

**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**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Прочность, надежность и диагностика элементов энергетического  
оборудования**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	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

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен к проектно-конструкторской деятельности в энергетическом машиностроении

ИД-1 Выполняет расчеты и разрабатывает конструкцию объекта профессиональной деятельности

ИД-2 Демонстрирует понимание влияния отдельных факторов на работу и конструкцию объекта профессиональной деятельности

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

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

Форма реализации: Выступление (доклад)

1. Защита расчетного задания (Коллективное задание)

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)

4. Структурная надежность (Контрольная работа)

5. Элементы теории вероятностей в оценке надежности (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

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

## БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %								
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
	Срок КМ:	5	7	9	11	12	13	16	16
Прочность элементов энергетического оборудования									
Прочность элементов энергетического оборудования	+								+
Высокотемпературная коррозия поверхностей нагрева									
Высокотемпературная коррозия поверхностей нагрева			+						

Основные показатели надежности								
Основные показатели надежности			+					
Показатели надежности тепловых схем ТЭС								
Показатели надежности тепловых схем ТЭС				+	+	+		
Обеспечение надежности энергетического оборудования на стадии проектирования, изготовления и в процессе эксплуатации								
Обеспечение надежности энергетического оборудования на стадии проектирования, изготовления и в процессе эксплуатации							+	
Вес КМ:	15	15	10	10	10	5	10	25

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Выполняет расчеты и разрабатывает конструкцию объекта профессиональной деятельности	Знать: – основные показатели надежности; Уметь: – рассчитывать коэффициенты надежности системы; – выполнять расчеты на прочность элементов энергетического оборудования;	Расчет на прочность элементов энергетического оборудования (Контрольная работа) Тест на знание терминологии "Основные показатели надежности" (Тестирование) Элементы теории вероятностей в оценке надежности (Контрольная работа) Коэффициенты надежности (Контрольная работа) Структурная надежность (Контрольная работа) Защита расчетного задания (Коллективное задание)
ПК-1	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> 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.	Расчет утонения стенки в результате ВТК (Контрольная работа) Обеспечение надежности на стадии проектирования, изготовления и эксплуатации энергетического оборудования (Коллоквиум)

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Расчет на прочность элементов энергетического оборудования

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Обучающийся получает индивидуальное задание, которое включает две задачи. Время выполнения контрольного мероприятия 45 минут.

#### Краткое содержание задания:

Определить номинальную толщину стенки элемента поверхности нагрева котла (труба змеевика, цилиндрическая часть коллектора, днище коллектора).

Определить допустимое рабочее давление в элементе поверхности нагрева котла.

#### Контрольные вопросы/задания:

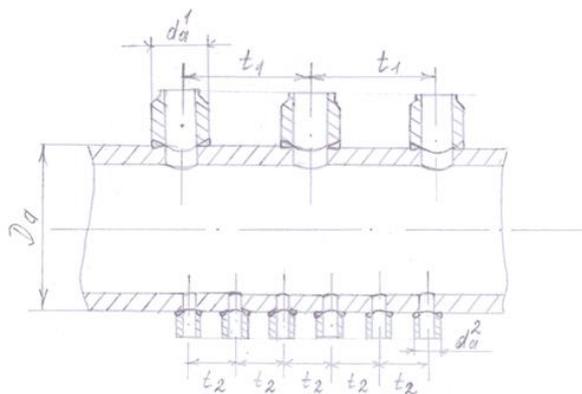
Уметь: –выполнять расчеты на прочность элементов энергетического оборудования;

1.

#### 1. Контрольная работа №1 «Расчет на прочность элемента котла»

Вариант 1. Задача 1

Определить номинальную толщину стенки коллектора пароперегревателя изготовленного из катанной трубы с наружным диаметром 219 мм (допуск на минусовое отклонение в соответствии с ТУ – 5%). Материал сталь 12Х1МФ. К коллектору приварены штуцера:  $d_{a1}$  – 57 мм и  $d_{a2}$  – 32 мм. Расстояние  $t_1=450$  мм, а  $t_2=120$  мм. Давление пара на входе в коллектор 14 МПа, температура пара 560°C. Коллектор надежно изолирован. (Укрепление отверстий штуцерами не считать.)



