



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
С.И. Лукьянов

26.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***НАДЕЖНОСТЬ И ИСПЫТАНИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ***

Направление подготовки (специальность)  
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Энергообеспечение предприятий

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
заочная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	5

Магнитогорск  
2020 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 143)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Теплотехнических и энергетических систем  
11.02.2020, протокол № 4

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
26.02.2020 г. протокол № 5

Председатель \_\_\_\_\_ С.И. Лукьянов

Рабочая программа составлена:  
зав. кафедрой ТиЭС, докт. техн. наук

\_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

Рецензент:  
зам. начальника ЦЭСТ ПАО "ММК" , канд. техн. наук

\_\_\_\_\_ В.Н. Михайловский



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
С.И. Лукьянов

26.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***НАДЕЖНОСТЬ И ИСПЫТАНИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ***

Направление подготовки (специальность)  
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Энергообеспечение предприятий

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
заочная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	5

Магнитогорск  
2020 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 143)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Теплотехнических и энергетических систем  
11.02.2020, протокол № 4

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
26.02.2020 г. протокол № 5

Председатель \_\_\_\_\_ С.И. Лукьянов

Рабочая программа составлена:

зав. кафедрой ТиЭС, д-р техн. наук \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

Рецензент:

зам. нач. ЦЭСТ ПАО "ММК" , канд. техн. наук \_\_\_\_\_ В.Н.  
Михайловский

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины является развитие представлений об основных понятиях теории и критериях надежности систем теплоэнергоснабжения промышленных предприятий, а также приобретение навыков к участию в выполнении расчетов по определению количественных и качественных показателей надежности.

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Надежность и испытания теплоэнергетического оборудования входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Тепломассообмен

Тепловые двигатели

Основы работы нагнетателей

Основы трансформации теплоты

Котельные установки и парогенераторы

Гидрогазодинамика

Техническая термодинамика

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Теплотехнический аудит промышленных предприятий

Производственная-преддипломная практика

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Надежность и испытания теплоэнергетического оборудования» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-1	Способен участвовать в оценке технического состояния, поддержания и восстановления работоспособности тепломеханического оборудования промышленных ТЭС
ПК-1.2	Проводит учет и анализ технико-экономических показателей работы тепломеханического оборудования
ПК-1.1	Оценивает уровень технических решений направленных на повышение эффективности работы тепломеханического оборудования

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 6,7 академических часов;
- аудиторная – 6 академических часов;
- внеаудиторная – 0,7 академических часов
- самостоятельная работа – 97,4 академических часов;

– подготовка к зачёту – 3,9 академических часа

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. 1 Раздел. Общие понятия теории надежности								
1.1 Особенности работы теплоэнергетических систем промышленных предприятий. Обусловленность необходимости повышения надежности теплоэнергетического оборудования. Ущерб от недоотпуска и перерывов энергоснабжения потребителей. Ущерб от снижения качества тепловой и электрической энергии	5	0,4		0,2/0,2И	12,4	Самостоятельная проработка материала, решение практических задач. Приложение 1.	Наличие конспектов лекции, решение практических задач.	ПК-1.1, ПК-1.2
1.2 Общие и специальные критерии надежности систем теплоэнергоснабжения. Система. Элемент системы. Объект. Качество. Надежность. Живучесть. Безопасность. Устойчивость системы. Отказ. Авария. Безотказность. Нарботка на отказ. Экстремальное событие. Восстанавливаемость объекта. Ремонтпригодность. Ресурс. Долговечность.		0,5		0,2/0,2И	12	Самостоятельная проработка материала, решение практических задач. Приложение 1.	Наличие конспектов лекции, решение практических задач.	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		0,9		0,4/0,4И	24,4			
2. 2 Раздел. Качественный и количественный анализ надежности								

