

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

**Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**Наименование образовательной программы: Эффективные теплоэнергетические системы предприятий и ЖКХ**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Надежность теплоэнергетических систем**

**Москва  
2021**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мотулевич А.В.
	Идентификатор	Rd64ed634-MotulevichAV-c3cd7a1

(подпись)

А.В.

Мотулевич

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Яворовский Ю.В.
	Идентификатор	R7e35b260-YavorovskyYV-dabb149

(подпись)

Ю.В.

Яворовский

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Яворовский Ю.В.
	Идентификатор	R7e35b260-YavorovskyYV-dabb149

(подпись)

Ю.В.

Яворовский

(расшифровка  
подписи)

## 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-3 Способен участвовать в эксплуатации теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ

ИД-4 Способен применять на практике различные методики и современные программные пакеты для повышения надежности теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Надежность структурных схем (Контрольная работа)
2. Надежность технических систем (Контрольная работа)
3. Основные понятия теории надежности (Тестирование)
4. Повышение надежности энергетических систем (Решение задач)

### БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15
Основные понятия теории надежности					
Основные понятия теории надежности	+				
Применение методов теории вероятности при оценке надежности технических систем и их элементов	+				
Надежность технических систем					
Надежность невосстанавливаемых и восстанавливаемых технических систем и элементов		+			
Надежность структурных схем					
Структурные схемы, применяемые в теории надежности. Их использование при расчете надежности энергосистем			+		
Расчет сложных схем			+		
Повышение надежности энергетических систем					

Методы повышения надежности				+
Резервирование				+
Вес КМ:	15	35	15	35

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## 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-3	ИД-4ПК-3 Способен применять на практике различные методики и современные программные пакеты для повышения надежности теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ	Знать: основные понятия, термины и определения, используемые в теории надежности методы определения показателей надежности энергетических систем теоретические основы обеспечения надежности Уметь: рассчитывать основные показатели надежности систем определять вероятность отказа при работе энергетических систем рассчитывать показатели работоспособности для различных схем резервирования	Основные понятия теории надежности (Тестирование) Надежность технических систем (Контрольная работа) Надежность структурных схем (Контрольная работа) Повышение надежности энергетических систем (Решение задач)

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

### КМ-1. Основные понятия теории надежности

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

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Индивидуально, в письменной форме по заданиям, во время проведения аудиторных практических занятий, продолжительность - 30 минут

**Краткое содержание задания:**

Определения основных понятий надежности, теории вероятности

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные понятия, термины и определения, используемые в теории надежности	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Что такое надежность как свойство объекта</li><li>2.Виды отказов</li><li>3.Какие события образуют полную группу событий</li><li>4.В чем различие суммы и произведения событий</li><li>5.Дайте определение понятию “безотказность”</li></ol>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

### КМ-2. Надежность технических систем

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

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 35

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Индивидуально, в письменной форме по заданиям, во время проведения аудиторных практических занятий, продолжительность - 45 минут

**Краткое содержание задания:**

Расчет надежности восстанавливаемых и невосстанавливаемых систем

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: методы определения показателей надежности энергетических систем	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Назовите основные показатели надежности невосстанавливаемых систем</li><li>2.Дайте определение коэффициента готовности</li><li>3.Что такое интенсивность отказов и интенсивность восстановления</li></ol>
Уметь: определять вероятность отказа при работе	<ol style="list-style-type: none"><li>1.В процессе испытаний 80 двигателей в течение времени <math>t_1</math> отклонение характеристик от допустимых</li></ol>

энергетических систем	<p>пределов наблюдается у 3 из них. В течение интервала времени <math>[t_1, t_2]</math> отказал еще 1 двигатель. Определить вероятность безотказной работы и вероятность отказа</p> <p>2. Прибор состоит из 5 блоков. Вероятности безотказной работы каждого блока в течение 100 ч составляют: <math>P_1(100) = 0,98</math>, <math>P_2(100) = 0,99</math>, <math>P_3(100) = 0,998</math>, <math>P_4(100) = 0,975</math>, <math>P_5(100) = 0,985</math>. Справедлив экспоненциальный закон распределения вероятности безотказной работы. Определить частоту отказов, среднее время наработки на отказ</p>
-----------------------	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