#### 2.1. Контрольная работа №1 «Расчет на прочность элемента котла»

Вариант 1. Задача 2

Определить допустимое рабочее давление в змеевике выходной ступени пароперегревателя котла Е420-

	140-560ГМ, отработавшего расчетный ресурс. ПП выполнен из стали 12Х1МФ. Расчетная температура 560°С, температура наружной стенки в расчетном гйбе – 575°С. Размеры трубы по результатам контроля 32х5мм. Радиус гйба R=1,7Да. Овальность сечения в месте гйба при R -8%.Котел сжигает природный газ. Оценить возможность дальнейшей эксплуатации котла.
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если две задачи выполнены преимущественно верно. Допускаются единичные опечатки, которые не влияют на результат

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если одна задача выполнена верно, а вторая задача решена с незначительными ошибками.

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если две задачи решены до конца, но в них допущены ошибки.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задачи не решены до конца.

**КМ-2. Расчет утонения стенки в результате ВТК**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Обучающийся получает индивидуальное задание, которое включает задачу и справочные материалы с расчетными формулами для оценки высокотемпературной коррозии. Время выполнения контрольного мероприятия составляет 45 минут

**Краткое содержание задания:**

Рассчитать утонение стенки трубы высокотемпературной поверхности нагрева при ступенчатом графике изменения расчетной температуры с учетом очистки

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: -определять утонение стенки труб поверхностей нагрева в результате высокотемпературной коррозии.	<b>1.2. Контрольная работа №2 «Высокотемпературная коррозия. Расчет утонения стенки трубы»</b>
---	--

Вариант №1			
Труба 32x5,5 изготовлена из стали 12Х1МФ, находится в потоке продуктов сгорания экибастузского угля. Продолжительность работы и характеристики режимов приведены в таблице.			
Номер режима	1	2	3
Время работы на режиме, ч	2000	3000	5000
Температура наружной поверхности стенки трубы, °С	580	585	570
За расчетный период работы проводится очистка наружной поверхности трубы через 7500 ч с момента начала 1 режима.			
Определить геометрические размеры трубы на момент окончания указанных эксплуатационных режимов. Коррозию с внутренней стороны трубы не учитывать.			

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задача решена преимущественно верно. Допускаются единичные опечатки, которые не влияют на результат

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если при решении задачи допущены единичные ошибки в вычислениях, но при этом методика решения задачи верная.

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если при решении задачи допущены значительные ошибки в вычислениях.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если при решении задачи допущены ошибки в методике расчета либо для расчета выбрана неверная формула..

### КМ-3. Тест на знание терминологии "Основные показатели надежности"

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестирование организовано по группам, состоящим из двух обучающихся. Для тестирования подготовлены два варианта билетов: вариант №1 и вариант №2. Вариант состоит из 7 определений и 10 терминов. Каждый обучающийся из группы получает билет ( вариант №1 или вариант №2) и заполняет столбец "Студент": указывает фамилию и инициалы и выполняет задание по установлению соответствия между определениями и терминами (таблица 2). Затем обучающиеся меняются билетами и заполняют столбец таблицы 1 "Эксперт".