<p>2.1 Количественные и качественные показатели надежности. Коэффициенты: готовности, технического использования, обеспечения максимально возможного отпуска энергии. Методы определения показателей надежности. Элементы теории вероятностей в анализе надежности объектов и систем теплоэнергетики. Случайная величина. Вероятность события. Полная вероятность события. Формула Байеса. Законы распределения случайных величин. Расчет вероятности состояния восстанавливаемого объекта.</p>	5	0,4		0,3/0,3И	11	<p>Самостоятельная проработка материала, решение практических задач. Приложение 1.</p>	<p>Наличие конспектов лекции, решение практических задач.</p>	<p>ПК-1.1, ПК-1.2</p>
<p>2.2 Основные методы повышения надежности объектов теплоэнергетики. Создание про-межуточных (буферных) запасов рабочих тел, топлива; физическое и функциональное резервирование оборудования; дробление мощностей. Выбор резервов на ТЭС и в котельных. Выбор резервов в трубопроводных системах. Прогнозирование и выбор показателей надежности. Обеспечение надежности на стадии проектирования оборудования. Обеспечение надежности на стадиях изготовления и монтажа оборудования.</p>		0,5		0,3/0,3И	11	<p>Самостоятельная проработка материала, решение практических задач. Приложение 1.</p>	<p>Наличие конспектов лекции, решение практических задач.</p>	<p>ПК-1.1, ПК-1.2</p>
<p>Итого по разделу</p>		0,9		0,6/0,6И	22			
<p>3. 3 Раздел. Классификация и структурные схемы надежности, функции и режимы работы систем</p>								
<p>3.1 Анализ и расчет надежности принципиальных тепловых схем объектов теплоэнергетики и систем. Принципиальные и функционально-структурные схемы ОТЭ. Общие принципы анализа и расчета надежности схем. Аналитические расчеты.</p>	5	0,4		0,2/0,2И	11	<p>Самостоятельная проработка материала, решение практических задач. Приложение 1.</p>	<p>Наличие конспектов лекции, решение практических задач.</p>	<p>ПК-1.1, ПК-1.2</p>

3.2 Отказы и повреждения в работе оборудования тепловых электростанций, котельных и тепловых сетей. Связь надежности и безопасности систем теплоэнергоснабжения промышленных предприятий. Причины отказов и их классификация. Обоснование критериев отказов.	0,5		0,2/0,2И	10	Самостоятельная проработка материала, решение практических задач. Приложение 1.	Наличие конспектов лекции, решение практических задач.	ПК-1.1, ПК-1.2
3.3 Отказы в работе котлов. Отказы в работе турбин. Отказы в работе вспомогательного оборудования, систем автоматики и регулирования. Системы и ОТЭ, для которых требуется расчетное обоснование надежности. Аварийность объектов теплоэнергетики (ОТЭ) и нарушения требований безопасности. Каскадное развитие аварий в системах и на ОТЭ. Показатели и критерии безопасности ОТЭ.	0,4		0,2/0,2И	10	Самостоятельная проработка материала, решение практических задач. Приложение 1.	Наличие конспектов лекции, решение практических задач.	ПК-1.1, ПК-1.2
3.4 Разработка структурно-логической модели отказов системы, анализ отказов, являющихся первичным событием аварий. Построение и анализ дерева отказов. Метод статистических испытаний.	0,5		0,2/0,2И	10	Самостоятельная проработка материала, решение практических задач. Приложение 1.	Наличие конспектов лекции, решение практических задач.	ПК-1.1, ПК-1.2
3.5 Расчет точности и интервальных значений показателей надежности, анализ чувствительности. Показатели точности и интервальных значений надежности. Понятие чувствительности системы. Влияние свойств надежности на параметры и характеристики проектируемого оборудования.	0,4		0,2/0,2И	10	Самостоятельная проработка материала, решение практических задач. Приложение 1.	Наличие конспектов лекции, решение практических задач.	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу	2,2		1/ИИ	51			
Итого за семестр	4		2/2И	97,4		зачёт	
Итого по дисциплине	4		2/2И	97,4		зачет	

## **5 Образовательные технологии**

В процессе изучения дисциплины «Надежность и испытания теплоэнергетического оборудования» применяются следующие образовательные технологии:

1. Информационные технологии – обучение в электронной образовательной среде с целью расширения доступа к образовательным ресурсам, для чего при проведении отдельных занятий и организации самостоятельной работы студентов используются электронные версии курса лекций и расчетно-графической работы.

2. Работа в команде – совместная деятельность студентов в группе при расчетах на практических и лабораторных занятиях, направленная на решение общей задачи путем сложения результатов индивидуальной работы членов группы.

3. Case-study - анализ реальных проблемных ситуаций, имевших место в соответствующей области профессиональной деятельности, и поиск вариантов лучших решений.