**КМ-3. Надежность структурных схем**

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

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

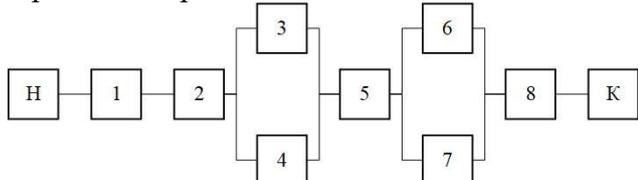
**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Индивидуально, в письменной форме по заданиям, во время проведения аудиторных практических занятий, продолжительность - 30 минут

**Краткое содержание задания:**

Расчет показателей надежности различных структурных схем

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: рассчитывать основные показатели надежности систем</p>	<p>1. Система работоспособна, если работоспособны все ее элементы. Записать выражение для определения вероятности работоспособности системы</p>  <pre> graph LR     H[H] --- 1[1] --- 2[2]     2 --- 3[3]     2 --- 4[4]     3 --- 5[5]     4 --- 5     5 --- 6[6]     5 --- 7[7]     6 --- 8[8]     7 --- 8     8 --- K[K] </pre> <p>2. Система работоспособна, если работоспособны все ее элементы. Записать выражение для определения вероятности работоспособности системы</p>
--	--



**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

**КМ-4. Повышение надежности энергетических систем**

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

**Тип контрольного мероприятия:** Решение задач

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 35

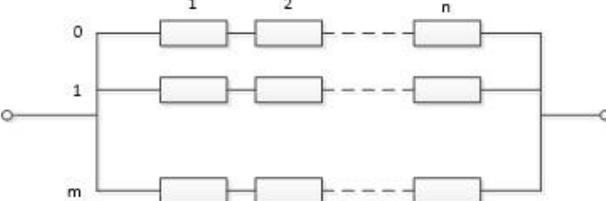
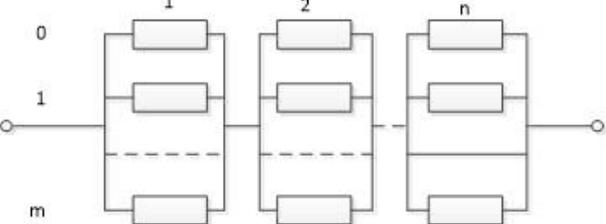
**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Индивидуально, в письменной форме по заданиям, во время проведения аудиторных практических занятий, продолжительность - 45 минут

**Краткое содержание задания:**

Решение задач по определению показателей надежности при различных схемах резервирования

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: теоретические основы обеспечения надежности	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Способы резервирования</li> <li>2.Алгоритм расчет показателей надежности при раздельном резервировании с постоянно-включенным резервом и целой кратностью</li> <li>3.Алгоритм расчет показателей надежности при раздельном резервировании замещением с целой кратностью</li> <li>4.Алгоритм расчет показателей надежности при раздельном резервировании с постоянно-</li> </ol>
--	--

<p>Уметь: рассчитывать показатели работоспособности для различных схем резервирования</p>	<p>включенным резервом и целой кратностью</p> <p>1. Резервирование объекта системы теплоснабжения осуществляется как общее с постоянно включенным резервом и с целой кратностью (<math>m=2</math>). В каждой цепи по 3 элемента (<math>n=3</math>). Интенсивность отказа каждого элемента независима и равна <math>5 \cdot 10^{-6}</math> 1/ч. Определить вероятность безотказной работы системы и среднее время безотказной работы</p>  <p>2. Резервирование объекта системы теплоснабжения осуществляется как раздельное с постоянно включенным резервом и с целой кратностью (<math>m=2</math>). В каждой цепи по 3 элемента (<math>n=3</math>). Интенсивность отказа каждого элемента независима и равна <math>3 \cdot 10^{-6}</math> 1/ч. Определить вероятность безотказной работы системы и среднее время безотказной работы.</p> 
---	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

### Пример билета

1. Основные показатели надежности
2. Потребитель получает теплоту по теплопроводу, состоящему из 100 невосстанавливаемых участков. Интенсивности отказов каждого участка равны  $5 \cdot 10^{-6}$  1/час. Определить вероятность безотказной работы теплопровода

### Процедура проведения

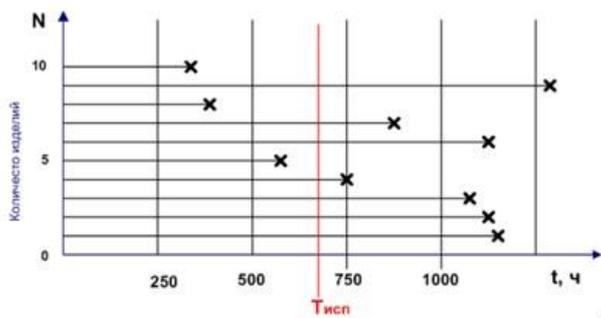
Индивидуально, в письменной форме по заданиям в билетах (1-теоретический вопрос, 2 - задача), в аудитории, продолжительность - 50 минут

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-4ПК-3 Способен применять на практике различные методики и современные программные пакеты для повышения надежности теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ

### Вопросы, задания

1. Общее резервирование замещением и целой кратностью.  
Определить интенсивность отказов невосстанавливаемых участков тепловой сети на диапазоне от 250 до 500 часов если наблюдение ведётся за 10 участками в течении 1500 часов



2. Надежность восстанавливаемых элементов систем теплоснабжения.  
Потребитель получает теплоту по двум независимым теплопроводам Т1 и Т2, отказы которых независимы. Каждый теплопровод может пропустить всю необходимую потребителю тепловую мощность. Теплопроводы выводятся в ремонт (преднамеренный отключения). Параметры потока отказов линий и среднее время восстановления теплопроводов приведено в таблице

Теплопровод	T1	T2
Интенсивность отказов 1/год	0,1	0,07
Среднее время восстановления	25	30
Интенсивность преднамеренных отключений, 1/год	0,3	0,4
Среднее время преднамеренных отключений, час	50	60

Определить среднюю вероятность отказа; среднее время восстановления

3. Общее резервирование замещением и целой кратностью

Потребитель получает теплоту по теплопроводу, состоящему из 100 восстанавливаемых участков тепловой сети. Интенсивности отказов каждого участка составляют  $3 \cdot 10^{-4}$  1/час. Время восстановления каждого участка одинаковое и равно 3 часам. Определить вероятность безотказной работы теплопровода

#### 4. Понятие отказа в системах теплоснабжения

Резервирование объекта системы теплоснабжения осуществляется как отдельное с постоянно включенным резервом и с целой кратностью ( $m=2$ ). Количество элементов в цепях равно  $n=3$ . Интенсивность отказа каждого элемента независима и равна  $3 \cdot 10^{-4}$  1/ч. Определить вероятность безотказной работы системы и среднее время безотказной работы.

### Материалы для проверки остаточных знаний

#### 1. Надежность как свойство системы

Ответы:

1. характеризует способность выполнять требуемые функции в заданных условиях функционирования
2. характеризует способность работать без отказа
3. характеризует способность выполнять некоторые функции в заданных условиях функционирования
4. характеризует способность выполнять требуемые функции только в определенных условиях

Верный ответ: 1. характеризует способность выполнять требуемые функции в заданных условиях функционирования

#### 2. Является ли отказ случайным событием

Ответы:

1. да
2. нет

Верный ответ: 1. да

3. Отказ любого из  $N$  однотипных устройств, изготовленных и работающих в одинаковых условиях, - это....отказ

Ответы:

1. равновозможные отказы
2. неравновозможные

Верный ответ: 1. равновозможные

4. Коэффициенты готовности и восстановления используются при определении надежности для восстанавливаемых или невосстанавливаемых систем

Ответы:

1. восстанавливаемых
2. невосстанавливаемых

Верный ответ: 1. восстанавливаемых

5. Какие виды структурных схем вы знаете?

Ответы:

1. параллельное соединение элементов
2. последовательное соединение элементов
3. параллельно-последовательное соединение элементов

#### 4. мостиковая схема

Верный ответ: Перечислить варианты 1-4

#### 6. Коэффициент готовности

Ответы:

1. это отношение математического ожидания суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к математическому ожиданию суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии и простоев, обусловленных техническим обслуживанием и ремонтом за тот же период
2. это вероятность того, что изделие находится в работоспособном состоянии, определенная в соответствии с проектом при заданных условиях функционирования и технического обслуживания
3. это вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени. Представляет собой отношение времени исправной работы к сумме времени исправной работы и вынужденных простоев объекта, взятых за один и тот же календарный срок

Верный ответ: 3

#### 7. Что такое «ремонтпригодность» технологического объекта

Ответы:

1. возможность и целесообразность восстановления работы какого-либо элемента системы или объекта путем технического обслуживания и ремонта
2. свойство объекта, заключающееся в приспособленности его к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта
3. это способность изделия выполнить требуемую функцию при данных условиях в предположении, что обеспечены технического обслуживания и ремонта

Верный ответ: 2

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

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

Оценка определяется на основании баллов промежуточной и текущей аттестации