### Краткое содержание задания:

Поставить в соответствие определения из таблицы 1 и термины из таблицы 2

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: –основные показатели надежности;	<p><b>1.Тест №1 на знание терминологии «Основные показатели надежности».</b></p> <p>Таблица 1 Определения основных показателей надежности объекта</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 5%;">№</td> <td style="width: 65%;">Определение</td> <td style="width: 30%;">Показатель надежности</td> </tr> </table>	№	Определение	Показатель надежности
№	Определение	Показатель надежности		

	п/п	из таблицы 2		
		Студент	Эксперт	
		Ф.И.О.	Ф.И.О.	
	1.	Состояние объекта, при котором он способен выполнять заданные функции с параметрами, установленными требованиями технической документации		
	2.	Свойство технического устройства, которое предполагает исключение возможности возникновения ситуаций, опасных для людей и окружающей среды		
	3.	Способность объекта к обнаружению и устранению отказов, а также к их предупреждению.		
	4.	Совокупность свойств, определяющих степень пригодности технического устройства для использования по назначению		
	5.	Календарная продолжительность эксплуатации объекта от определенного момента времени до наступления предельного состояния		
	6.	Продолжительность или объем работы, выполненные объектом		
	7.	Превышение веса, габаритов либо стоимости объекта или системы по сравнению с минимально необходимыми для заданных параметров и структуры для		

	обеспечения заданной надежности																								
<p>Таблица 2 Основные показатели надежности объекта</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Обозначение</th> <th>Показатель</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>А</td> <td>Качество</td> </tr> <tr> <td>Б</td> <td>Срок службы</td> </tr> <tr> <td>В</td> <td>Избыточность</td> </tr> <tr> <td>Г</td> <td>Безопасность</td> </tr> <tr> <td>Д</td> <td>Наработка</td> </tr> <tr> <td>Е</td> <td>Ремонтопригодность</td> </tr> <tr> <td>Ж</td> <td>Работоспособность</td> </tr> <tr> <td>З</td> <td>Долговечность</td> </tr> <tr> <td>И</td> <td>Ремонтоспособность</td> </tr> <tr> <td>К</td> <td>Исправность</td> </tr> </tbody> </table>				Обозначение	Показатель	А	Качество	Б	Срок службы	В	Избыточность	Г	Безопасность	Д	Наработка	Е	Ремонтопригодность	Ж	Работоспособность	З	Долговечность	И	Ремонтоспособность	К	Исправность
Обозначение	Показатель																								
А	Качество																								
Б	Срок службы																								
В	Избыточность																								
Г	Безопасность																								
Д	Наработка																								
Е	Ремонтопригодность																								
Ж	Работоспособность																								
З	Долговечность																								
И	Ремонтоспособность																								
К	Исправность																								

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 100*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Отлично» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы на все вопросы теста

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Хорошо» если выполнены следующие условия: - студентом дан неверный ответ на один вопрос

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Удовлетворительно» если выполнены следующие условия: - студентом дан неверный ответ на два вопроса

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Неудовлетворительно», если студентом даны неверные ответы на три и более вопросов

**КМ-4. Элементы теории вероятностей в оценке надежности**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Обучающийся получает индивидуальное задание, которое включает две задачи.

**Краткое содержание задания:**

Решить представленные в билете задачи

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь:	–рассчитывать	<b>1.Контрольная работа №3 «Элементы теории</b>
--------	---------------	---

коэффициенты системы;	надежности	<b>вероятностей в оценке надежности»</b> Вариант 1.
		<p>1. Из 40 деталей 10 изготовлены в первом цехе, 25 - во втором, а остальные - в третьем. Первый и третий цехи дают продукцию отличного качества с вероятностью 0,9, второй цех - с вероятностью 0,7. Какова вероятность того, что взятая наудачу деталь будет отличного качества?</p> <p>2. Четыре станка независимо изготовили по одной однотипной детали. Вероятность того, что изготовленная деталь стандартная для первого станка – 0,8; для второго – 0,7; для третьего – 0,6 и для четвертого – 0,5. Найти вероятность того, что из четырех деталей ровно две будут стандартными.</p>

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если две задачи выполнены преимущественно верно, решение содержит подробное описание каждого действия. Допускаются единичные опечатки, которые не влияют на результат

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если одна задача решена верно, а вторая задача решена с незначительными ошибками, или в решении нет достаточно подробного описания каждого действия. Есть опечатки, которые не влияют на результат

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если две задачи решены до конца, но в них допущены ошибки.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задачи не решены до конца или неверно выбраны расчетные формулы для решения задач.

