

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Парлюк Екатерина Петровна

Должность: И.о. директора института механики и энергетики имени В.П. Горячкина

Дата подписания: 17.07.2023 15:58:18

Уникальный программный идентификатор:  
7823a3d3181287ca51a8ca4480453c1779345d45



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –  
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»  
(ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт механики и энергетики им. В.П. Горячкина

Кафедра «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий»



УТВЕРЖДАЮ:  
И.о. директора ИМиЭ им. В.П. Горячкина  
Шевкун Н.А.  
2022 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.В.03.02 НАДЕЖНОСТЬ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**  
для подготовки магистров

ФГОС ВО

Направление: 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника  
Направленность: Энергообеспечение предприятий

Курс 2  
Семестр 3

Форма обучения очная  
Год начала подготовки 2022

Москва, 2022

Разработчик: Кожевникова Н.Г., к.т.н., доцент

  
«14» 10 2022 г.


Рецензент: Андреев С.А., к.т.н., доцент

  
«14» 10 2022 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессионального стандарта и учебного плана по направлению подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника.

Программа обсуждена на заседании кафедры «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий» протокол № 3 от «14» 10 2022 г.

И.о.зав. кафедрой Кожевникова Н.Г., к.т.н., доцент

  
«14» 10 2022 г.

**Согласовано:**

Председатель учебно-методической комиссии ИМиЭ им. В.П. Горячкина академик РАН, д.т.н., профессор Дидманидзе О.Н.

Протокол № 3 от «14» 10 2022 г.



И.о. зав. выпускающей кафедрой теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий Кожевникова Н.Г., к.т.н., доцент



«18» 10 2022 г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ

  
(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>АННОТАЦИЯ .....</b>	<b>4</b>
<b>1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....</b>	<b>5</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ .....	5
ПО СЕМЕСТРАМ .....	5
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	8
4.3 ЛЕКЦИИ/ ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ .....	12
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....</b>	<b>18</b>
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>20</b>
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	20
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, .....	26
ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ .....	26
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>28</b>
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	28
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	28
7.3 НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ .....	28
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>28</b>
<b>9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ.....</b>	<b>29</b>
<b>10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ).....</b>	<b>29</b>
<b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ..</b>	<b>30</b>
Виды и формы отработки пропущенных занятий.....	31
<b>12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>31</b>

## **Аннотация**

### **рабочей программы учебной дисциплины Б1.В.03.02 Надежность теплоэнергетических систем для подготовки магистра по направлению 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника направленности - Энергообеспечение предприятий**

**Цель освоения дисциплины:** является формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих способность осуществлять производственный контроль параметров технологических процессов, качества продукции и выполненных работ при эксплуатации теплотехнического оборудования, выполнять работы по повышению эффективности и надежности теплотехнического оборудования.

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина включена в формируемую участниками образовательных отношений часть учебного плана по направлению подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции: ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2), ПКос-3 (ПКос-3.1).

#### **Краткое содержание дисциплины:**

Особенности и условия работы теплогенерирующих блоков энергетических систем. Основные показатели надежности для систем теплоэнергоснабжения. Анализ надежности теплоэнергетического оборудования методами теории вероятностей. Законы распределения случайных величин. Расчет вероятности состояния восстанавливаемого элемента. Использование метода статистических испытаний для определения показателей надежности энергетических объектов. Анализ работы тепломеханического оборудования. Тепловые, функциональные и структурные схемы систем теплоэнергоснабжения. Расчет надежности структурных схем систем теплоэнергоснабжения. Использование аналитических методов расчета надежности структурных схем систем теплоэнергоснабжения. Влияние свойств надежности на параметры и характеристики проектируемого оборудования. Обеспечение надежности при проектировании оборудования. Обеспечение надежности при изготовлении оборудования. Обеспечение надежности теплоэнергетического оборудования действующих ТЭС, ТЭЦ и АЭС. Обеспечение надежности оборудования, работающего в маневренных режимах. Ущерб от недоотпуска и снижения качества электрической и тепловой энергии.

**Общая трудоемкость дисциплины:** 216 (в т.ч. практическая подготовка: 4 ч.) /6 (час./з.е.)

**Промежуточный контроль:** зачет с оценкой

### **1. Цель освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины «Надежность теплоэнергетических систем» является формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих способность рассчитывать и проектировать с использованием цифровых технологий и инструментов теплотехническое оборудование, в котором используются традиционные, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии.

### **2. Место дисциплины в учебном процессе**

Дисциплина «Надежность теплоэнергетических систем» относится к формируемой участниками образовательных части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Дисциплина «Надежность теплоэнергетических систем» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессионального стандарта, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника направленности – Энергообеспечение предприятий.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Надежность теплоэнергетических систем» являются: Б1.В.ДВ.01.01 Возобновляемые и не-

традиционные источники энергии, Б1.В.ДВ.02.01 Применени гидро- и теплотехнологий в АПК, ФТД.01 Энергоаудит и энергосбережение в агропромышленном комплексе

Дисциплина «Надежность теплоэнергетических систем» является основополагающей для изучения дисциплины Б1.В.03.01 Проектирование теплоэнергетических систем.

Данная дисциплина «Надежность теплоэнергетических систем» используется при подготовке студентами выпускных квалификационных работ.

Рабочая программа дисциплины «Надежность теплоэнергетических систем» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

### **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Образовательные результаты освоения дисциплины обучающимся, представлены в таблице 1.

## **4. Структура и содержание дисциплины**

### **4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам**

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 6 зач.ед. (216 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице 2.

Таблица 1

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций (для 3++)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	ПКос-2	Способен осуществлять производственный контроль параметров технологических процессов, качества продукции и выполненных работ при эксплуатации теплотехнического оборудования	ПКос-2.1 Демонстрирует знания основных технических средств для контроля параметров технологических процессов, качества продукции и выполненных работ при эксплуатации теплотехнического оборудования	знать основные технические средства для контроля параметров технологических процессов, качества продукции и выполненных работ при эксплуатации теплотехнического оборудования	использовать прикладное программное обеспечение для проведения технических расчетов и выбора на их основе серийного теплоэнергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования	навыками определения показателей технического уровня проектируемых объектов или технологических схем, навыками обработки и интерпретации информации с помощью программных продуктов Excel, Word, Power Point, Pictochart и др., осуществления коммуникации посредством Outlook, Miro, Zoom.
			ПКос-2.2 Осуществляет производственный контроль параметров технологических процессов, качества продукции и выполненных работ при эксплуатации теплотехнического оборудования	знать основные параметры технологических процессов, качества продукции и выполненных работ при эксплуатации теплотехнического оборудования	проводить испытания по установлению показателей надежности теплоэнергетического оборудования, средств автоматизации и защиты, электрических и тепловых сетей, воздухопроводов и газопроводов	навыками организации бесперебойной работы, правильной эксплуатации, ремонта и модернизации компонентов теплоэнергетических систем
2.	ПКос-3	Способен выполнять работы по повышению эффективности и надежности тепло-	ПКос-3.1 Демонстрирует знания режимов работы	знать режимы работы основного теплотехнического оборудования	контролировать режимные параметры теплоэнергетических систем в	навыками поддержания, с использованием АСУ ТП, заданных ре-

		технического оборудования	основного теплотехнического оборудования		соответствии с требованиями нормативной документации	жимных параметров и бесперебойной работы теплоэнергетических систем
--	--	---------------------------	--	--	--	---

## Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в семестре

Вид учебной работы	Трудоёмкость, час. всего/*
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>216/4</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>62,35/4</b>
<b>Аудиторная работа</b>	<b>62,35/4</b>
<i>в том числе:</i>	
<i>лекции (Л)</i>	30
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	30/4
<i>курсовая работа (КР) (консультация, защита)</i>	2
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,35
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>153,65</b>
<i>курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)</i>	36
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям и т.д.)</i>	108,65
<i>Подготовка к зачёту с оценкой (контроль)</i>	9
Вид промежуточного контроля:	зачёт с оценкой

## 4.2 Содержание дисциплины

## Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ПКР	
<b>Раздел 1.</b> Особенности и условия работы, основные понятия и определения в области надежности теплоэнергетических систем	<b>46</b>	<b>8</b>	<b>4</b>		<b>34</b>
<b>Раздел 2.</b> Отказы теплоэнергетических систем и их элементов	<b>31/4</b>	<b>4</b>	<b>4/4</b>		<b>23</b>
<b>Раздел 3.</b> Методы расчета надежности теплоэнергетических систем	<b>76</b>	<b>4</b>	<b>14</b>		<b>58</b>
<b>Раздел 4.</b> Обеспечение надежности на этапах проектирования и изготовления оборудования теплоэнергетических систем	<b>38</b>	<b>8</b>	<b>4</b>		<b>26</b>
<b>Раздел 5.</b> Обеспечение надежности при эксплуатации оборудования теплоэнергетических систем	<b>22,65</b>	<b>6</b>	<b>4</b>		<b>12,65</b>
<i>курсовая работа (КР) (консультация, защита)</i>	<b>2</b>			<b>2</b>	
<i>Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,35	–	–	0,35	–
<b>Всего за 1 семестр</b>	<b>216/4</b>	<b>30</b>	<b>30/4</b>	<b>2,35</b>	<b>153,65</b>
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>216/4</b>	<b>30</b>	<b>30/4</b>	<b>2,35</b>	<b>153,65</b>



## **Раздел 1** Особенности и условия работы, основные понятия и определения в области надежности теплоэнергетических систем

### **Тема 1** Особенности и условия работы теплоэнергетических систем

Особенности работы теплогенерирующих блоков энергетических систем: требование соблюдения баланса «выработка — потребление»; факторы, определяющие условия работы ТЭС и ТЭЦ; задачи, подлежащие решению в процессе создания и эксплуатации теплоэнергетического оборудования ТЭС и ТЭЦ; номинальные производительность и мощность, установленная мощность; максимальные производительность и мощность; располагаемая мощность; минимально-допустимая производительность и мощность; уравнение баланса установленной мощности энергосистемы; суточные, недельные и годовые графики нагрузок; базовые, пиковые и полупиковые энергоустановки; требования к качеству питательной и котловой воды пароводяных трактов энергетических блоков и установок с поперечными связями.

