
	Итого за семестр	144.0	32	-	32	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. 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..

2. Высокотемпературная коррозия поверхностей нагрева

2.1. Высокотемпературная коррозия поверхностей нагрева

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

3. Основные показатели надежности

3.1. 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..

4. Показатели надежности тепловых схем ТЭС

4.1. 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..

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

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

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. 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. Расчеты на прочность элементов котла в соответствии с «Нормами расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды» (8 часов);
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);
3. Решение задач по элементам теории вероятностей при расчете показателей надежности (4 часа);
4. Решение задачи по определению коэффициента обеспечения максимального отпуска энергии и коэффициента недоотпуска энергии для указанного графика нагрузки (2 часа);
5. Решение задач по законам распределения времени безотказной работы (2 часа);
6. Решение задач по определению показателей надежности для различных структурных схем (4 часа);
7. Решение задачи методом перебора состояний; методом разложения относительно особого элемента; методом минимальных путей и сечений; методом составления дерева отказов (4 часа);
8. Просмотр учебного фильма «Дайте свет» с последующим коллоквиумом (2 часа);
9. Анализ способов повышения надежности при проектировании элементов котлов (2 часа).

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 "Высокотемпературная коррозия поверхностей нагрева"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основные показатели надежности"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Показатели надежности тепловых схем ТЭС"
5. 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 "Высокотемпературная коррозия поверхностей нагрева"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основные показатели надежности"

4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Показатели надежности тепловых схем ТЭС"
5. 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	4	5	
Знать:							
основные показатели надежности	ИД-1ПК-1			+			Тестирование/Тест на знание терминологии "Основные показатели надежности"
основные направления обеспечения надежности на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации основного оборудования ТЭС	ИД-2ПК-1					+	Коллоквиум/Обеспечение надежности на стадии проектирования, изготовления и эксплуатации энергетического оборудования
Уметь:							
выполнять расчеты на прочность элементов энергетического оборудования	ИД-1ПК-1	+					Контрольная работа/Расчет на прочность элементов энергетического оборудования
рассчитывать коэффициенты надежности системы	ИД-1ПК-1				+		Контрольная работа/Коэффициенты надежности
определять утонение стенки труб поверхностей нагрева в результате высокотемпературной коррозии	ИД-2ПК-1		+				Контрольная работа/Расчет утонения стенки в результате ВТК

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: Билеты (письменный опрос)

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

Форма реализации: Письменная работа

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

Форма реализации: Устная форма

1. Обеспечение надежности на стадии проектирования, изготовления и эксплуатации энергетического оборудования (Коллоквиум)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №3)

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 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. Егорова, Л. Е. Расчет на прочность элементов энергетического оборудования : методические указания по курсу "Прочность, надежность и диагностика элементов энергетического оборудования" по направлению 13.04.03 "Энергетическое машиностроение" / Л. Е. Егорова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2021 . – 60 с.

<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=11536>;

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. Егорова, Л. Е. Высокотемпературная коррозия поверхностей нагрева паровых котлов : учебное пособие по курсу "Прочность, надежность и диагностика элементов энергетического оборудования" по направлению 13.04.03 "Энергетическое машиностроение" / Л. Е. Егорова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2023 . – 40 с. - ISBN 978-5-

7046-2797-5 .

<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=12403>;

5. 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. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux.

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

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-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для консультирования	Д-320, Кабинет сотрудников каф. "МиПЭУ"	рабочее место сотрудника, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Д-305, Склад кафедры МиПЭУ	стул, шкаф

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Прочность, надежность и диагностика элементов энергетического оборудования

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Расчет на прочность элементов энергетического оборудования (Контрольная работа)
- КМ-2 Расчет утонения стенки в результате ВТК (Контрольная работа)
- КМ-3 Тест на знание терминологии "Основные показатели надежности" (Тестирование)
- КМ-4 Коэффициенты надежности (Контрольная работа)
- КМ-5 Обеспечение надежности на стадии проектирования, изготовления и эксплуатации энергетического оборудования (Коллоквиум)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	5	7	9	13	16
1	Прочность элементов энергетического оборудования						
1.1	Прочность элементов энергетического оборудования		+				
2	Высокотемпературная коррозия поверхностей нагрева						
2.1	Высокотемпературная коррозия поверхностей нагрева			+			
3	Основные показатели надежности						
3.1	Основные показатели надежности				+		
4	Показатели надежности тепловых схем ТЭС						
4.1	Показатели надежности тепловых схем ТЭС					+	
5	Обеспечение надежности энергетического оборудования на стадии проектирования, изготовления и в процессе эксплуатации						
5.1	Обеспечение надежности энергетического оборудования на стадии проектирования, изготовления и в процессе эксплуатации						+
Вес КМ, %:			25	25	5	20	25