### КМ-5. Коэффициенты надежности

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Обучающийся выполняет индивидуальное задание содержащее одну задачу. Время выполнения контрольного мероприятия составляет 30 минут.

### Краткое содержание задания:

Определить и сравнить недоотпуск энергии двумя установками или определить и сравнить коэффициент обеспечения заданного отпуска энергии и максимально возможный отпуск энергии

### Контрольные вопросы/задания:

Уметь:	–рассчитывать	1.Контрольная работа №4 «Коэффициенты
--------	---------------	---------------------------------------

коэффициенты системы;	надежности	<b>надежности»</b>
		<b>Вариант 1.</b>
		1. Сравнить коэффициент обеспечения и обеспечение максимального отпуска энергии установкой в случае работы по представленному графику. Установка может находиться в состоянии работы с номинальной нагрузкой с вероятностью 0.9; 70-% нагрузкой с вероятностью 0.06 и 50-% нагрузкой с вероятностью 0.04.

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения задания:* Оценка "отлично" выставляется если задача решена преимущественно верно. Допускаются единичные опечатки, которые не влияют на результат

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения задания:* Оценка "хорошо" выставляется если при решении задачи допущены единичные незначительные ошибки в вычислениях, которые не изменили результат.

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения задания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если при решении задачи допущены ошибки в вычислениях, которые привели к изменению результата.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения задания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если при решении задачи допущены грубые ошибки или задача не решена полностью .

### КМ-6. Структурная надежность

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

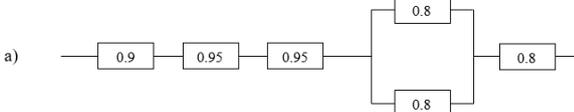
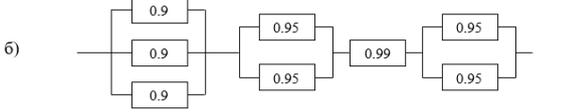
**Вес контрольного мероприятия в БРС: 5**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждый обучающийся получает индивидуальное задание, содержащее две структурные схемы. Время выполнения контрольного мероприятия составляет 30 минут

### Краткое содержание задания:

Определить вероятность безотказной работы каждой системы для которой представлена структурная схема. Для системы с наименьшей надежностью предложить пути её увеличения.

### Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: —рассчитывать коэффициенты надежности системы;</p>	<p><b>1.Контрольная работа №5 «Структурная надежность»</b> Вариант №1</p> <p>Сравнить вероятность безотказной работы двух объектов со следующими структурными схемами:</p> <p>а) </p> <p>б) </p> <p>Для схемы с меньшим значением вероятности безотказной работы предложить пути ее повышения.</p>
--	--

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задача решена преимущественно верно. Допускаются единичные опечатки, которые не влияют на результат

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если при решении задачи допущены единичные незначительные ошибки в вычислениях, которые не изменили результат.

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если при решении задачи допущены ошибки в вычислениях, которые привели к изменению результата.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если при решении задачи допущены грубые ошибки в вычислениях.

### **КМ-7. Обеспечение надежности на стадии проектирования, изготовления и эксплуатации энергетического оборудования**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Коллоквиум проводится для группы обучающихся. Каждому обучающемуся задается пять вопросов в произвольном порядке из списка вопросов коллоквиума. Каждый правильный ответ полный и развернутый оценивается в один балл. Неверный ответ, а также ответ неконкретный с ошибками в деталях, путаница в понятиях, ошибки в применении терминов баллов не приносят.