### **Тема 2** Основные показатели надежности для систем теплоэнергоснабжения

Надежность. Качество, живучесть. Безопасность. Сохраняемость. Понятия: система, элемент, объект. Отказ. Классификация отказов. Нарботка на отказ. Безотказность. Экстремальные события. Максимальная проектная авария. Объекты восстанавливаемые и невосстанавливаемые. Ремонтпригодность. Долговечность. Ресурс.

**Тема 3** Анализ надежности теплоэнергетического оборудования методами теории вероятностей

Понятие случайной величины. Дискретные и непрерывные случайные величины. События. Вероятность события. Частота события. Статистическая вероятность. Сумма событий. Произведение событий. Зависимые и независимые события. Теория о взаимозависимых событиях. Теорема гипотез (формула Байеса). Закон распределения случайной величины (функция распределения случайной величины). Плотность распределения, кривая распределения, гистограмма, начальные и центральные моменты, математическое ожидание, мода, медиана, центрирование. Дисперсия случайной величины, среднее квадратичное отклонение, среднее арифметическое отклонение.

**Тема 4** Законы распределения случайных величин. Расчет вероятности состояния восстанавливаемого элемента

Биномиальное распределение. Распределение Пуассона. Нормальный закон распределения (закон Гаусса). Логарифмически нормальное распределение. Экспоненциальное распределение. Распределение Вейбулла. Изменение состояния объекта в процессе его функционирования. Применение марковских процессов для оценки состояния энергетических объектов. Уравнения Колмогорова.

**Тема 5** Использование метода статистических испытаний для определения показателей надежности энергетических объектов

Метод Монте-Карло. Задачи метода статистических испытаний. Методика расчета показателей надежности.

**Тема 6** Количественные показатели надежности. Классификация отказов и причины их возникновения

Коэффициент готовности. Коэффициент технического использования. Коэффициент оперативной готовности. Коэффициент обеспечения заданного отпуска энергии. Коэффициент обеспечения максимально возможного отпуска энергии. Безотказность. Долговечность. Ремонтпригодность. Классификация ремонтов. Физический и моральный износ. Признаки отказа. Отказы, связанные с недостатками конструкции и ошибками проектирования. Отказы, связанные с дефектами изготовления. Отказы, связанные с качеством монтажных работ. Отказы, связанные с несоответствием эксплуатации проектным режимам. Отказы, связанные с ошибочными действиями эксплуатационного персонала. Отказы, связанные с качеством ремонтных работ. Отказы устраняемые и неизбежные. Типовая инструкция по предупреждению и ликвидации аварий систем теплоэнергоснабжения.

## **Раздел 2** Отказы теплоэнергетических систем и их элементов

### **Тема 7** Отказы котельных агрегатов и их элементов. Отказы в работе турбин

Наиболее повреждаемые элементы котельных агрегатов. Влияние отложений на работу поверхностей нагрева. Влияние коррозионных процессов на работу элементов котельного агрегата. Причины образования свищей на трубах и их последствия. Основные повреждения барабанов котельных агрегатов и их причины. Влияние арматуры на надежность котельных агрегатов. Повреждения, не приводящие к полным отказам турбин. Повреждения, представляющие серьезную опасность для турбины и обслуживающего персонала. Факторы, влияющие на повреждение рабочих лопаток турбин. Причины повреждения роторов и вибрации турбин.

### **Тема 8** Отказы в работе ядерной реакторной установки (ЯРУ)

Системы, обеспечивающие радиационно-безопасную эксплуатацию ЯРУ. Основные параметры для ЯРУ. Полные и частичные отказы ЯРУ. Минимально допустимый уровень мощности ЯРУ. Условие наступления полного отказа ЯРУ. Причины, вызывающие полные отказы ЯРУ. Отказы по общей причине. Возможные последствия резкой аварийной остановки блока ЯРУ. Влияние аварийных остановов на твэлы. Йодная яма. Отказы твэлов ядерного реактора. Причины отказов корпусного оборудования, внутрикорпусных устройств и трубопроводов.

### **Тема 9** Отказы вспомогательного оборудования систем теплоэнергоснабжения

Структура и причины отказов котельно-вспомогательного оборудования. Основные повреждения насосов, теплообменников, эжекторов, запорно-регулирующей арматуры. Причины повреждения трубопроводов. Причины и последствия отказов автоматических систем регулирования (АСР) и технологических защит (ТЗ).

### **Тема 10** Анализ работы тепломеханического оборудования

Учет аварий и отказов. Расследование причин аварий и отказов. Карты отказов. Порядок заполнения и прохождения карт отказов. Информационное обеспечение технического состояния тепломеханического оборудования. Структура сборников по анализу работы и обзору повреждений тепломеханического оборудования. Единая автоматизированная информационная система сбора и обработки информации об эксплуатируемом энергетическом оборудовании.

## **Раздел 3** Методы расчета надежности теплоэнергетических систем

**Тема 11** Тепловые, функциональные и структурные схемы систем теплоэнергоснабжения

Принцип разработки принципиальной тепловой схемы ТЭС, ТЭЦ и АЭС. Примеры принципиальных тепловых схем (паротурбинный энергоблок; энергоблок с реактором типа РБМК; блок АЭС с реактором водо-водяного типа — ВВЭР; АЭС с натриевым реактором на быстрых нейтронах; ТЭЦ с турбинами типа ПТ). Принцип разработки функциональной схемы ТЭС, ТЭЦ и АЭС. Разбиение элементов и систем функциональной схемы на группы по функциональному назначению и влиянию на надежность работы энергоблока или энергетического объекта в целом. Назначение и принцип построения структурных (логических) схем ТЭС, ТЭЦ и АЭС. Примеры функциональной и структурной схем паротурбинного блока.

### **Тема 12** Расчет надежности структурных схем систем теплоэнергоснабжения

Статистические и аналитические методы расчета надежности структурных схем систем теплоэнергоснабжения. Этапы расчета надежности структурных схем. Использование графов состояний при расчете надежности сложных структурных схем. Логическая функция работоспособности и неработоспособности. Последовательные и параллельные структуры систем. Системы из восстанавливаемых элементов. Системы из невосстанавливаемых элементов. Методика расчета показателей надежности для последовательной и параллельной систем. Системы со скользящим резервом.

**Тема 13** Использование аналитических методов расчета надежности структурных схем систем теплоэнергоснабжения

Методы логических схем (метод дерева отказов; метод минимальных путей и сечений). Методы моделей пространства состояний (метод перебора состояний; марковская модель).

## **Раздел 4** Обеспечение надежности на этапах проектирования и изготовления оборудования теплоэнергетических систем

**Тема 14** Влияние свойств надежности на параметры и характеристики проектируемого оборудования

Учет надежности в технико-экономических расчетах: надежность, как управляемое свойство создаваемых объектов; факторы, влияющие на надежность энергетических объектов; критериальные функции приведенных затрат в теплоснабжающую, электроснабжающую и теплоэлектроснабжающую системы. Выбор резервов на ТЭС и АЭС: вероятности состояний наиболее распространенных схем резервирования; схемы и графы состояний при параллельной работе двух элементов с нагруженным и ненагруженным резервом; граф состояний схемы «гибели и размножения». Выбор резерва в электроэнергетической системе: назначение и сущность резервов; оценка вероятности аварийных отказов; граф состояний энергоустановки; граф состояний системы с учетом групповых отказов; определение вероятностей состояний в неоднородной концентрированной системе; определение аварийного резерва мощности; погрешности расчетов. Надежность теплоснабжающих систем: причины отказов и минимальные температуры воздуха в отапливаемых помещениях; структурная схема отпуски теплоты от АЭС с двумя энергоблоками; схема и граф состояний отпуски промышленного пара.