4. Междисциплинарное обучение – использование знаний из разных областей и их группировка в контексте решаемой задачи.

Формы, методы и средства организации и проведения образовательного процесса

а) формы, направленные на теоретическую подготовку:

Лекция. Используются типы лекций: вводная, мотивационная (возбуждающая интерес к осваиваемой дисциплине), подготовительная (готовящая студентов к более сложному материалу), интегрирующая (дающая общий теоретический анализ предшествующего материала), установочная (направляющая студентов к источникам информации для дальнейшей самостоятельной работы). Часть занятий лекционного типа проводятся в виде презентации.

Содержание и структура лекционного материала должны быть направлены на формирование у студентов соответствующих компетенций и соотноситься с выбранными преподавателем методами контроля и оценкой их усвоения.

Самостоятельная аудиторная и внеаудиторная работа. Самостоятельная работа выполняется студентом в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах и лабораториях, компьютерных классах, а также в домашних условиях. Организация самостоятельной работы студента предусматривает контролируемый доступ к лабораторному оборудованию, приборам, базам данных, к ресурсу Интернет.

Самостоятельная работа студентов подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций, учебное программное обеспечение.

Консультация. Предусматривается получение студентами профессиональных консультаций и помощи со стороны преподавателя.

б) формы, направленные на практическую подготовку:

Практическое занятие. Эта форма обучения направлена на практическое освоение и закрепление теоретического материала, изложенного на лекциях.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

**а) Основная литература:**

1. Безопасность и надежность технических систем : учебное пособие / Л. Н. Александровская, И. З. Аронов, В. И. Круглов [и др.] - Москва : Логос, 2020. - 376 с:

ил. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1211589> – Режим доступа: по подписке.

2. Зубарев, Ю. М. Основы надежности машин и сложных систем : учебник / Ю. М. Зубарев. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 180 с. — ISBN 978-5-8114-5183-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/134345> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **б) Дополнительная литература:**

1. Щурин, К. В. Надежность машин : учебное пособие / К. В. Щурин. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 592 с. — ISBN 978-5-8114-3748-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121468> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Кравченко, И. Н. Оценка надежности машин и оборудования: теория и практика: Учеб. / И.Н. Кравченко, Е.А. Пучин и др.; Под ред. проф. И.Н. Кравченко. - Москва : Альфа-М: НИЦ Инфра-М, 2012. - 336 с. (Технолог. сервис). ISBN 978-5-98281-298-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/307370> – Режим доступа: по подписке.

3. Колобов, А. Б. Прочностная надежность и долговечность деталей машин и конструкций : учебное пособие / А. Б. Колобов. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. - 192 с. - ISBN 978-5-9729-0388-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1168535> . – Режим доступа: по подписке

#### **в) Методические указания:**

1. Сухонослова, Т. Г. Диагностика и надежность автоматизированных систем : практикум / Т. Г. Сухонослова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 71 с. : ил., табл., схемы. URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3449.pdf&show=dcatalogues/1/1514276/3449.pdf&view=true> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

2. Шеметов, А. Н. Надежность электроснабжения : учебное пособие / А. Н. Шеметов, А. В. Варганова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL : <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3909.zip&show=dcatalogues/1/1134910/3909.zip&view=true> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

3. Жиркин, Ю. В. Надежность металлургических машин : учебное пособие / Ю. В. Жиркин ; МГТУ. - [2-е изд., подгот. по печ. изд. 2016 г.]. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3517.pdf&show=dcatalogues/1/1514337/3517.pdf&view=true> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

#### **г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

##### **Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Linux Calculate	свободно распространяемое	бессрочно
-----------------	---------------------------	-----------

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	<a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>
Международная реферативная база данных по чистой и прикладной математике	<a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Springer Nature»	<a href="https://www.nature.com/siteindex">https://www.nature.com/siteindex</a>
Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный конкорциум» (НП НЭИКОН)	<a href="https://archive.neicon.ru/xmlui/">https://archive.neicon.ru/xmlui/</a>

### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа:

-мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

-доска, мел.

Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования, помещения для самостоятельной работы обучающихся:

-персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования:

-стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования, инструменты для ремонта лабораторного оборудования.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

### *6.1 Перечень тем самостоятельной работы*

#### Тема 1.1

1. Чем обусловлена необходимость повышения надежности теплоэнергетического оборудования?
2. Как оценить ущерб от недоотпуска и перерывов энергоснабжения потребителей и от снижения качества тепловой и электрической энергии?
3. Надежность систем газо- и воздухообеспечения промышленных предприятий.

#### Тема 1.2.

1. Назовите основные методы повышения надежности объектов теплоэнергетики (ОТЭ).
2. Как осуществляется физическое и функциональное резервирование оборудования и дробление мощностей?

#### Тема 2.1.

1. Охарактеризуйте общие и специальные критерии надежности систем теплоэнергоснабжения.
2. Что такое живучесть, безопасность и устойчивость системы?

#### Тема 2.2.

1. Какие элементы теории вероятностей используются в анализе надежности объектов и систем теплоэнергетики?
2. Перечислите основные отказы и повреждения в работе оборудования тепловых электростанций, котельных и тепловых сетей.

#### Тема 3.1.

1. Приведите причины отказов котлов и турбин и их классификацию.
2. Как производится анализ отказов элементов с целью определения возможных последствий, а также построение и анализ дерева отказов.

#### Тема 3.2.

1. Как производится выбор резервов на ТЭС, в котельных и в трубопроводных системах?
2. Каковы функции технического обслуживания и ремонта оборудования?

#### Тема 3.3.

1. Чем отличаются модернизация и реконструкция оборудования и систем, а также техническое перевооружение?
2. Как оценивается долговечность оборудования работающего в условиях малоциклового усталости?

#### Тема 3.4.

1. Назовите меры по повышению надежности маневренного оборудования.

## 2. Конструктивные особенности и надежность теплообменных аппаратов.

### Тема 3.5.

1. Основные способы повышения надежности систем теплоэнергоснабжения промышленных предприятий.
2. Надежность водоподготовительных установок промышленных ТЭС и котельных.
3. Надежность систем теплоснабжения.
4. Гидравлическая устойчивость и гидравлический удар в водяных тепловых сетях.
5. Защита паровых турбин от превышения числа оборотов и осевого сдвига.

#### 6.2 Перечень примерных задач на практические занятия

Пример 1. На испытание поставлено 280 одинаковых агрегатов. За время 100 ч отказало 10 агрегатов. Найти вероятность безотказной работы и отказа агрегатов в течение 100 ч.

Пример 2. На испытание поставлено 250 одинаковых агрегатов. За время 100 ч отказало 10 агрегатов, а за интервал 200—300 ч еще 9 агрегатов. Определить частоту и интенсивность отказов в промежутке времени 200—300 ч.

Пример 3. В течение некоторого времени производилось наблюдение за работой одного насоса. За период наблюдения произошло 7 отказов. До начала наблюдения насос проработал 200 ч. К концу испытаний наработка составила 250 ч. Определить среднюю наработку на отказ.

Пример 4. Система состоит из пяти агрегатов, причем отказ любого из них ведет к отказу системы. Известно, что первый агрегат отказал 10 раз в течение 280 ч, второй агрегат — 9 раз в течение 310 ч, а остальные — 2, 3 и 5 раз соответственно в течение 100 ч работы. Определить наработку на отказ системы, если справедлив экспоненциальный закон распределения наработки на отказ для каждого агрегата.

Пример 5. Ресурс двигателя распределен по экспоненциальному закону с параметром  $X = 5 \cdot 10^{-6} \text{ км}^{-1}$ . Определить:

- 1) средний ресурс двигателя;
- 2) 90%-ный ресурс;
- 3) вероятность того, что ресурс окажется не больше среднего ресурса;
- 4) количество двигателей из общей партии 202 двигателя, которые будут отправлены на капитальный ремонт при пробеге до 100 тыс. км.

Пример 6. Изделие, состоящее из  $k$  узлов, работало в течение времени  $t$ . За это время первый узел отказал с вероятностью  $q_1$ , второй — с вероятностью  $q_2$  и т.д. Ремонтник обнаруживает и восстанавливает каждый узел с вероятностью  $p$ , а с вероятностью  $q - 1 - p$  объявляет узел исправным.

- Определить вероятность того, что после ремонта хотя бы один узел изделия будет неисправным.
- Решение:
- Вероятность отказа  $i$ -го узла быть не обнаруженным равна —  $q_i q$ .