#### **Краткое содержание задания:**

Ответьте на заданные вопросы

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: –основные направления обеспечения надежности на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации основного оборудования ТЭС;

1. Вопросы коллоквиума:

1. Перечислите основные направления обеспечения надежности на стадии проектирования.
2. Охарактеризуйте методы разработки тепловой схемы.
3. Назовите достоинства и недостатки метода основанного на использовании прототипа.
4. Назовите достоинства и недостатки метода основанного на предварительном распределении энтальпии среды по элементам с проведением конструкторского теплового расчета поверхностей нагрева.
5. Как влияют характеристики топлива на конструктивные особенности котла.
6. За счет чего происходит повышение надежности системы при резервировании ее отдельных элементов.
7. Назовите различные способы резервирования.
8. В чем особенности резервирования элементов в энергетике.
9. Как выбор конструкционных материалов влияет на надежность отдельных элементов и системы в целом.
10. Назовите требования, предъявляемые к сталям, применяемым в котлостроении.
11. Какие проблемы возникают при использовании литых корпусов арматуры в трубопроводах на ТЭС.
12. Назовите основные направления обеспечения надежности при изготовлении оборудования.
13. За счет чего повышается надежность оборудования при его выпуске в блочном исполнении.
14. Что такое входной контроль. Назовите его этапы.
15. Какие методы используются на котлостроительном производстве для контроля качества сварных соединений.
16. Почему качеству сварных швов уделяется особое внимание.
17. Назовите достоинства неразрушающих методов контроля.
18. Какие особенности необходимо учитывать при сварке теплоустойчивых сталей.
19. Что такое сопутствующий подогрев стали.
20. Какова цель термической обработки сварных соединений.
21. За счет чего повышается надежность системы при унификации производства отдельных элементов.
22. Назовите основные направления обеспечения надежной эксплуатации оборудования.
23. Назовите типы ремонтов.
24. Содержание технического обслуживания оборудования.
25. Назовите содержание мероприятий по контролю

	<p>за металлом и сварными соединениями в процессе эксплуатации.</p> <p>26. Как оценивается величина остаточной пластической деформации на паропроводах с температурой выше 450 градусов.</p> <p>27. Как оценивается величина остаточной пластической деформации на трубах поверхностей нагрева.</p> <p>28. Как влияет графитизация металла на надежность работы трубопровода.</p> <p>29. Почему ползучесть металла является важнейшим процессом происходящим в металлах при воздействии длительное время высокой температуры и давления.</p> <p>30. Какова связь между процессом ползучести металла и прочностью паропровода.</p> <p>31. За счет чего избыточность приводит к повышению надежности системы.</p>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 100*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется при получении пяти баллов*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется при получении четырех баллов*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется при получении трех баллов*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если не получены ответы на три вопроса*

**КМ-8. Защита расчетного задания**

**Формы реализации:** Выступление (доклад)

**Тип контрольного мероприятия:** Коллективное задание

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Обучающиеся группой ( 4-5 человек) защищают результаты своих расчетов выполненных с использованием материалов реального проекта.

**Краткое содержание задания:**

Представить результаты прочностных расчетов выполненные группой

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: –выполнять расчеты на прочность элементов	1.Представить результаты прочностных расчетов выполненные группой и обосновать принятые
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения знания:* если прочностные расчеты выполнены правильно и предложены обоснованные решения по увеличению надежности расчетного элемента котла

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:* если прочностные расчеты выполнены правильно, а решения по увеличению надежности расчетного элемента котла не удастся обосновать

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:* если прочностные расчеты выполнены с незначительными ошибками и решения по увеличению надежности расчетного элемента котла не удастся обосновать

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* если прочностные расчеты выполнены с грубыми ошибками

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

### Пример билета

НПУ «МЭП»	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4	Утверждаю
	Кафедра <u>МиПЭУ</u>	
	Дисциплина: Прочность, надежность и диагностика элементов энергетического оборудования	
Институт: <u>ЭиМЦ</u> группа С-02м-19		
1. Техническое обслуживание и ремонт оборудования. Виды ремонтов и их содержание. 2. Количественные характеристики надежности. Коэффициенты надежности. 3. Задача.		