**Тема 15** Обеспечение надежности при проектировании оборудования

Прогнозирование и выбор показателей надежности: факторы, учитываемые при прогнозировании; источники и конкретные данные норм надежности котлов, турбин и их элементов. Этапы и направления работ по обеспечению надежности на стадии проектирования. Методы разработки тепловой схемы, резервирование. Выбор конструкционных материалов: требования к материалам для атомного машиностроения и к крепежным деталям турбин; прочность элементов и узлов, номинальное допускаемое напряжение; расчет на малоцикловую усталость.

**Тема 16** Обеспечение надежности при изготовлении оборудования

Методы предупреждения аварийных остановов энергетического оборудования из-за дефектов изготовления и монтажа. Использование цельноштампованных фасонных элементов трубопроводов. Роль используемых методов сварки и термической обработки сварных соединений. Наплавка и развальцовка. Контроль и испытания при изготовлении оборудования: несовершенство традиционных методов контроля; методы неразрушающего контроля; стендовые испытания.

## **Раздел 5** Обеспечение надежности при эксплуатации оборудования теплоэнергетических систем

**Тема 17** Обеспечение надежности теплоэнергетического оборудования действующих ТЭС, ТЭЦ и АЭС

Техническое обслуживание и ремонт оборудования: нормативно-техническая документация; капитальный, средний, текущий и неплановый (аварийный) ремонт. Инструментальная диагностика. Модернизация и реконструкция энергетического оборудования: объекты; экономическая целесообразность. Техническое перевооружение: анализ технико-экономических показателей; план технического перевооружения; критерии оценки вариантов технического перевооружения. Совершенствование режимов работы и уровня эксплуатации. Роль АСУ и АСУ ТП. Нормативные показатели надежности АСУ и АСУ ТП. Действие персонала ТЭС, ТЭЦ и АЭС в экстремальных условиях. Роль производственного обучения, инструктажей, противоаварийных и противопожарных тренировок. Энергетические тренажеры. Системы автоматической самодиагностики. Показатель готовности оборудования ТЭС и ТЭЦ к работе в заданное время. Особенности и общие способы обеспечения надежности и безопасности АЭС. Расчет надежности активной зоны реактора. Расчет теплотехнической надежности реактора.

**Тема 18** Обеспечение надежности оборудования, работающего в маневренных режимах

Маневренные режимы ТЭС и ТЭЦ, их причины и следствия. Долговечность оборудования, работающего в условиях малоциклового усталости. Определение вероятности появления трещины малоциклового усталости. Оценка истощения малоциклового ресурса и меры повышения надежности маневренного оборудования.

**Тема 19** Ущерб от недоотпуска и снижения качества электрической и тепловой энергии

Недовыработка, недоотпуск и показатели качества энергии. Народнохозяйственный ущерб от недоотпуска и перерывов энергоснабжения потребителей. Ущерб от снижения качества электрической и тепловой энергии.

### 4.3 Лекции/ практические занятия

Таблица 4

#### Содержание лекций/практических занятий и контрольные мероприятия

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во Часов, из них практическая подготовка
<b>Раздел 1. Особенности и условия работы, основные понятия и определения в области надежности теплоэнергетических систем</b>					
1.	Тема 1. Особенности и условия работы теплоэнергетических систем.	Лекция № 1 Особенности и условия работы теплоэнергетических систем.	ПКос-2 (ПКос-2.1)		2
	Тема 2. Основные показатели надежности для систем теплоэнергоснабжения	Лекция № 2 Основные показатели надежности для систем теплоэнергоснабжения	ПКос-2 (ПКос-2.1)		2
	Тема 3. Анализ надежности теплоэнергетического оборудования методами теории вероятностей	Практическое занятие № 1 Изучение примеров использования элементов теории вероятностей в анализе надежности теплоэнергетического оборудования	ПКос-2 (ПКос-2.2) ПКос-3 (ПКос-3.1)	Защита практической работы	2
	Тема 4 Законы распределения случайных величин. Расчет вероятности состояния восстанавливаемого элемента	Лекция № 3 Законы распределения случайных величин. Расчет вероятности состояния восстанавливаемого элемента	ПКос-2 (ПКос-2.1)		

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во Часов, из них практическая подготовка
	становли- ваемого элемента				
	Тема 5. Используй- вание метода статистиче- ских испы- таний для определе- ния показате- лей надеж- ности энерге- тических объ- ектов	Лекция № 4 Использование метода ста- тистических испытаний для определе- ния показате- лей надеж- ности энерге- тических объ- ектов	ПКос-2 (ПКос-2.1)		2
	Тема 6. Количес- твенные по- казатели на- дежности. Классифи- кация отка- зов и причи- ны их воз- никновения	Практическое занятие № 2 Изучение классификации аварий и отказов техниче- ских систем	ПКос-2 (ПКос-2.2) ПКос-3 (ПКос-3.1)	Защита прак- тической ра- боты	2
	<b>Раздел 2. Отказы теплоэнергетических систем и их элементов</b>				
2	Тема 7. Отказы ко- тельных аг- грегатов и их элементов. Отказы в ра- боте турбин	Лекция № 5 Отказы теплоэнергетических систем и их элементов	ПКос-2 (ПКос-2.1)		4
	Тема 10. Анализ ра- боты тепло- механи- ческого обо- рудования	Практическое занятие № 3 Изучение порядка расследо- вания причин аварий и отка- зов	ПКос-2 (ПКос-2.2) ПКос-3 (ПКос-3.1)	Защита прак- тической ра- боты	2
		Практическое занятие № 4 Учет аварий и отказов в ра- боте теплоэнергетических систем	ПКос-2 (ПКос-2.2) ПКос-3 (ПКос-3.1)	Защита прак- тической ра- боты Тестирование № 1	2
	<b>Раздел 3. Методы расчета надежности теплоэнергетических систем</b>				
3.	Тема 11. Тепловые,	Практическое занятие № 5 Изучение принципов разра-	ПКос-2 (ПКос-2.2)	Защита прак- тической ра-	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во Часов, из них практическая подготовка	
	функциональные и структурные схемы систем теплоэнергоснабжения	ботки принципиальных схем ТЭС, ТЭЦ и АЭС	ПКос-3 (ПКос-3.1)	боты		
		Практическое занятие № 6 Изучение принципов разработки функциональных и структурных (логических) схем ТЭС, ТЭЦ и АЭС	ПКос-2 (ПКос-2.2) ПКос-3 (ПКос-3.1)	Защита практической работы	2	
		Практическое занятие № 7 Изучение общих принципов расчета надежности структурных схем	ПКос-2 (ПКос-2.2) ПКос-3 (ПКос-3.1)	Защита практической работы	2	
	Тема 12. Расчет надежности структурных схем систем теплоэнергоснабжения	Лекция № 6 Расчет надежности структурных схем систем теплоэнергоснабжения	ПКос-2 (ПКос-2.1)			2
		Практическое занятие № 8 Изучение общих принципов построения дерева отказов в процедуре расчета надежности структурных схем систем	ПКос-2 (ПКос-2.2) ПКос-3 (ПКос-3.1)	Защита практической работы	2	
		Практическое занятие № 9 Качественная, количественная и вероятностная оценка дерева отказов	ПКос-2 (ПКос-2.2) ПКос-3 (ПКос-3.1)	Защита практической работы	2	
	Тема 13. Использование аналитических методов расчета надежности структурных схем систем теплоэнергоснабжения	Лекция № 7 Аналитические методы расчета надежности структурных схем систем теплоэнергоснабжения	ПКос-2 (ПКос-2.1)			2
		Практическое занятие № 10 Структурно-логический анализ надежности	ПКос-2 (ПКос-2.2) ПКос-3 (ПКос-3.1)	Защита практической работы	2	
		Практическое занятие № 11 Расчет надежности систем с последовательным и параллельным соединением элементов (с использованием Mathcad, Excel и др.).	ПКос-2 (ПКос-2.2) ПКос-3 (ПКос-3.1)	Защита практической работы	2	
4.	<b>Раздел 4. Обеспечение надежности на этапах проектирования и изготовления оборудования теплоэнергетических систем</b>					
	Тема 15. Обеспечение надежности	Лекция № 8 Обеспечение надежности при проектировании оборудо-	ПКос-2 (ПКос-2.1)		2	

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во Часов, из них практическая подготовка
	при проектировании оборудования	дования			
		Практическое занятие № 12 Анализ структурной схемы надежности технической системы	ПКос-2 (ПКос-2.2) ПКос-3 (ПКос-3.1)	Защита практической работы	2
		Практическое занятие № 13 Построение схем тепловых сетей с учетом надежности теплоснабжения	ПКос-2 (ПКос-2.2) ПКос-3 (ПКос-3.1)	Защита практической работы	2
		Лекция № 9 Количественная оценка показателей надежности резервируемых и резервируемых газовых сетей	ПКос-2 (ПКос-2.1)		2
		Лекция № 10 Количественная оценка показателей надежности тепловых сетей	ПКос-2 (ПКос-2.1)		2
Тема 16. Обеспечение надежности при изготовлении оборудования	Лекция № 11 Обеспечение надежности при изготовлении оборудования	ПКос-2 (ПКос-2.1)		2	
<b>Раздел 5. Обеспечение надежности при эксплуатации оборудования теплоэнергетических систем</b>					
5.	Тема 17. Обеспечение надежности теплоэнергетического оборудования действующих ТЭС, ТЭЦ и АЭС	Лекция № 12 Обеспечение надежности теплоэнергетического оборудования действующих ТЭС, ТЭЦ и АЭС	ПКос-2 (ПКос-2.1)		4
		Практическое занятие № 14 Расчет необходимого количества запасных частей (с использованием Mathcad, Excel и др.).	ПКос-2 (ПКос-2.2) ПКос-3 (ПКос-3.1)	Защита практической работы	2
	Тема 19. Ущерб от недоотпуска и снижения качества электрической и тепловой энергии	Практическое занятие № 15 Расчет ущерба от недоотпуска и перерывов энергоснабжения потребителей (с использованием Mathcad, Excel и др.).	ПКос-2 (ПКос-2.2) ПКос-3 (ПКос-3.1)	Защита практической работы Тестирование № 2	2
		Лекция № 13 Расчет ущерба от снижения качества электрической и тепловой энергии	ПКос-2 (ПКос-2.1)		2

## Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Раздел 1 Особенности и условия работы, основные понятия и определения в области надежности теплоэнергетических систем</b>		
1.	Тема 3. Анализ надежности теплоэнергетического оборудования методами теории вероятностей	Понятие случайной величины. Дискретные и непрерывные случайные величины. События. Вероятность события. Частота события. Статистическая вероятность. Сумма событий. Произведение событий. Зависимые и независимые события. Теория о взаимозависимых событиях. Теорема гипотез (формула Байеса). Закон распределения случайной величины (функция распределения случайной величины). Плотность распределения, кривая распределения, гистограмма, начальные и центральные моменты, математическое ожидание, мода, медиана, центрирование. Дисперсия случайной величины, среднее квадратичное отклонение, среднее арифметическое отклонение (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2), ПКос-3 (ПКос-3.1))
2.	Тема 4. Законы распределения случайных величин. Расчет вероятности состояния восстанавливаемого элемента	Биноминальное распределение. Распределение Пуассона. Нормальный закон распределения (закон Гаусса). Логарифмически нормальное распределение. Экспоненциальное распределение. Распределение Вейбулла. Изменение состояния объекта в процессе его функционирования. Применение марковских процессов для оценки состояния энергетических объектов. Уравнения Колмогорова (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2), ПКос-3 (ПКос-3.1))
3.	Тема 5. Использование метода статистических испытаний для определения показателей надежности энергетических объектов	Задачи метода статистических испытаний. Методика расчета показателей надежности (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2), ПКос-3 (ПКос-3.1))
4.	Тема 6. Количественные показатели надежности. Классификация отказов и причины их возникновения	Сущность и характеристика количественных показателей надежности (коэффициент готовности; коэффициент технического использования; коэффициент оперативной готовности; коэффициент обеспечения заданного отпуска энергии; безотказность; долговечность; ремонтпригодность). Классификация и причины отказов. Типовая инструкция по предупреждению и ликвидации аварий систем теплоэнергоснабжения (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2), ПКос-3 (ПКос-3.1))
<b>Раздел 2 Отказы теплоэнергетических систем и их элементов</b>		
5.	Тема 7. Отказы котельных агрегатов и их элементов. Отказы в работе турбин	Основные повреждения элементов и барабанов котельных агрегатов и их причины. Влияние арматуры на надежность котельных агрегатов. Повреждения, не приводящие к полным отказам турбин. Повреждения, представляющие серьезную опасность для турбины и обслуживающего персонала. Факторы, влияющие на повреждение рабочих лопаток турбин. Причины повреждения роторов и вибрации турбин (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2), ПКос-3 (ПКос-3.1))
6.	Тема 8. Отказы в	Системы, обеспечивающие радиационно-безопасную эксплуа-



№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
	работе ядерной реакторной установки (ЯРУ)	тацию ЯРУ. Основные параметры для ЯРУ. Полные и частичные отказы ЯРУ. Минимально допустимый уровень мощности ЯРУ. Условие наступления полного отказа ЯРУ. Причины, вызывающие полные отказы ЯРУ. Отказы по общей причине. Возможные последствия резкой аварийной остановки блока ЯРУ. Влияние аварийных остановов на твэлы. Йодная яма. Отказы твэлов ядерного реактора. Причины отказов корпусного оборудования, внутрикорпусных устройств и трубопроводов (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2), ПКос-3 (ПКос-3.1))
7.	Тема 9. Отказы вспомогательного оборудования систем теплоэнергоснабжения	Структура и причины отказов котельно-вспомогательного оборудования. Основные повреждения насосов, теплообменников, эжекторов, запорно-регулирующей арматуры. Причины повреждения трубопроводов. Причины и последствия отказов автоматических систем регулирования и технологических защит (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2), ПКос-3 (ПКос-3.1))
8	Тема 10. Анализ работы тепломеханического оборудования	Классификация и характеристика отказов теплоэнергетического оборудования. Классификация и характеристика нарушений в работе теплоэнергетического оборудования. Расследование и учет аварий и отказов теплоэнергетического оборудования (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2), ПКос-3 (ПКос-3.1))
<b>Раздел 3 Методы расчета надежности теплоэнергетических систем</b>		
9.	Тема 11. Тепловые, функциональные и структурные схемы систем теплоэнергоснабжения	Принципиальные тепловые, функциональные и структурные схемы источников тепловой энергии на примере паротурбинного энергоблока, энергоблока с реактором типа РБМК, блока АЭС с реактором водо-водяного типа – ВВЭР, АЭС с натриевым реактором на быстрых нейтронах, ТЭЦ с турбинами типа ПТ (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2), ПКос-3 (ПКос-3.1))
10.	Тема 12. Расчет надежности структурных схем систем теплоэнергоснабжения	Сущность и этапы статистических и аналитических расчетов надежности структурных схем систем теплоэнергоснабжения. Использование графов состояний при расчете надежности сложных структурных схем. Расчет показателей надежности систем с последовательной и параллельной структурой, со скользящим резервом (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2), ПКос-3 (ПКос-3.1))
11.	Тема 13. Использование аналитических методов расчета надежности структурных схем систем теплоэнергоснабжения	Сущность и последовательность расчета надежности систем теплоэнергоснабжения методом логических схем (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2), ПКос-3 (ПКос-3.1))
<b>Раздел 4 Обеспечение надежности на этапах проектирования и изготовления оборудования теплоэнергетических систем</b>		
12.	Тема 14. Влияние свойств надежности на параметры и характеристики проектируемого оборудования	Учет надежности в технико-экономических расчетах: надежность, как управляемое свойство создаваемых объектов; факторы, влияющие на надежность энергетических объектов; критериальные функции приведенных затрат в теплоснабжающую, электроснабжающую и теплоэлектроснабжающую системы. Выбор резервов на ТЭС и АЭС: вероятности состояний наиболее распространенных схем резервирования; схемы и графы состояний при параллельной работе двух элементов с нагруженным и ненагруженным резервом; граф состояний схемы «гибе-

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
		ли и размножения». Выбор резерва в электроэнергетической системе: назначение и сущность резервов; оценка вероятности аварийных отказов; граф состояний энергоустановки; граф состояний системы с учетом групповых отказов; определение вероятностей состояний в неоднородной концентрированной системе; определение аварийного резерва мощности; погрешности расчетов. Надежность теплоснабжающих систем: причины отказов и минимальные температуры воздуха в отапливаемых помещениях; структурная схема отпуска теплоты от АЭС с двумя энергоблоками; схема и граф состояний отпуска промышленного пара (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2), ПКос-3 (ПКос-3.1))
13.	Тема 15. Обеспечение надежности при проектировании оборудования	Этапы, направления и сущность работ по обеспечению надежности на стадии проектирования теплоэнергетических систем (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2), ПКос-3 (ПКос-3.1))
14.	Тема 16. Обеспечение надежности при изготовлении оборудования	Направления и сущность работ по обеспечению надежности при изготовлении и монтаже оборудования теплоэнергетических систем (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2), ПКос-3 (ПКос-3.1))
<b>Раздел 5 Обеспечение надежности при эксплуатации оборудования теплоэнергетических систем</b>		
15.	Тема 18. Обеспечение надежности оборудования, работающего в маневренных режимах	Маневренные режимы ТЭС и ТЭЦ, их причины и следствия. Долговечность оборудования, работающего в условиях малоциклового усталости. Определение вероятности появления трещины малоциклового усталости. Оценка истощения малоциклового ресурса и меры повышения надежности маневренного оборудования (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2), ПКос-3 (ПКос-3.1))

## 5. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Надежность теплоэнергетических систем» в совокупности с традиционной (объяснительно-иллюстративной) технологией обучения используются инновационные технологии.

Согласно учебному плану и графику учебного процесса для организации процесса освоения студентами дисциплины используются следующие формы теоретического и практического обучения:

- *основные формы теоретического обучения:* лекции, консультации, зачет.
- *основные формы практического обучения:* практические работы.
- *дополнительные формы организации обучения:* курсовая работа.
- *информационные:* иллюстрация слайд-презентаций, самостоятельная работа студентов с электронными образовательными ресурсами при подготовке к лекциями и практическим работам;
- *активного обучения:* консультации по сложным, непонятным вопросам; опережающая самостоятельная работа студентов по изучению нового материала до его изучения в ходе аудиторных занятий; работа в команде при выполнении практических работ;
- *интерактивное обучение:* посещение специализированных выставок (экскурсии).

В процессе реализации форм обучения предполагается применение различных методов и средства обучения, соответствующих традиционной и инновационным технологиям.

Таблица 6

**Применение активных и интерактивных образовательных технологий**

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
1.	Тема 1. Особенности и условия работы теплоэнергетических систем.	ЛК	Проблемная лекция, с использованием слайд-презентации
2.	Тема 2. Основные показатели надежности для систем теплоэнергоснабжения	ЛК	Проблемная лекция, с использованием слайд-презентации
3.	Тема 3. Анализ надежности теплоэнергетического оборудования методами теории вероятностей	ПЗ	Работа в команде. Разбор конкретных ситуаций
4.	Тема 5. Использование метода статистических испытаний для определения показателей надежности энергетических объектов	ЛК	Проблемная лекция, с использованием слайд-презентации
5.	Тема 6. Количественные показатели надежности. Классификация отказов и причины их возникновения	ПЗ	Работа в команде. Разбор конкретных ситуаций
6.	Тема 7. Отказы котельных агрегатов и их элементов. Отказы в работе турбин	ЛК	Проблемная лекция, с использованием слайд-презентации
7.	Тема 10. Анализ работы тепломеханического оборудования	ПЗ	Работа в команде. Разбор конкретных ситуаций
8.	Тема 11. Тепловые, функциональные и структурные схемы систем теплоэнергоснабжения	ПЗ	Работа в команде. Разбор конкретных ситуаций
9.	Тема 12. Расчет надежности структурных схем систем теплоэнергоснабжения	ПЗ	Работа в команде. Разбор конкретных ситуаций
10.	Тема 13. Использование аналитических методов расчета надежности структурных схем систем теплоэнергоснабжения	ЛК	Проблемная лекция, с использованием слайд-презентации
		ПЗ	Работа в команде. Разбор конкретных ситуаций

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
11.	Тема 15. Обеспечение надежности при проектировании оборудования	ЛК	Проблемная лекция, с использованием слайд-презентации
		ПЗ	Работа в команде. Разбор конкретных ситуаций
12.	Тема 16. Обеспечение надежности при изготовлении оборудования	ЛК	Проблемная лекция, с использованием слайд-презентации
13.	Тема 17. Обеспечение надежности теплоэнергетического оборудования действующих ТЭС, ТЭЦ и АЭС	ЛК	Проблемная лекция, с использованием слайд-презентации
		ПЗ	Работа в команде. Разбор конкретных ситуаций
14.	Тема 19. Ущерб от недоотпуска и снижения качества электрической и тепловой энергии	ПЗ	Работа в команде. Разбор конкретных ситуаций

## 6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

### 6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

#### 6.1.1 Примерная тематика курсовых работ по дисциплине «Надежность теплоэнергетических систем»

№ п/п	Тема курсовой работы (п. 1 — базовый вариант темы, выдаваемый ведущим преподавателем для обезличенных объектов, с варьированием схемы теплоэнергетической системы и типа теплогенерирующей(их) установки(ок); п.п. 2...7 — варианты тем, выбираемых студентами и их руководителями, например, в качестве раздела выпускной квалификационной работы; п. 8 – тема курсовой работы может быть предложена магистрантом при условии ее обоснования)
1	Оценка надежности теплоэнергетической системы на базе паровой (водогрейной) котельной
2	Оценка надежности теплоэнергетической системы на базе автономной теплогенерирующей установки
3	Оценка надежности теплоэнергетической системы на базе теплогенерирующей установки централизованной системы теплоснабжения
4	Оценка надежности теплоэнергетической системы птицеводческого комплекса на базе автономной теплогенерирующей установки, с использованием возобновляемых источников энергии
5	Оценка надежности теплоэнергетической системы животноводческого комплекса на базе автономной теплогенерирующей установки
6	Оценка надежности теплоэнергетической системы перерабатывающего предприятия АПК на базе автономной теплогенерирующей установки, с использованием вторичных энергетических ресурсов
7	Оценка надежности теплоэнергетической системы тепличного комплекса на базе автономной теплогенерирующей установки

## 6.1.2 Текущее тестирование

Необходимо для оценки текущей успеваемости и усвояемости изучаемого студентами материала и предполагает проведение двух тестирований. Каждый тест состоит из 10 вопросов и содержит 25 вариантов. Тестирование проводится письменно на 7 и 14 неделях учебного семестра. Выдержки из примерных билетов тестовых заданий представлены ниже. Формируемые компетенции: ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2), ПКос-3 (ПКос-3.1)).

### Тестирование № 1

**Особенности и условия работы, основные понятия и определения в области надежности теплоэнергетических систем. Отказы теплоэнергетических систем и их элементов.**

Вариант № 1 (фрагмент)

1.1. Надежность, это:	<ol style="list-style-type: none"><li>1. совокупность свойств, определяющих степень пригодности технического устройства для использования по назначению;</li><li>2. способность технического устройства противостоять крупным возмущениям, исключающая процесс развития аварий и поломку оборудования;</li><li>3. комплексный показатель, определяющий свойства технических устройств (систем) длительно сохранять и устойчиво воспроизводить в процессе эксплуатации рабочие характеристики и параметры;</li><li>4. свойство технического устройства сохранять работоспособность в течение некоторого промежутка времени или вплоть до выполнения определенного объема работы без вынужденных перерывов (например, на ремонт)</li></ol>
1.2. Случайная величина, это:	<ol style="list-style-type: none"><li>1. величина, изменяющаяся по неизвестному закону;</li><li>2. величина, которая может принимать то или иное известное значение;</li><li>3. величина, которая может принимать то или заранее неизвестное значение</li></ol>
1.3. Закон распределения случайных величин, это:	<ol style="list-style-type: none"><li>1. соотношение, устанавливающее связь между значением случайных величин и вероятностью их появления;</li><li>2. совокупность случайных величин, расположенных в возрастающем порядке, с указанием вероятности их распределения;</li><li>3. совокупность случайных величин, расположенных в убывающем порядке, с указанием вероятности их распределения</li></ol>

### Тестирование № 2

**Методы расчета надежности теплоэнергетических систем. Обеспечение надежности на этапах проектирования и изготовления оборудования теплоэнергетических систем.**

**Обеспечение надежности при эксплуатации оборудования теплоэнергетических систем.** Вариант № 1 (фрагмент)

2.1. Назначение принципиальной тепловой схемы (ПТС) теплоэнергетической	1. определение сущности технологического процесса преобразования тепловой энергии в элек-
---	---

системы:	<p>трическую, с установлением основных связей по теплоносителю, объединяющему в единую установку основное и вспомогательное оборудование пароводяного тракта, участвующего в процессе преобразования энергии;</p> <p>2. определение количества и типоразмеров основного и вспомогательного оборудования, арматуры, байпасных линий, пусковых и аварийных систем, обеспечивающих превращение тепловой энергии в электрическую;</p> <p>3. установление логических связей совокупности элементов, позволяющих определить такое количество или такую комбинацию отказавших элементов схемы, которые приводят к отказу всей системы;</p> <p>4. установление связей совокупности элементов и выходных эффектов по располагаемой электрической мощности (для ТЭС и АЭС). либо по располагаемой электрической мощности и производительности по отпуску теплоты (для ТЭЦ)</p>
2.2. Статистический метод расчета надежности структурных схем систем теплоэнергоснабжения основан на:	<p>1. расчете по известным характеристикам надежности элементов и функционально-структурным схемам;</p> <p>2. обработке статистических данных по их эксплуатации;</p> <p>3. изучении функционального назначения систем энергоснабжения, разработке их функционально-структурных схем и моделировании процессов изменения состояний</p>
2.3. Характеристика дерева отказов:	<p>1. логическая графологическая иерархическая схема, представляющая собой связь событий отказа системы с отказами элементов;</p> <p>2. начинается с конечного события, в качестве которого понимается полный отказ системы; на более низком уровне обозначаются события, которые вызывают конечное событие в соответствии с логической операцией, связывающей эти события;</p> <p>3. на нижнем уровне располагаются события отказов элементов</p>

### **6.1.3 Вопросы для подготовки к защите на практических занятиях (текущий контроль)**

Предусмотренные учебным планом практические занятия направлены на практическое закрепление теоретического материала дисциплины «Надежность теплоэнергетических систем». Отчеты по результатам практических занятий представляются в рабочей тетради учебной дисциплины с записями в виде ответов на поставленные вопросы, результатами расчетов, обработанных результатов измерений, графических материалов, выводов. Пример вопросов при проведении практического занятия № 2 приведен ниже.

#### **Вопросы к защите практического занятия № 1 «Изучение примеров использования элементов теории вероятностей в анализе надежности теплоэнергетического оборудования»**

1. Дайте определение понятия «случайная величина».
2. Дайте характеристику случайных дискретных и непрерывных величин.
3. Дайте определение понятия «вероятность события».
4. Назовите численное значение размерности вероятности достоверного и недостоверного событий.
5. В чем взаимосвязь понятий «частота события» и «статистическая вероятность»?
6. Дайте определение понятий суммы двух (нескольких) событий.
6. Дайте определение понятий произведения двух (нескольких) событий.
7. При каком условии событие  $A$  называется зависимым (независимым) от события  $B$ ?
8. Приведите формализованное обозначение события  $A$  при условии, что имело место событие  $B$ .
9. Приведите формализованное обозначение условия независимости события  $A$  от события  $B$ .
10. Приведите формализованное обозначение условия зависимости события  $A$  от события  $B$ .
11. Дайте трактовку и формализованное описание теоремы о взаимозависимых событиях в теории вероятностей.
12. Дайте формализованное описание первого следствия теоремы о взаимозависимых событиях.
13. Дайте формализованное описание второго следствия теоремы о взаимозависимых событиях.
14. Приведите формулу полной вероятности некоторого события  $A$ .
15. Приведите формализованное описание теоремы гипотез (формулы Байеса).
16. Дайте определение закона распределения случайной величины
17. Назовите способы представления характеристик распределения дискретных (непрерывных) случайных величин?
18. В чем взаимосвязь понятий «функция распределения случайной величины» и «интегральная функция распределения»?
19. В чем сущность понятия «плотность распределения» и что понимают под понятием «кривая распределения»?
20. В каких случаях плотность распределения случайной величины представляют в виде гистограммы?
21. Дайте формализованное описание понятия «математическое ожидание случайной величины».
22. Приведите формализованное описание начальных и центральных моментов дискретных и непрерывных случайных величин.
23. Дайте определение понятий мода и медиана.
24. Приведите примеры графического определения моды и медианы непрерывной случайной величины.
25. Дайте определение понятия «дисперсия случайной величины» и приведите ее в формализованном виде для дискретной и непрерывной случайных величин.
26. Дайте определение и формализованный вид среднего квадратичного отклонения.
27. Дайте определение и формализованный вид среднего арифметического отклонения.

#### **6.1.4 Перечень вопросов, выносимых на экзамен по дисциплине**

##### **Раздел 1. Особенности и условия работы, основные понятия и определения в области надежности теплоэнергетических систем**

- 1.1. Надежность технических устройств (и энергетических систем).
- 1.2. Определения и сущность понятий: система, элемент, объект.
- 1.3. Отказы в процессе эксплуатации систем или их элементов.
- 1.4. Безотказность в процессе эксплуатации систем или их элементов.

- 1.5. Аварии в процессе эксплуатации систем или их элементов.
- 1.6. Ремонтпригодность систем или их элементов.
- 1.7. Долговечность систем или их элементов.
- 1.8. Количественные показатели надежности: коэффициент готовности, коэффициент технического использования, коэффициент оперативной готовности.
- 1.9. Количественные показатели надежности: коэффициент обеспечения заданного отпуска энергии, коэффициент обеспечения максимально возможного отпуска энергии, коэффициент недоотпуска энергии.
- 1.10. Количественные показатели надежности: безотказность, долговечность, ремонтпригодность.
- 1.11. Классификация ремонтов.
- 1.12. Физический и моральный износ.
- 1.13. Признаки отказа.
- 1.14. Отказы, связанные с недостатками конструкции и ошибками проектирования.
- 1.15. Отказы, связанные с дефектами изготовления.
- 1.16. Отказы, связанные с качеством монтажных работ.
- 1.17. Отказы, связанные с несоответствием эксплуатации проектным режимам.
- 1.18. Отказы, связанные с ошибочными действиями эксплуатационного персонала.
- 1.19. Отказы, связанные с качеством ремонтных работ.
- 1.20. Отказы устраняемые и неизбежные.

## **Раздел 2. Отказы теплоэнергетических систем и их элементов**

- 2.1. Классификация отказов в работе ТЭС и АЭС.
- 2.2. Отказы в работе котлов.
- 2.3. Отказы в работе турбин.
- 2.4. Повреждения, не приводящие к полным отказам турбин.
- 2.5. Причины повреждения роторов и вибрации турбин.
- 2.6. Отказы в работе ядерной реакторной установки.
- 2.7. Возможные последствия резкой аварийной остановки блока ЯРУ.
- 2.8. Отказы в работе котельно-вспомогательного оборудования и систем регулирования.
- 2.9. Учет и расследование причин аварий и отказов.
- 2.10. Содержание и порядок заполнения и прохождения карт отказов.

## **Раздел 3. Методы расчета надежности теплоэнергетических систем**

- 3.1. Цели, задачи и принцип разработки принципиальной тепловой схемы ТЭС, ТЭЦ, АЭС; примеры.
- 3.2. Цели, задачи и принцип разработки функциональной схемы ТЭС, ТЭЦ, АЭС; примеры.
- 3.3. Цели, задачи и принцип разработки структурных (логических) схем ТЭС, ТЭЦ, АЭС; примеры.
- 3.4. Функциональная и структурная схемы паротурбинного блока.
- 3.5. Статистические и аналитические методы расчета надежности структурных схем систем теплоснабжения; сущность, сферы использования.
- 3.6. Этапы расчета надежности структурных схем.
- 3.7. Использование графов состояний при расчете надежности сложных структурных схем.
- 3.8. Логическая функция работоспособности и неработоспособности.
- 3.9. Последовательные и параллельные структуры систем.
- 3.10. Системы из восстанавливаемых и невосстанавливаемых элементов.
- 3.11. Расчет показателей надежности для последовательной и параллельной систем.



- 3.12. Системы со скользящим резервом.
- 3.13. Методы логических схем: метод дерева отказов.
- 3.14. Методы логических схем: метод минимальных путей и сечений.
- 3.15. Методы моделей состояний: метод перебора состояний.
- 3.16. Методы моделей состояний: марковская модель.

#### **Раздел 4. Обеспечение надежности на этапах проектирования и изготовления оборудования теплоэнергетических систем**

- 4.1. Учет надежности в технико-экономических расчетах.
- 4.2. Влияние некоторых важнейших характеристик и параметров на надежность энергооборудования.
- 4.3. Выбор резервов на ТЭС, ТЭЦ и АЭС.
- 4.4. Выбор резерва в электроэнергетической системе.
- 4.5. Требования к надежности теплоснабжающих систем.
- 4.6. Структурная схема надежности теплоснабжающих систем.
- 4.7. Расчет коэффициента теплофикации теплоснабжающих систем.
- 4.8. Прогнозирование надежности при проектировании и изготовлении энергетического оборудования.
- 4.9. Выбор показателей надежности при проектировании и изготовлении энергетического оборудования.
- 4.10. Этапы работы по обеспечению надежности оборудования на стадии проектирования.
- 4.11. Особенности этапа выбора тепловой схемы на стадии проектирования надежного теплоэнергетического оборудования.
- 4.12. Особенности этапа конструктивных решений, учитывающих качество топлива и питательной воды на стадии проектирования надежного теплоэнергетического оборудования.
- 4.13. Особенности этапа конструктивных решений по резервированию оборудования, его узлов и элементов на стадии проектирования надежного теплоэнергетического оборудования.
- 4.14. Особенности этапа конструктивных решений по выбору конструктивных материалов и способов контроля на стадии проектирования надежного теплоэнергетического оборудования.
- 4.15. Особенности этапа выполнения комплекса расчетов (тепловых, прочностных, гидравлических, газодинамических и др.) на стадии проектирования надежного теплоэнергетического оборудования.
- 4.16. Обеспечение надежности оборудования на стадии изготовления.
- 4.17. Методы предупреждения аварийных остановов энергетического оборудования из-за дефектов изготовления и монтажа.
- 4.18. Методы контроля и дефектоскопии качества изготавливаемого оборудования.
- 4.19. Сущность и несовершенство традиционных методов контроля надежности при изготовлении оборудования.
- 4.20. Ультразвуковая дефектоскопия качества и дефектометрия изготавливаемого оборудования.
- 4.21. Радиографический контроль качества изготавливаемого оборудования.
- 4.22. Магнитопорошковая дефектоскопия качества изготавливаемого оборудования.
- 4.23. Дефектоскопия качества изготавливаемого оборудования методом проникающих жидкостей.
- 4.25. Прогрессивные методы неразрушающего контроля.

#### **Раздел 5. Обеспечение надежности при эксплуатации оборудования теплоэнергетических систем**

- 5.1. Надежность оборудования, работающего в маневренных режимах.
- 5.2. Надежность теплоснабжающих систем: причины отказов и минимальные температуры воздуха в отапливаемых помещениях.
- 5.3. Долговечность оборудования, работающего в условиях малоциклового усталости.
- 5.4. Техническое обслуживание и ремонт теплоэнергетического оборудования.
- 5.5. Техническая диагностика эксплуатируемого теплоэнергетического оборудования.
- 5.6. Информационное обеспечение технического состояния тепломеханического оборудования.
- 5.7. Действия персонала теплоэнергетических объектов в экстремальных условиях.
- 5.8. Особенности и общие способы обеспечения надежности и безопасности АЭС.
- 5.9. Модернизация и реконструкция эксплуатируемого теплоэнергетического оборудования.
- 5.10. Техническое перевооружение в теплоэнергетике.
- 5.11. Критерии экономического обоснования технического перевооружения в теплоэнергетике.
- 5.12. Теплоэнергетические системы, как объекты управления режимами работы и эксплуатации.
- 5.13. Совершенствование режимов работы и уровня эксплуатации действующих теплоэнергетических систем.
- 5.14. Показатели надежности АСУ и АСУ ТП теплоэнергетических систем.
- 5.15. Показатели, характеризующие недовыработку и недоотпуск энергии.
- 5.16. Показатели, характеризующие качество отпускаемой энергии.
- 5.17. Народнохозяйственный ущерб от недоотпуска и перерывов энергоснабжения потребителей.
- 5.18. Народнохозяйственный ущерб от недоотпуска тепловой энергии коммунально-бытовым потребителям.
- 5.19. Ущерб от снижения качества электрической и тепловой энергии.

## **6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания**

### **6.2.1. Критерии оценки выполнения тестов**

Текущее тестирование (письменное) производится на 7 и 14 неделях учебного семестра. Каждый тест состоит из 10 вопросов и содержит 25 вариантов. Критерии оценивания:

- правильные ответы на 5 и менее заданий – «неудовлетворительно»,
- правильные ответы на 6 – 7 заданий – «удовлетворительно»,
- правильные ответы на 8 – 9 заданий – «хорошо»,
- правильные ответы на 10 заданий – «отлично».

Основаниями для снижения оценки на 1 балл являются: отсутствие обоснования выбранного ответа, неполный ответ; небрежное выполнение, ошибки в обозначениях и т.п.

### **6.2.3. Оценка выполнения курсовой работы (КР)**

Важным элементом формирования компетенций в рамках изучаемой дисциплины «Надежность теплоэнергетических систем» является выполнение курсовой работы, задание на которую по приведенной в п.п. 6.1.1 тематике выдается студентам на 1 – 2 неделе учебного семестра. Курсовая работа не может быть принята и подлежит доработке в следующих случаях: отсутствие в работе необходимого материала описательного и графического характера; наличие ошибок в расчетах; отсутствие необходимых обозначений и размерностей единиц; отсутствие ссылок на использованную литературу; неправильно оформленный список литературы; неаккуратное оформление расчетного и (или) графического материала. Выполнение и защита КР являются обязательным элементом, влияющим на допуск к сдаче экзамена по дисциплине.

Для оценки выполнения курсовой работы используется традиционная система с критериями, сформулированными в нижеприведенной таблице 7.

Таблица 7

### Критерии оценивания КР

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	<b>«Отлично»</b> - студент самостоятельно и в полном объеме выполнил КР, логично, последовательно и аргументировано изложил теоретическую часть, правильно (без ошибок) провел расчеты, сделал соответствующие выводы.
Средний уровень «4» (хорошо)	<b>«Хорошо»</b> - студент самостоятельно и в полном объеме выполнил КР, логично, последовательно и аргументировано изложил теоретическую часть, но в расчетах допущены ошибки, что может повлиять на правильность сделанных выводов.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	<b>«Удовлетворительно»</b> - студент самостоятельно и в полном объеме выполнил КР, однако в теоретической части имеются недоработки, в расчетной части допущены ошибки и неточности, проект оформлен небрежно.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	<b>«Неудовлетворительно»</b> - студент не выполнил КР

### Критерии оценивания промежуточного контроля (экзамена)

К экзамену допускается студент, полностью выполнивший все виды учебной и самостоятельной работы и сдавший отчетные материалы.

Экзамен проводится в устной форме в виде доклада студента по каждому экзаменационному вопросу с представлением на листе ответа: уравнений, формул, расчетных схем, графиков и т.п. и ответов (если потребуется) на дополнительные вопросы преподавателя.

Качество освоения дисциплины, уровень сформированности заявленных компетенций, знания и умения студента оцениваются в соответствии с традиционной системой контроля.

### Критерии оценивания результатов обучения

Таблица 8

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку <b>«отлично»</b> заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. <b>Компетенции</b> , закреплённые за дисциплиной, <b>сформированы на уровне – высокий.</b>
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку <b>«хорошо»</b> заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки. <b>Компетенции</b> , закреплённые за дисциплиной, <b>сформированы на уровне – хороший (средний).</b>
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку <b>«удовлетворительно»</b> заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.

	<b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный.</b>
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, не сформированы.</b>

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Основная литература

1. Рудобашта, С.П. Теплотехника: Учебник для вузов / С.П. Рудобашта. – М.: Изд-во «Перо», 2015. – 600 с.
2. Белкин А.П. Диагностика теплоэнергетического оборудования: учебное пособие / А.П. Белкин, О.А. Степанов. – СПб.: Лань, 2022. – 240 с.
3. Беляев С.А. Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС: учебное пособие / С.А. Беляев, А.В. Воробьев, В.В. Литвак; Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 248 с.  
<https://reader.lanbook.com/book/82857#2>

### 7.2 Дополнительная литература

1. Пчелкин, Виктор Владимирович. Основы научной деятельности: учебное пособие / В. В. Пчелкин, Т. И. Сурикова, К. С. Семенова; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). – Электрон. текстовые дан. – М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2018. – 138 с.
2. Леонов, Олег Альбертович. Техническое регулирование: учебное пособие / О. А. Леонов; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). – Электрон. текстовые дан. – М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2018. 174 с. <http://elib.timacad.ru/dl/local/umo240.pdf/picture?size=0>
3. Карпузова, Вера Ивановна. Проектирование информационных систем: учебное пособие / В. И. Карпузова, Н. В. Карпузова, К. В. Чернышева; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). – Электрон. текстовые дан. – М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2019. – 147 с. <http://elib.timacad.ru/dl/local/umo390.pdf/picture?size=0>
4. Дунченко, Нина Ивановна. Планирование и выполнение экспериментальных исследований: учебное пособие / Н. И. Дунченко, С. В. Купцова, О. Б. Федотова; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). – Электрон. текстовые дан. – М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2018. – 152 с. <http://elib.timacad.ru/dl/local/umo233.pdf/picture?size=0>
5. Мхитарян, Марина Георгиевна. Теплогазоснабжение и вентиляция: учебное пособие / М. Г. Мхитарян, Э. Е. Назаркин; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва), Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А. Н. Костякова, Кафедра сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения. – Электрон. текстовые дан. – М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2019. – 131 с. <http://elib.timacad.ru/dl/local/umo431.pdf/picture?size=0>

### 7.3 Нормативные правовые акты

Не предусмотрены.

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. <http://www.fips.ru>
2. <http://www.ii.spb.ru>

3. <http://www.altshuller.ru>
4. <http://www.trizminsk.org/index0.htm>
5. [http://www.mospatent.ru/ru/zn\\_pr/htm/ru/ru\\_pat\\_p.htm](http://www.mospatent.ru/ru/zn_pr/htm/ru/ru_pat_p.htm)
6. <http://www.natm.ru/triz>

## 9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. База данных (БД) ВИНТИ РАН (<http://www.viniti.ru>).
2. Государственная информационная система (ГИС) в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности (<https://gisee.ru>).
3. Единая информационная система «Технорматив» (<https://www.texnormativ.ru>).
4. Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru>).
5. Росинформресурс. Бюллетень «Топливо-энергетический комплекс Российской Федерации» (<http://www.rosinf.ru>).

Таблица 9

### Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1	<b>Раздел 1.</b> Особенности и условия работы, основные понятия и определения в области надежности теплоэнергетических систем	Microsoft Office 365	Офисный пакет	Microsoft	2021
2	<b>Раздел 2.</b> Отказы теплоэнергетических систем и их элементов	Microsoft Office 365	Офисный пакет	Microsoft	2021
3	<b>Раздел 3.</b> Методы расчета надежности теплоэнергетических систем	Microsoft Office 365	Офисный пакет	Microsoft	2021
4	<b>Раздел 4.</b> Обеспечение надежности на этапах проектирования и изготовления оборудования теплоэнергетических систем	Microsoft Office 365	Офисный пакет	Microsoft	2021
5.	<b>Раздел 5.</b> Обеспечение надежности при эксплуатации оборудования теплоэнергетических систем				

## 10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Таблица 10

### Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	2
24 корпус, 306 аудитория	Компьютерный класс
24 корпус, 201 лаборатория	1. Доска аудиторная 3-х элементная (Инв.№ 210136000003573) 2. Экран Projecta SlimScreen 200*200 cv Matte White S настенный (Инв.№ 568938) 3. Компьютер "Абакус" (Инв.№ 410134000001484) 4. Слайд-проектор .
Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, включающая 9 читальных залов (в том числе 5 компьютеризированных), организованных по принципу открытого доступа и оснащенных WI-FI, Интернет-доступом.	
Общежитие № 4, № 5 и № 11, комната для самоподготовки.	

## 11. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины

Содержание материала и график изучения дисциплины приведены в рабочей учебной программе, для успешного выполнения которой студентам рекомендуется пользоваться учебниками и учебно-методическими пособиями из библиотечного фонда университета, а также методическими пособиями по выполнению практических работ, хранящимися на кафедре.

Студентам необходимо:

- внимательно ознакомиться с содержанием тематического плана дисциплины, приводимом в нём списке рекомендуемой литературы, приобрести в библиотеке университета требующиеся учебники и учебные пособия;
- получить консультацию у преподавателей кафедры, ведущих дисциплину «Надежность теплоэнергетических систем», по всем возникающим учебно-методическим вопросам;
- используя методические пособия, строго по темам дисциплины приступить к изучению рекомендуемой литературы;
- прорабатывать каждую тему сразу после её изложения на лекции;
- перед выполнением практических работ ознакомиться с методическими указаниями по их выполнению;
- для допуска к зачету с оценкой студенту необходимо выполнить и успешно сдать все отчеты по практическим занятиям и реферат;

В конспекте лекций следует избегать подробной записи. Конспект не должен превращаться в единственный источник информации, он должен подводить студента к самостоятельному обдумыванию материала, к работе с учебной литературой. Независимо от того, есть учебник или нет, лекции записывать необходимо.

*Правила ведения записей и оформление конспекта:*

- начинать с даты занятий, названия темы, целей и плана лекции, рекомендованной литературы;
- вести конспект опрятно, содержательно, четко, разборчиво, грамотно;
- научиться выделять и записывать основные научные положения и факты, формулы и правила, выводы и обобщения; не перегружать записи отдельными фактами;
- выделять разделы и подразделы, темы и подтемы;

- применять доступные пониманию сокращения слов и фраз;
- записывать рекомендованную литературу;
- желательно выделять цветом названия темы, основные положения, выводы; записи вести на страницах с большими полями.

Последующая работа над лекцией заключается в повторении ее содержания по конспекту (а еще лучше с привлечением дополнительных источников информации) вскоре после ее прослушивания, т.к. забывание материала, воспринятого любым способом, идет особенно интенсивно сразу же после восприятия.

*Работа над конспектом лекции осуществляется по этапам:*

- повторить изученный материал по конспекту;
- непонятные положения отметить на полях и уточнить;
- неоконченные фразы, пропущенные слова и другие недочеты в записях устранить, пользуясь материалами из учебника и других источников;
- завершить техническое оформление конспекта (подчеркивания, выделение главного, выделение разделов, подразделов и т.п.).

При подготовке к практическому занятию студент должен изучить рекомендованный к данной теме материал по учебнику и практикуму, подготовить отчет, который должен содержать наименование работы, цель работы, схемы (при необходимости), расчетные формулы, таблицы для записи полученных результатов (при необходимости). На практических занятиях студент обязан обдуманно выполнять задания, анализировать полученные результаты.

Окончательно оформленные отчеты по практическим работам защищаются студентами в индивидуальном порядке в часы консультаций преподавателя, в день выполнения работы или ближайшее время.

### **Виды и формы отработки пропущенных занятий**

Студент, пропустивший лекции, обязан самостоятельно проработать пропущенную тему и отчитаться перед преподавателем. Пропущенные практические работы должны быть выполнены студентом самостоятельно и представлены преподавателю.

## **12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине**

*Лекции* являются одним из важнейших видов учебных занятий. Они должны дать систематизированные основы научных знаний по дисциплине, концентрировать внимание студентов на наиболее сложных и узловых вопросах.

Объем читаемых лекций определяется графиком плана. Каждая лекция должна делиться на три части: введение, основная часть (учебные вопросы) и заключение.

Лекции должны иметь логическую связь с ранее изученным материалом и быть ориентированы на последующее применение излагаемого материала.

Для этой цели во введении к лекции преподаватель формулирует тему, учебные вопросы, отражающие содержание лекции и четко определяет цель данной лекции. Начиная изложение рассматриваемого материала, преподаватель устанавливает логическую связь данной лекции с предыдущим материалом и изучаемыми ранее дисциплинами. Введение должно занимать не более 10 минут, но должно полностью подготовить студента к восприятию излагаемого далее основного содержания.

Планируемый к изложению в лекциях материал должен отражать только основное содержание изучаемого вопроса, сочетаясь с примерами и, при необходимости, иллюстрируясь техническими средствами обучения. При этом не следует, по возможности, включать в лекцию громоздкие выводы, пояснения и тому подобный материал, однако в таких случаях необходимо обязательно указывать разделы рекомендуемой литературы, где можно получить убедительные ответы на возникшие вопросы. Кроме этого, в лекции обращается внимание студентов на вопросы изучаемого материала, которые он должен изучить самостоятельно по указанной в методических указаниях по данной дисциплине литературе.

В заключительной части лекций преподаватель должен подвести итог и сформулировать общие выводы, вытекающие из содержания основной части лекции, и еще раз обратить внимание на тот объем материала, который подлежит самостоятельному изучению.

*Практические занятия* проводятся с целью закрепления теоретического материала, изложенного на лекциях, а также для развития у студентов навыков практического решения единых учебно-инженерных задач.

Практические занятия рекомендуется делить на три части: вводную, основную и заключительную.

Во вводной части преподаватель должен назвать тему занятия, определить ее цель и сформулировать вопросы, отражающие содержание занятия. Преподаватель должен указать взаимосвязь практического занятия с предыдущими занятиями по данной дисциплине, при необходимости пояснить инженерную направленность темы и ее связь с другими дисциплинами.

Основная часть практического занятия должна быть посвящена закреплению теоретических положений, изложенных в лекциях, путем решения практических задач. Преподаватель должен разобрать со студентами методику решения типовых примеров, указав при этом, какие материалы теоретического курса используются при этом.

Часть времени преподаватель должен отвести для объяснения студентам содержания, этапов решения заданий при выполнении самостоятельной работы.

В заключительной части практического занятия преподаватель должен сформулировать краткие выводы по содержанию вопросов, рассмотренных на занятии, обратив внимание студентов на тот объем материала, который рекомендуется для самостоятельного изучения. Подробно остановиться на литературе, рекомендованной для самостоятельной работы.

**Программу разработал:**

Кожевникова Н.Г., к.т.н., доцент



---



**РЕЦЕНЗИЯ**  
**на рабочую программу дисциплины**  
**Б1.В.03.02 «Надежность теплоэнергетических систем»**  
**ОПОП ВО по направлению 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника**  
**направленность «Энергообеспечение предприятий»**  
**(квалификация выпускника – магистр)**

Андреевым Сергеем Андреевичем, к.т.н., доцентом кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина Института механики и энергетики им. В.П. Горячкина РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, к.т.н., доцентом (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Надежность теплоэнергетических систем» ОПОП ВО по направлению 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника (квалификация выпускника – магистр), разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий» (разработчик – Кожевникова Н.Г., к.т.н., доцент).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Надежность теплоэнергетических систем» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника. Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе **актуальность** учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к дисциплинам включенным в формируемую участниками образовательных отношений часть учебного плана.

3. Представленные в Программе **цели** дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника.

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Надежность теплоэнергетических систем» закреплена следующая компетенции (индикаторы достижения компетенции): ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2), ПКос-3 (ПКос-3.1). Дисциплина «Надежность теплоэнергетических систем» и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях.

5. **Результаты обучения**, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

6. Общая трудоёмкость дисциплины «Надежность теплоэнергетических систем» составляет 6 зачётные единицы (216 час.).

7. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Надежность теплоэнергетических систем» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника и возможность дублирования в содержании отсутствует.

8. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

9. Программа дисциплины «Моделирование в теплоэнергетике» предполагает 8 занятий в интерактивной форме.

10. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника.

11. Представленные и описанные в Программе формы *текущей* оценки знаний, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме зачета с оценкой, что соответствует статусу дисциплины, как

дисциплины формируемой участниками образовательных отношений части учебного цикла Б1.В.ДВ.

Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 4 источника, дополнительной литературой – 5 наименования. Интернет-ресурсы – 6 источников и соответствует требованиям ФГОС ВО направления 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника.

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Надежность теплоэнергетических систем» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

14. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Надежность теплоэнергетических систем».

### **ОБЩИЕ ВЫВОДЫ**

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Надежность теплоэнергетических систем» ОПОП ВО по направлению 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника, направленность «Энергообеспечение предприятий» (квалификация выпускника – магистр), Кожевниковой Н.Г., к.т.н., доцентом соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Андреев С.А., доцент кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина,  
кандидат технических наук

« 14 » 12 2022 г.