Пример 7. В условиях примера 6 в момент времени  $t$  с вероятностью  $Q$  не оказалось свободного ремонтника, и изделие запускается в эксплуатацию без осмотра. Определить вероятность того, что после пуска хотя бы один узел изделия будет неисправным.

Пример 8. Изделие состоит из двух дублирующих друг друга узлов 1 и 2. Изделие может случайным образом работать в одном из двух режимов: благоприятном и неблагоприятном. В благоприятном режиме надежность каждого из узлов равна  $P_i$ , а в неблагоприятном —  $P_m$ . Вероятность благоприятного режима работы изделия равна  $p_v$  а неблагоприятного  $p_2$ . Найти полную (среднюю) надежность изделия  $P$ .

### 7 Оценочные средства проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
<b>ПК-1 – Способен участвовать в оценке технического состояния, поддержания и восстановления работоспособности тепломеханического оборудования промышленных ТЭС</b>		
ПК-1.1	Оценивает уровень технических решений направленных на повышение эффективности работы тепломеханического оборудования	<p style="text-align: center;"><i>Перечень вопросов к зачету</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Чем обусловлена необходимость повышения надежности теплоэнергетического оборудования?</li> <li>2. Как оценить ущерб от недоотпуска и перерывов энергоснабжения потребителей и от снижения качества тепловой и электрической энергии?</li> <li>3. Назовите основные методы повышения надежности объектов теплоэнергетики (ОТЭ).</li> <li>4. Как осуществляется физическое и функциональное резервирование оборудования и дробление мощностей?</li> <li>5. Охарактеризуйте общие и специальные критерии надежности систем теплоэнергоснабжения.</li> <li>6. Что такое живучесть, безопасность и устойчивость системы?</li> <li>7. Какие элементы теории вероятностей используются в анализе надежности объектов и систем теплоэнергетики?</li> <li>8. Перечислите основные отказы и повреждения в работе оборудования тепловых электростанций, котельных и тепловых сетей.</li> <li>9. Приведите причины отказов котлов и турбин и их классификацию.</li> <li>10. Как производится анализ отказов элементов с целью определения возможных последствий, а также построение и анализ дерева отказов.</li> <li>11. Как производится выбор резервов на ТЭС, в котельных и в трубопроводных системах?</li> <li>12. Каковы функции технического обслуживания и ремонта оборудования?</li> <li>13. Чем отличаются модернизация и реконструкция оборудования и систем, а также техническое перевооружение?</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		14. Как оценивается долговечность оборудования работающего в условиях малоциклового усталости? 15. Назовите меры по повышению надежности маневренного оборудования.
ПК-1.2	Проводит учет и анализ технико-экономических показателей работы тепломеханического оборудования	<p style="text-align: center;"><i>Примеры практических задач</i></p> <p><i>Пример 1.</i> На испытание поставлено 280 одинаковых агрегатов. За время 100 ч отказало 10 агрегатов. Найти вероятность безотказной работы и отказа агрегатов в течение 100 ч.</p> <p><i>Пример 2.</i> На испытание поставлено 250 одинаковых агрегатов. За время 100 ч отказало 10 агрегатов, а за интервал 200—300 ч еще 9 агрегатов. Определить частоту и интенсивность отказов в промежутке времени 200—300 ч.</p> <p><i>Пример 3.</i> В течение некоторого времени производилось наблюдение за работой одного насоса. За период наблюдения произошло 7 отказов. До начала наблюдения насос проработал 200 ч. К концу испытаний наработка составила 250 ч. Определить среднюю наработку на отказ.</p> <p><i>Пример 4.</i> Система состоит из пяти агрегатов, причем отказ любого из них ведет к отказу системы. Известно, что первый агрегат отказал 10 раз в течение 280 ч., второй агрегат — 9 раз в течение 310 ч., а остальные — 2, 3 и 5 раз соответственно в течение 100 ч. работы. Определить наработку на отказ системы, если справедлив экспоненциальный закон распределения наработки на отказ для каждого агрегата.</p>

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания(зачет)**

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

- на оценку «зачтено» – обучающийся демонстрирует от высокого до порогового уровня сформированности компетенций:
- всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

- основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
- в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
- на оценку «**незачтено**» – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач; обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.