### Процедура проведения

Экзамен проводится в письменной форме по билетам, содержащим теоретическую часть, которая включает два вопроса, и практическую часть, которая представлена задачей по одному из разделов дисциплины. Время на выполнение экзаменационного задания – 120 минут, в течение которого обучающийся готовит развернутый и решает задачу.

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

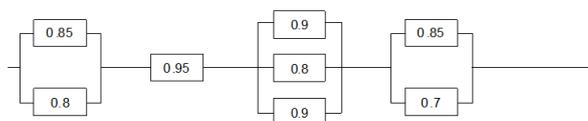
**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-1</sub> Выполняет расчеты и разрабатывает конструкцию объекта профессиональной деятельности

### Вопросы, задания

1. Основные показатели надежности технических систем.  
Количественные характеристики надежности. Коэффициенты надежности.
2. Определить допустимое рабочее давление в змеевике выходной ступени пароперегревателя котла Е420-140-560ГМ, отработавшего расчетный ресурс. ПП выполнен из стали 12Х1МФ. Расчетная температура 560°С, температура наружной стенки в расчетном гйбе – 575°С. Размеры трубы по результатам контроля 32х5мм. Радиус гйба R=1,7Da. Овальность сечения в месте гйба при R -8%. Котел сжигает природный газ. Оценить возможность дальнейшей эксплуатации котла.
3. Числовые характеристики случайной величины.  
Законы распределения случайных величин. Экспоненциальный закон распределения времени безотказной работы.
4. Нарботка на отказ коллектора экономайзера при данных условиях эксплуатации составляет 50000 часов. Определить интенсивность отказов и вероятность отказа коллектора через 100000 часов. Как изменится вероятность отказа коллектора, отработавшего еще 50000 часов. Закон распределения наработке на отказ - экспоненциальный.
5. Структурная надежность. Влияние отказа элементов структурной схемы на работоспособность ТЭС и основанная на этом классификация.  
Резервирование. Классификация. Кратность резервирования.

Аналитические методы расчета надежности ТЭС и АЭС. Метод перебора состояний.  
 Метод перебора относительно особого элемента. Метод минимальных путей и сечений.  
 Метод "дерева отказов".

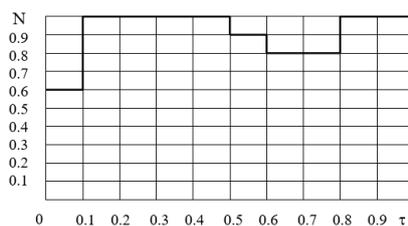
Определить вероятность безотказной работы системы, представленной следующей структурной схемой:



6. Как изменится надежность системы, если элемент с минимальной надежностью  $p=0,7$  заменить на элемент с надежностью  $p=0,85$ ?

Определить коэффициенты обеспечения и обеспечения максимального отпуска энергии установкой, которая может работать на номинальном режиме с вероятностью 0.95; с 80%-ной нагрузкой с вероятностью 0.03 и 75%-ной нагрузкой с вероятностью 0.02.

Установка работает в маневренном режиме по представленному графику.



7.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1.1. Какая температура стенки обогреваемой детали в расчетах на прочность принимается в качестве расчетной температуры

Ответы:

1. температура наружной поверхности стенки детали  
 2. среднеарифметическое значение температур наружной и внутренней поверхности стенки детали

3. температура внутренней поверхности стенки детали

4. допустимая температура наружной поверхности стенки детали

5. температура рабочей среды в детали

Верный ответ: 2. среднеарифметическое значение температур наружной и внутренней поверхности стенки детали

2.2. Какой показатель надежности характеризует резервирование объекта

Ответы:

1. исправность  
 2. безопасность  
 3. избыточность  
 4. долговечность  
 5. работоспособность

Верный ответ: 3. избыточность

3.3. Какая структурная схема позволяет обеспечить максимальную надежность системы из трех элементов с одинаковой вероятностью безотказной работы

Ответы:

1. последовательное соединение элементов системы  
 2. параллельное соединение элементов системы  
 3. надежность системы не зависит от структурной схемы соединения элементов, а определяется надежностью отдельного элемента

Верный ответ: 2. параллельное соединение элементов системы

4.4. Как меняется вероятность безотказной работы объекта во времени

Ответы:

1. увеличивается от 0 в момент начала эксплуатации до 1
2. вероятность безотказной работы величина постоянная и во времени не меняется
3. уменьшается от 1 в момент начала эксплуатации до 0

Верный ответ: 3. уменьшается от 1 в момент начала эксплуатации до 0

5.5. Какие характеристики помимо расчетного ресурса определяют величину номинального допускаемого напряжения в расчетах на прочность

Ответы:

1. марка стали и температура
2. только марка стали
3. только температура

Верный ответ: 1. марка стали и температура

6.8. Какая толщина стенки вычисляется по формуле

$$S = S_R + C$$

Ответы:

1. расчетная толщина стенки
2. номинальная толщина стенки
3. фактическая толщина стенки
4. допустимая толщина стенки
5. минимальная расчетная толщина стенки

Верный ответ: 2. номинальная толщина стенки

7. 10. Какова надежность системы, состоящей из трех последовательно соединенных элементов, вероятность безотказной работы которых равна 0,9

Ответы:

1. 2.7
2. 0.729
3. 0.3
4. 0.999

Верный ответ: 2. 0.729

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-1 Демонстрирует понимание влияния отдельных факторов на работу и конструкцию объекта профессиональной деятельности

### Вопросы, задания

1.Высокотемпературная коррозия. Механизм коррозии. Расчет утонения стенки за счет высокотемпературной коррозии в условиях постоянной температуры. Расчет утонения стенки за счет высокотемпературной коррозии в условиях переменной температуры. Понятие эквивалентного времени.

Исходные данные:

Топливо:	Природный газ		
Материал:	12Х1МФ		
Геометрические размеры трубы d <sup>0</sup> ×S <sup>0</sup> , мм	32×5		
Параметры эксплуатационного режима			
Параметр	Номер режима		
	1	2	3
T, °C	590	600	625
Δτ, ч	7800	6200	6500

Определить геометрические размеры (d×S) исследуемого участка трубы по окончании эксплуатации (коррозию с внутренней стороны не учитывать).

2.

3. Обеспечение надежности на стадии проектирования. Обеспечение надежности оборудования на стадии изготовления. Контроль и испытания при изготовлении оборудования. Обеспечение надежности в процессе эксплуатации. Контроль остаточной деформации на паропроводах и трубах поверхностей нагрева. Техническое обслуживание и ремонт оборудования. Виды ремонтов и их содержание. Ремонтная диагностика. Оперативная диагностика.

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1.6. Стали какого класса должны применяться при проектировании горячих конвективных пакетов с расчетной температурой 600 градусов

Ответы:

1. качественные углеродистые стали
2. стали аустенитного класса
3. стали перлитного класса

Верный ответ: 2. стали аустенитного класса

2.7. К какому виду ремонта относится капитальный ремонт

Ответы:

1. к плановому ремонту
2. к неплановому ремонту

Верный ответ: 1. к плановому ремонту

3.9. При каком способе резервирования ресурс резервного элемента сохраняется

Ответы:

1. резервирование с постоянно включенным резервом
2. резервирование замещением

Верный ответ: 2. резервирование замещением

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическую часть, который дал полный ответ и показал при ответе на вопросы экзаменационного билета, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и выполнения практической части.

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическую часть и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, а также выполнил практическую часть из экзаменационного билета частично.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который: не ответил на вопросы экзаменационного билета и не смог выполнить практическую часть.

### ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих