

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Арженовский Алексей Григорьевич

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

Датаподписания: 04.12.2025 17:13:51

Уникальный программный ключ:

3097683b58557fe8e27027e8e64c5f15ba3ab904

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ АДМИНИСТРАТИВНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –

МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»

(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт механики и энергетики имени В.П. Горячина  
Кафедра электроснабжения и теплоэнергетики имени академика И.А. Будзко

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора института механики  
и энергетики имени В.П. Горячина

А.Г. Арженовский

«15 12 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.03.02 НАДЕЖНОСТЬ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

для подготовки магистров

ФГОС ВО

Направление: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность: Энергообеспечение предприятий

Курс 2

Семестр 3

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2025

Москва, 2025

Разработчики: Нормов Д.А., д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

ДМ  
(подпись)

«16» июня 2025 г.

Кукушкина Т.С., ассистент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

Т.С.  
(подпись)

«16» июня 2025 г.

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

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

С.А.  
(подпись)

«16» июня 2025 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессионального стандарта и учебного плана по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Программа обсуждена на заседании кафедры электроснабжения и теплоэнергетики им. академика И.А. Будзко, протокол № 17 от «16» июня 2025 г.

И.о. зав. кафедрой Нормов Д.А., д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

ДМ  
(подпись)

«16» июня 2025 г.

**Согласовано:**

Председатель учебно-методической комиссии института механики и энергетики имени В.П. Горячкина Дидманидзе О.Н., д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

Протокол № 5 от «20» июня 2025 г.

И.о. заведующего выпускающей кафедрой «Электроснабжение и теплоэнергетика имени академика И.А. Будзко»

Нормов Д.А., д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«16» июня 2025 г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ

/Алиев Сургуте В.А.

## СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация.....	4
<b>1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>4</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ .....</b>	<b>5</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>25</b>
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ .....	25
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	25
4.3 ЛЕКЦИИ/ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ .....	30
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....</b>	<b>38</b>
6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	41
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	41
6.1.1 ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАЩИТЕ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ).....	41
6.1.2. ТЕМАТИКА ПРИМЕРНЫХ ЗАДАЧ .....	42
6.1.3. ПРИМЕР ТЕСТИРОВАНИЯ .....	43
6.1.4. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «НАДЕЖНОСТЬ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ».....	44
6.1.5. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ, ВЫНОСИМЫХ НА ЗАЧЕТ С ОЦЕНКОЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	45
<b>6.2 ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ.....</b>	<b>48</b>
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>51</b>
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	51
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	51
7.3 НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ .....	52
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....</b>	<b>52</b>
<b>9. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ).....</b>	<b>53</b>
<b>10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>54</b>
<b>ВИДЫ И ФОРМЫ ОТРАБОТКИ ПРОПУЩЕННЫХ ЗАНЯТИЙ.....</b>	<b>55</b>
<b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>55</b>

## **Аннотация**

**рабочей программы учебной дисциплины Б1.В.03.02 «Надежность теплоэнергетических систем» для подготовки магистра по направлению 13.04.01 – Теплоэнергетика и теплотехника, 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 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», цикл Б1.В, дисциплина осваивается в 3 семестре.

**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, ПКос-3.2, ПКос-3.3).

### **Краткое содержание дисциплины:**

Общие принципы построения систем дистанционного зондирования Земли. 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:** 4 зачетные единицы (144 часа).

**Промежуточный контроль:** зачет с оценкой, курсовая работа.

### **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 13.04.01 – Теплоэнергетика и теплотехника направленности «Энергообеспечение предприятий».

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Надежность теплоэнергетических систем» являются: Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии» (1 курс, 2 семестр), Применение гидро- и теплотехнологий в АПК (1 курс, 2 семестр), Энергоаудит и энергосбережение в агропромышленном комплексе (1 курс, 2 семестр).

Дисциплина «Надежность теплоэнергетических систем» является основополагающей для изучения дисциплины: Проектирование теплоэнергетических систем (2 курс, 4 семестр).

Сопутствующими дисциплинами являются курсы: Технико-экономическое обоснование и управление проектом в электроэнергетике (2 курс, 3 семестр), Современные проблемы теплоэнергетики, теплотехники и теплотехнологий (2 курс, 3 семестр), Интеллектуальные системы в теплоэнергетике (2 курс, 3 семестр).

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

Особенностью дисциплины является возможность использования полученных при ее изучении знаний для принятия обоснованных технических решений в области надежности и модернизации теплоэнергетических систем, как при подготовке выпускной квалификационной работы, так и при осуществлении профессиональной деятельности.

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.

Таблица 1

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетен- ций	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 монтаже, наладке, эксплуатации теплотехнического оборудования в АПК	ПКос-2.1  Демонстрирует знания основных технических средств для контроля параметров технологических процессов, качества продукции и выполненных работ при монтаже, наладке, эксплуатации теплотехнического оборудования с использованием цифровых технологий	- назначение, устройство и параметры приборов и инструментов, необходимых для выполнения наладки промышленного оборудования с использованием информационных технологий, в том числе с применением современных цифровых инструментов Fotor, SimInTech, Rutube и с применением цифровых технологий при решении профессиональных задач в учебно-методическом портале РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева sdo.timacad.ru;  - виды, устройство и назначение технологического оборудования отрасли с использованием информационных технологий, в том числе с применением современных цифровых инструментов Fotor,	- разрабатывать технологический процесс и планировать последовательность выполнения работ, в том числе посредством электронных ресурсов, официальных сайтов с требованиями стандартов с использованием современных цифровых инструментов (Google Jamboard, mts-link) и программных продуктов Excel, Word, PowerPoint, Pictochart и др., в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint) и применять для ускорения процесса передачи, обработки и интерпретации информации программные продукты	- навыками работы с электрооборудованием, применяемым в технологическом процессе с применением цифровых технологий с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint, Pictochart, в том числе обработки и интерпретации информации с помощью современных программных продуктов Excel, Power Point и осуществлять коммуникации посредством Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube;  - навыками подбора гидравлических машин, запорной и регулирующей арматуры, типового оборудования (по ГОСТ) с применением цифровых техно-

№ п/п	Код компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетен- ций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
				SimInTech, Rutube и с применением цифровых технологий при решении профессиональных задач в учебно-методическом портале РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева sdo.timacad.ru; - устройство и конструктивные особенности элементов промышленного оборудования, особенности монтажа с использованием информационных технологий, в том числе с применением современных цифровых инструментов Fotor, SimInTech, Rutube и с применением цифровых технологий при решении профессиональных задач в учебно-методическом портале РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева sdo.timacad.ru; - нормативные требования по проведению монтажных и наладочных работ промышленного оборудования с исполь-	Excel, Word, Power Point, Битрикс24, Webinar, Яндекс Телемост, Rutube; - осуществлять наладку оборудования в соответствии с данными из технической документации изготовителя и ввод в эксплуатацию, в том числе посредством электронных ресурсов, официальных сайтов с требованиями стандартов с использованием современных цифровых инструментов (Google Jamboard, mts-link) и программных продуктов Excel, Word, PowerPoint, Pictochart и др., в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint) и применять для ускорения процесса передачи, обработки и интерпретации информации с помощью современных программных продуктов Excel, Power Point и	логий с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint, Pictochart, в том числе обработки и интерпретации информации с помощью современных программных продуктов Excel, Power Point и осуществлять коммуникации посредством Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube; - стратегией развития технологических процессов с применением цифровых технологий с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint, Pictochart, в том числе обработки и интерпретации информации с помощью современных программных продуктов Excel, Power Point и осуществлять коммуникации посредством

№ п/п	Код компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетен- ций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знатъ	уметь	владеть
				зованием информацион- ных технологий, в том числе с применением современных цифровых инструментов Fotor, SimInTech, Rutube и с применением цифровых технологий при решении профессиональных задач в учебно-методическом портале РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева sdo.timacad.ru	мации программные продукты Excel, Word, Power Point, Битрикс24, Webinar, Яндекс Теле- мост, Meanchart, Rutube; - регулировать и настра- ивать программируемые параметры промышлен- ного оборудования с ис- пользованием компью- терной техники, в том числе посредством элек- тронных ресурсов, офи- циальных сайтов с тре- бованиями стандартов с использованием совре- менных цифровых ин- струментов (Google Jamboard, mts-link) и программных продуктов Excel, Word, PowerPoint, Pictochart и др., в том числе с использованием информационных тех- нологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint) и применять для ускорения процесса	

№ п/п	Код компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетен- ций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
				передачи, обработки и интерпретации информации программные продукты Excel, Word, Power Point, Битрикс24, Webinar, Яндекс Телемост, Rutube; - анализировать по показаниям приборов работу промышленного оборудования, в том числе посредством электронных ресурсов, официальных сайтов с требованиями стандартов с использованием современных цифровых инструментов (Google Jamboard, mts-link) и программных продуктов Excel, Word, PowerPoint, Pictochart и др., в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint) и применять для ускорения процесса передачи,		

№ п/п	Код компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетен- ций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
				обратки и интерпре- тации информации про- граммные продукты Excel, Word, Power Point, Битрикс24, Webinar, Ян- декс Телемост, Rutube; - производить подгото- вку промышленного обо- рудования к испытанию, в том числе посредством электронных ресурсов, официальных сайтов с требованиями стандар- тов с использованием современных цифровых инструментов (Google Jamboard, mts-link) и программных продуктов Excel, Word, PowerPoint, Pictochart и др., в том числе с использованием информационных тех- нологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint) и применять для ускорения процесса передачи, обратки и интерпретации инфор-		

№ п/п	Код компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетен- ций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
					мации программные продукты Excel, Word, Power Point, Битрикс24, Webinar, Яндекс Телемост, Rutube; - производить испытание на холостом ходу, на виброустойчивость, мощность, температурный нагрев, чистоту обработки деталей, жёсткость, точность в соответствии с техническим регламентом с соблюдением требований охраны труда, в том числе посредством электронных ресурсов, официальных сайтов с требованиями стандартов с использованием современных цифровых инструментов (Google Jamboard, mts-link) и программных продуктов Excel, Word, PowerPoint, Pictochart и др., в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программ-	

№ п/п	Код компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетен- ций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
				ных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint) и применять для ускорения процесса передачи, обработки и интерпретации информации программные продукты Excel, Word, Power Point, Битрикс24, Webinar, Яндекс Телемост, Rutube		
		ПКос-2.2 Осуществляет производствен- ный контроль параметров техноло- гических процессов, качества про- дукции и выполненных работ при мон- таже, наладке, эксплуатации тепло- технического оборудования в АПК с исполь- зованием цифровых технологий	методы производствен- ного контроля параметров техноло- гических процессов, качества про- дукции и выполненных работ при мон- таже, наладке, эксплуатации оборудо- вания, машин и установок в сельскохоз- яйственном производстве с использованием информационных тех- нологий, в том числе с применением современ- ных цифровых инстру- ментов Fotor, SimInTech, Rutube и с применением цифровых технологий при решении професси- ональных задач в учеб-	применять методы производственного кон- троля параметров техноло- гических процессов, качества про- дукции и выполненных работ при мон- таже, наладке, эксплуатации оборудования, машин и установок в сельскохозяйственном производстве, в том числе посредством элек- тронных ресурсов, офи- циальных сайтов с тре- бованиями стандартов с использованием совре- менных цифровых ин- струментов (Google Jamboard, mts-link) и программных продуктов	навыками производ- ственного контроля параметров техноло- гических процессов, ка- чества продукции и выполненных работ при монтаже, наладке, эксплуатации оборудо- вания, машин и устано- вок в сельскохозяй- ственном производстве с применением цифро- вых технологий с по- мощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint, Pictochart,	в том числе обработки и интерпретации ин- формации с помощью

№ п/п	Код компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетен- ций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
			но-методическом порта- ле РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева sdo.timacad.ru	Excel, Word, PowerPoint, Pictochart и др., в том числе с использованием информационных тех- нологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint) и применять для ускорения процесса передачи, обработки и интерпретации инфор- мации программные продукты Excel, Word, Power Point, Битрикс24, Webinar, Яндекс Теле- мост, Rutube	современных про- граммных продуктов Excel, Power Point и осуществлять комму- никации посредством Webinar, Яндекс Теле- мост, Meanchart, Rutube	
2.	ПКос-3	Способен выполнять ра- боты по повышению эф- фективности и надежно- сти теплотехнического оборудования в АПК	ПКос-3.1 Демонстрирует знания режимов работы основ- ного теплотехнического оборудования в АПК	- общее устройство и эксплуатацию тепло- технического оборудо- вания и систем тепло- снабжения с использо- ванием информацион- ных технологий, в том числе с применением современных цифровых инструментов Fotor, SimInTech, Rutube и с применением цифро- вых технологий при	- составлять тепловые балансы основного теп- лотехнического обору- дования, в том числе посредством электрон- ных ресурсов, офици- альных сайтов с требо- ваниями стандартов с использованием совре- менных цифровых ин- струментов (Google Jamboard, mts-link) и программных продук-	- методику расчёта передаваемого коли- чества теплоты с при- менением цифровых технологий с помо- щью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint, Pictochart, в том числе обработки и интерпретации ин- формации с помощью современных про-

№ п/п	Код компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетен- ций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
				<p>решении профессиональных задач в учебно-методическом портале РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева sdo.timacad.ru;</p> <p>- основные показатели работы и тепловые балансы тепловых двигателей и другого тепло-технического оборудования с использованием информационных технологий, в том числе с применением современных цифровых инструментов Fotor, SimInTech, Rutube и с применением цифровых технологий при решении профессиональных задач в учебно-методическом портале РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева sdo.timacad.ru</p>	<p>тов Excel, Word, PowerPoint, Pictochart и др., в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint) и применять для ускорения процесса передачи, обработки и интерпретации информации программные продукты Excel, Word, PowerPoint, Битрикс24, Webinar, Яндекс Телемост, Rutube;</p> <p>- выполнять тепловые расчёты по использованию тепловой энергии на отопление, горячее водоснабжение, сушку сельскохозяйственной продукции, в том числе посредством электронных ресурсов, официальных сайтов с требованиями стандартов с</p>	<p>граммных продуктов Excel, Power Point и осуществлять коммуникации посредством Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube;</p> <p>- применение основных законов термодинамики и теплообмена с применением цифровых технологий с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint, Pictochart, в том числе обработки и интерпретации информации с помощью современных программных продуктов Excel, Power Point и осуществлять коммуникации посредством Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube;</p> <p>- сравнительный анализ различных способов проведения процессов теплообмена с</p>

№ п/п	Код компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетен- ций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
				использованием современных цифровых инструментов (Google Jamboard, mts-link) и программных продуктов Excel, Word, PowerPoint, Pictochart и др., в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint) и применять для ускорения процесса передачи, обработки и интерпретации информации программные продукты Excel, Word, Power Point, Битрикс24, Webinar, Яндекс Телемост, Rutube;	- выбирать основное теплотехническое и гидравлическое оборудование , в том числе посредством электронных ресурсов, офици-	применением цифровых технологий с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint, Pictochart, в том числе обработки и интерпретации информации с помощью современных программных продуктов Excel, Power Point и осуществлять коммуникации посредством Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube

№ п/п	Код компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетен- ций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
				альных сайтов с требо- ваниями стандартов с использованием совре- менных цифровых ин- струментов (Google Jamboard, mts-link) и программных продук- тов Excel, Word, PowerPoint, Pictochart и др., в том числе с ис- пользованием инфор- мационных технологий, в том числе с помощью современных про- граммных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint) и приме- нять для ускорения процесса передачи, об- работки и интерпрета- ции информации про- граммные продукты Excel, Word, Power Point, Битрикс24, Webinar, Яндекс Теле- мост, Rutube		
		ПКос-3.2 Демонстрирует знания методов и средств по- вышения эффективности	- конструкцию и осно- вы эксплуатации тепло- технического оборудо- вания, применяемого в	- высокопроизводи- тельно использовать системы теплоснабже- ния, тепловые установ-	- изучать и анализиро- вать необходимую информацию, техни- ческие данные, пока-	

№ п/п	Код компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетен- ций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
			работы теплотехнического оборудования в АПК	сельском хозяйстве с использованием информационных технологий, в том числе с применением современных цифровых инструментов Fotor, SimInTech, Rutube и с применением цифровых технологий при решении профессиональных задач в учебно-методическом портале РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева sdo.timacad.ru;	ки для с использованием современных цифровых инструментов (Google Jamboard, mts-link) и программных продуктов Excel, Word, PowerPoint, Pictochart и др., в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint) и применять для ускорения процесса передачи, обработки и интерпретации информации программные продукты Excel, Word, PowerPoint, Битрикс24, Webinar, Яндекс Телемост, Rutube;	затели и результаты работы по совершенствованию технологических процессов теплоэнергетических установок с применением цифровых технологий с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint, Pictochart, в том числе обработки и интерпретации информации с помощью современных программных продуктов Excel, Power Point и осуществлять коммуникации посредством Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube;

№ п/п	Код компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетен- ций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знатъ	уметь	владеть
				<p>ни К.А. Тимирязева sdo.timacad.ru;</p> <p>- теплотехнические основы обработки и хранения сельскохозяйственных продуктов с применением современных цифровых инструментов (Google Jamboard, mts-link) и программных продуктов Excel, Word, PowerPoint, Pictochart и др., в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint) и применять для ускорения процесса передачи, обработки и интерпретации информации программные продукты Excel, Word, Power Point, Битрикс24, Webinar, Яндекс Телемост, Rutube;</p> <p>- обеспечивать энергосберегающую технологию в сельском хозяйстве, в том числе по-</p>	<p>ресурсов, официальных сайтов с требованиями стандартов с использованием современных цифровых инструментов (Google Jamboard, mts-link) и программных продуктов Excel, Word, PowerPoint, Pictochart и др., в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов Excel, Power Point и осуществлять коммуникации посредством Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube</p>	

№ п/п	Код компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетен- ций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
				средством электронных ресурсов, официальных сайтов с требованиями стандартов с использованием современных цифровых инструментов (Google Jamboard, mts-link) и программных продуктов Excel, Word, PowerPoint, Pictochart и др., в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint) и применять для ускорения процесса передачи, обработки и интерпретации информации программные продукты Excel, Word, Power Point, Битрикс24, Webinar, Яндекс Телемост, Rutube		
		ПКос-3.3 Осуществляет выполнение работ по повышению	- законы и иные нормативные правовые акты Российской Федерации,	- организовывать техническое обслуживание, проводить провер-	- составлять планы работ, инструкции, графики работы под-	

№ п/п	Код компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетен- ций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
			нию эффективности теплотехнического оборудования в АПК	методические и нормативные документы, регламентирующие деятельность объектов теплотехнического обеспечения с применением современных цифровых инструментов Fotor, SimInTech, Rutube и с применением цифровых технологий при решении профессиональных задач в учебно-методическом портале РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева sdo.timacad.ru; - принципы работы, технические характеристики и конструктивные особенности теплотехнических систем и оборудования с применением современных цифровых инструментов Fotor, SimInTech, Rutube и с применением цифровых технологий при решении профессиональных задач в учебно-методическом	ку и наладку оборудования , в том числе посредством электронных ресурсов, официальных сайтов с требованиями стандартов с использованием современных цифровых инструментов (Google Jamboard, mts-link) и программных продуктов Excel, Word, PowerPoint, Pictochart и др., в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов Excel, Power Point и продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint) и применять для ускорения процесса передачи, обработки и интерпретации информации программные продукты Excel, Word, Power Point, Битрикс24, Webinar, Яндекс Телемост, Rutube; - составлять ведомости	чинёного персонала, заявки на материалы, оборудование и техническую документацию, необходимые при производстве работ с применением цифровых технологий с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint, Pictochart, в том числе обработки и интерпретации информации с помощью современных программных продуктов Excel, Power Point и осуществлять коммуникации посредством Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube; - обеспечивать экономию всех видов энергии и материалов с применением цифровых технологий с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel,

№ п/п	Код компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетен- ций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:			
				знать	уметь	владеть	
				портале РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева sdo.timacad.ru; - схему работы теплотехнического оборудования и взаимодействие её звеньев с применением современных цифровых инструментов Fotor, SimInTech, Rutube и с применением цифровых технологий при решении профессиональных задач в учебно-методическом портале РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева sdo.timacad.ru; - передовой опыт в области эксплуатации теплотехнического оборудования с применением современных цифровых инструментов Fotor, SimInTech, Rutube и с применением цифровых технологий при решении профессиональных задач в учебно-методическом портале РГАУ-МСХА	на объёмы работ по капитальному и текущему ремонту теплотехнических систем и оборудования, в том числе посредством электронных ресурсов, официальных сайтов с требованиями стандартов с использованием современных цифровых инструментов (Google Jamboard, mts-link) и программных продуктов Excel, Word, PowerPoint, Pictochart и др., в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint) и применять для ускорения процесса передачи, обработки и интерпретации информации программные продукты Excel, Word, Power Point, Битрикс24,	PowerPoint, Pictochart, в том числе обработки и интерпретации информации с помощью современных программных продуктов Excel, Power Point и осуществлять коммуникации посредством Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube; - оформлять установленную документацию и составлять отчётность с применением цифровых технологий с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint, Pictochart, в том числе обработки и интерпретации информации с помощью современных программных продуктов Excel, Power Point и осуществлять коммуникации посредством Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube;	

№ п/п	Код компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетен- ций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знатъ	уметь	владеть
				имени К.А. Тимирязева sdo.timacad.ru; - правила по охране труда, производственной санитарии и пожарной безопасности с применением современных цифровых инструментов Fotor, SimInTech, Rutube и с применением цифровых технологий при решении профессиональных задач в учебно-методическом портале РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева sdo.timacad.ru	Webinar, Яндекс Телемост, Rutube; - организовывать проведение профилактических осмотров, текущего, среднего и капитального ремонта оборудования , в том числе посредством электронных ресурсов, официальных сайтов с требованиями стандартов с использованием современных цифровых инструментов (Google Jamboard, mts-link) и программных продуктов Excel, Word, PowerPoint, Pictochart и др., в том числе с использованием информационных технологий, в том числе с помощью современных программных продуктов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint) и применять для ускорения процесса передачи, обработки и интерпретации	лемост, Meanchart, Rutube; - контролировать монтаж теплотехнических систем при ремонте, после проведения ремонтно-монтажных работ, вносить поправки и изменения в паспорта и соответствующую техническую документацию с применением цифровых технологий с помощью программных продуктов MS Office: Word, Excel, PowerPoint, Pictochart, в том числе обработки и интерпретации информации с помощью современных программных продуктов Excel, Power Point и осуществлять коммуникации посредством Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube

№ п/п	Код компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетен- ций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
					ции информации про- граммные продукты Excel, Word, Power Point, Битрикс24, Webinar, Яндекс Теле- мост, Rutube; - анализировать случаи отказов и нарушений в работе объектов тепло- технического обеспече- ния и принимать меры по их предупреждению, в том числе посред- ством электронных ре- сурсов, официальных сайтов с требованиями стандартов с использо- ванием современных цифровых инструмен- тов (Google Jamboard, mts-link) и програм- мных продуктов Excel, Word, PowerPoint, Pictochart и др., в том числе с использованием информационных тех- нологий, в том числе с помощью современных программныхproduk- тов (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel,	

№ п/п	Код компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетен- ций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
					PowerPoint) и приме- нять для ускорения процесса передачи, об- работки и интерпрета- ции информации про- граммные продукты Excel, Word, Power Point, Битрикс24, Webinar, Яндекс Теле- мост, Rutube	

## 4. Структура и содержание дисциплины

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

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. (144 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице 2.

Таблица 2

#### Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в семестре

Вид учебной работы	Трудоёмкость, час.
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>144</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>62,35</b>
<b>Аудиторная работа</b>	<b>62,35</b>
<i>в том числе:</i>	
лекции (Л)	30
практические занятия (ПЗ)	30
курсовая работа (КР) (консультация, защита)	2
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,35
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>81,65</b>
курсовая работа (КР) (подготовка)	25
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям и т.д.)	46,65
Подготовка к зачёту с оценкой (контроль)	10
Вид промежуточного контроля:	зачёт с оценкой

## 4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

#### Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	КРА	
<b>Раздел 1. Особенности и условия работы, основные понятия и определения в области надежности теплоэнергетических систем</b>	21,5	10	4		9,5
<b>Раздел 2. Отказы теплоэнергетических систем и их элементов</b>	23,5	4	10		9,5
<b>Раздел 3. Методы расчета надежности теплоэнергетических систем</b>	23,5	6	8		9,5
<b>Раздел 4. Обеспечение надежности на этапах проектирования и изготовления оборудования теплоэнергетических систем</b>	21,5	6	4		9,5
<b>Раздел 5. Обеспечение надежности при эксплуатации оборудования теплоэнергетических систем</b>	16,65	4	4		8,65
<i>Курсовая работа (КР) (консультация, защита)</i>	2			2	

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	КРА	
<i>Курсовая работа (КР) (подготовка)</i>	25				25
<i>Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,35			0,35	-
<i>Подготовка к зачёту с оценкой (контроль)</i>	10				10
<b>Всего за 4 семестр</b>	<b>144</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>2,35</b>	<b>81,65</b>
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>144</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>2,35</b>	<b>81,65</b>

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

### **Тема 1. Общие принципы построения систем дистанционного зондирования Земли**

Основные задачи систем и средств дистанционного зондирования Земли. История развития систем дистанционного зондирования Земли. Примеры прикладного использования данных систем ДЗЗ для решения народнохозяйственных задач. Достоинства и недостатки дистанционного зондирования сельскохозяйственных угодий (полей, лесов, садоводческих и рыбоводческих хозяйств и т.д.) при использовании различных носителей: спутниковые системы, пилотируемые летательные аппараты, беспилотные летательные аппараты.

### **Тема 2. 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 3. Основные показатели надежности для систем теплоэнергоснабжения и анализ надежности теплоэнергетического оборудования методами теории вероятностей**

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

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, гисто-

граммма, 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**

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.

#### **Тема 5. Использование метода статистических испытаний для определения показателей надежности энергетических объектов и количественные показатели надежности. Классификация отказов и причины их возникновения**

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

Коэффициент готовности. Коэффициент технического использования. Коэффициент оперативной готовности. Коэффициент обеспечения заданного отпуска энергии. Коэффициент обеспечения максимально возможного отпуска энергии. Безотказность. Долговечность. Ремонтопригодность. 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 устранимые и неизбежные. Типовая инструкция по предупреждению и ликвидации аварий систем теплоэнергоснабжения.

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

#### **Тема 6. Отказы котельных агрегатов и их элементов, в работе турбин и в работе ядерной реакторной установки (ЯРУ). Отказы вспомогательного оборудования систем теплоэнергоснабжения**

Наиболее повреждаемые элементы котельных агрегатов. Влияние отложений на работу поверхностей нагрева. Влияние коррозийных процессов на работу элементов котельного агрегата. Причины образования свищ 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.

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.

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 7. 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 8. 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 9. 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 10. 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 11. 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 отпуска теплоты от АЭС с двумя энергоблоками; схема и граф состояний отпуска промышленного пара.

### **Тема 12. Обеспечение надежности при проектировании оборудования**

Прогнозирование и выбор показателей надежности: факторы, учитывающиеся 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.

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

### **Тема 13. Обеспечение надежности при изготовлении оборудования действующих ТЭС, ТЭЦ и АЭС**

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 развалицовка. Контроль и испытания при изготовлении оборудования: несовершенство традиционных методов контроля; методы неразрушающего контроля; стендовые испытания.

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.

ского 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 14. Обеспечение надежности оборудования, работающего в маневренных режимах. Ущерб от недоотпуска и снижения качества электрической и тепловой энергии**

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

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
1.	<b>Раздел 1. Особенности и условия работы, основные понятия и определения в области надежности теплоэнергетических систем</b>				<b>14</b>
	<b>Тема 1</b> <i>Общие принципы построения систем дистанционного зондирования Земли</i>	<b>Лекция № 1</b> Методы и средства дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) для мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий	ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2); ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3)	Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube (sdo.timacad.ru)	2
	<b>Тема 2</b> <i>Особенности и условия работы теплоэнергетических систем</i>	<b>Лекция № 2</b> Особенности и условия работы теплоэнергетических систем	ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2); ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3)	Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube (sdo.timacad.ru)	2
	<b>Тема 3</b> <i>Основные показатели надежности для систем теплоэнергоснабжения и анализ надежности теплоэнергетиче-</i>	<b>Лекция № 3</b> Основные показатели надежности для систем теплоэнергоснабжения	ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2); ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3)	Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube (sdo.timacad.ru)	2
		<b>Практическое занятие № 1</b>		Защита практи- ки	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол- во часов
	<i>ского оборудования методами теории вероятностей</i>	Изучение примеров использо- вания элементов теории вероятностей в анализе надежности теплоэнергети- ческого оборудования (расчет и представление результатов с использованием информа- ционных технологий в рабо- чей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))		тической рабо- ты № 1 (реше- ние задач Of- fice: Word, Ex- cel) (sdo.timacad.ru)	
	<b>Тема 4</b> <i>Законы распределе- ния случайных величин. Расчет вер- оятности состояния восстанавли- ваемого элемента</i>	<b>Лекция № 4</b> Законы распределения слу- чайных величин. Расчет вер- оятности состояния восста- навливаемого элемента	ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2); ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3)	Webinar, Яндекс Теле- мост, Meanchart, Rutube (sdo.timacad.ru)	2
	<b>Тема 5</b> <i>Использование ме- тода статистиче- ских испытаний для определения пока- зателей надежно- сти энергетиче- ских объектов и количественные показатели надеж- ности. Классифи- кация отказов и причины их возник- новения</i>	<b>Лекция № 5</b> Использование метода стати- стических испытаний для определения показателей надежности энергетических объектов <b>Практическое занятие № 2</b> Изучение классификации аварий и отказов технических систем (расчет и представле- ние результатов с использо- ванием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))	ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2); ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3)	Webinar, Яндекс Теле- мост, Meanchart, Rutube (sdo.timacad.ru)	2
				Защита прак- тической рабо- ты № 2 (реше- ние задач Of- fice: Word, Ex- cel) (sdo.timacad.ru)	2
2.	<b>Раздел 2. Отказы теплоэнергетических систем и их элементов</b>				<b>14</b>
	<b>Тема 6</b> <i>Отказы котельных агрегатов и их эле- ментов, в работе турбин и в работе ядерной реактор- ной установки (ЯРУ). Отказы вспомогательного оборудования си- стем теплоэнерго- снабжения</i>	<b>Лекция № 6</b> Отказы теплоэнергетических систем и их элементов	ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2); ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3)	Webinar, Яндекс Теле- мост, Meanchart, Rutube (sdo.timacad.ru)	2
		<b>Практическое занятие № 3</b> Изучение порядка расследо- вания причин аварий и отка- зов (расчет и представление результатов с использова- нием информационных техно- логий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))		Защита прак- тической рабо- ты № 3 (реше- ние задач Of- fice: Word, Ex- cel) (sdo.timacad.ru)	2
		<b>Практическое занятие № 4</b>		Защита прак-	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол- во часов
		Учет аварий и отказов в работе теплоэнергетических систем (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))		тической работы № 4 (решение задач Office: Word, Excel) (sdo.timacad.ru)	
	<b>Тема 7</b> <i>Анализ работы тепломеханического оборудования</i>	<b>Лекция № 7</b> Расчет надежности структурных схем систем теплоэнергоснабжения	ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2); ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3)	Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube (sdo.timacad.ru)	2
		<b>Практическое занятие № 5</b> Изучение общих принципов расчета надежности структурных схем (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))		Защита практической работы № 7 (решение задач Office: Word, Excel) (sdo.timacad.ru)	2
		<b>Практическое занятие № 6</b> Изучение общих принципов построения дерева отказов в процедуре расчета надежности структурных схем систем (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))		Защита практической работы № 8 (решение задач Office: Word, Excel) (sdo.timacad.ru)	2
		<b>Практическое занятие № 7</b> Качественная, количественная и вероятностная оценка дерева отказов (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))		Защита практической работы № 9 (решение задач Office: Word, Excel) (sdo.timacad.ru)	2
3.	<b>Раздел 3. Методы расчета надежности теплоэнергетических систем</b>				<b>14</b>
	<b>Тема 8</b> <i>Тепловые, функциональные и структурные схемы си-</i>	<b>Лекция № 8</b> Принцип разработки принципиальной тепловой схемы ТЭС, ТЭЦ и АЭС	ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2); ПКос-3	Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart,	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол- во часов
	<i>систем теплоэнергоснабжения</i>		(ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3)	Rutube (sdo.timacad.ru)	
		<b>Практическое занятие № 8</b> Изучение принципов разработки принципиальных схем ТЭС, ТЭЦ и АЭС (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))		Защита практической работы № 5 (решение задач Office: Word, Excel) (sdo.timacad.ru)	2
		<b>Практическое занятие № 9</b> Изучение принципов разработки функциональных и структурных (логических) схем ТЭС, ТЭЦ и АЭС (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))		Защита практической работы № 6 (решение задач Office: Word, Excel) (sdo.timacad.ru)	2
	<b>Тема 9</b> <i>Расчет надежности структурных схем систем теплоэнергоснабжения</i>	<b>Лекция № 9</b> Статистические и аналитические методы расчета надежности структурных схем систем теплоэнергоснабжения. Этапы расчета надежности структурных схем	ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2); ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3)	Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube (sdo.timacad.ru)	2
		<b>Практическое занятие № 10</b> Расчет надежности систем с последовательным и параллельным соединением элементов (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))		Защита практической работы № 11 (решение задач Office: Word, Excel) (sdo.timacad.ru)	2
	<b>Тема 10</b> <i>Использование аналитических методов расчета надежности структурных схем</i>	<b>Лекция № 10</b> Аналитические методы расчета надежности структурных схем систем теплоэнергоснабжения	ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2); ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2,	Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube (sdo.timacad.ru)	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол- во часов
	<i>систем теплоэнергоснабжения</i>	<b>Практическое занятие № 11</b> Структурно-логический анализ надежности (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))	ПКос-3.3)	Защита практической работы № 10 (решение задач Office: Word, Excel) (sdo.timacad.ru)	2
4.	<b>Раздел 4. Обеспечение надежности на этапах проектирования и изготовления оборудования теплоэнергетических систем</b>				<b>10</b>
	<b>Тема 11</b> <i>Влияние свойств надежности на параметры и характеристики проектируемого оборудования</i>	<b>Лекция № 11</b> Учет надежности в технико-экономических расчетах. Обеспечение надежности при проектировании оборудования	ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2); ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3)	Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube (sdo.timacad.ru)	2
		<b>Практическое занятие № 12</b> Анализ структурной схемы надежности технической системы (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))		Защита практической работы № 12 (решение задач Office: Word, Excel) (sdo.timacad.ru)	2
		<b>Практическое занятие № 13</b> Построение схем тепловых сетей с учетом надежности теплоснабжения (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))		Защита практической работы № 13 (решение задач Office: Word, Excel) (sdo.timacad.ru)	2
		<b>Лекция № 13</b> Количественная оценка показателей надежности нерезервируемых и резервируемых газовых сетей. Количественная оценка показателей надежности тепловых сетей	ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2); ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3)	Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube (sdo.timacad.ru)	2
	<b>Тема 12</b> <i>Обеспечение надежности при проектировании оборудования</i>	<b>Лекция № 14</b> Обеспечение надежности при изготовлении оборудования	ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2); ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3)	Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube (sdo.timacad.ru)	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол- во часов
5.	<b>Раздел 5. Обеспечение надежности при эксплуатации оборудования теплоэнергетических систем</b>				8
Тема 13 <i>Обеспечение надежности теплоэнергетического оборудования действующих ТЭС, ТЭЦ и АЭС</i>	<b>Лекция № 15</b> Обеспечение надежности теплоэнергетического оборудования действующих ТЭС, ТЭЦ и АЭС	ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2); ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3)	Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube (sdo.timacad.ru)	2	
	<b>Практическое занятие № 14</b> Расчет необходимого количества запасных частей (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))		Защита практической работы № 14 (решение задач Office: Word, Excel) (sdo.timacad.ru)	2	
Тема 14 <i>Обеспечение надежности оборудования, работающего в маневренных режимах. Ущерб от недоотпуска и снижения качества электрической и тепловой энергии</i>	<b>Лекция № 16</b> Маневренные режимы ТЭС и ТЭЦ, их причины и следствия. Долговечность оборудования, работающего в условиях малоцикловой усталости. Определение вероятности непоявления трещины малоцикловой усталости. Оценка исчерпания малоциклового ресурса и меры повышения надежности маневренного оборудования. Расчет ущерба от снижения качества электрической и тепловой энергии	ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2); ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3)	Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube (sdo.timacad.ru)	2	
	<b>Практическое занятие № 15</b> Расчет ущерба от недоотпуска и перерывов энергоснабжения потребителей (расчет и представление результатов с использованием информационных технологий в рабочей тетради (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))		Защита практической работы № 15 (решение задач Office: Word, Excel) (sdo.timacad.ru)	2	
			Тестирование (sdo.timacad.ru)		

Таблица 5

**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>		

<b>№ п/п</b>	<b>Название раздела, темы</b>	<b>Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения</b>
1.	<b>Тема 2</b> Основные показатели надежности для систем теплоэнергоснабжения и 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, ПКос-3.2, ПКос-3.3))
2.	<b>Тема 3</b> 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, ПКос-3.2, ПКос-3.3))
3.	<b>Тема 4</b> Использование метода статистических испытаний для определения показателей надежности энергетических объектов и количественные показатели надежности. Классификация отказов и причины их возникновения	Задачи метода статистических испытаний. Методика расчета показателей надежности. Коэффициенты: готовности, технического использования, оперативной готовности, обеспечения заданного отпуска энергии. Коэффициент обеспечения максимально возможного отпуска энергии. Отказы связанные: с качеством монтажных работ, с несоответствием эксплуатации проектным режимам, с ошибочными действиями эксплуатационного персонала, с качеством ремонтных работ и устраниемые и неизбежные (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2); ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3))
<b>Раздел 2 Отказы теплоэнергетических систем и их элементов</b>		
4.	<b>Тема 5</b> Отказы котельных агрегатов и их элементов, в работе турбин и в работе ядерной реакторной установки (ЯРУ). Отказы вспомогательного оборудования систем теплоэнергоснабжения	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. 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. Структура и причины отказов котельно-вспомогательного оборудования. Основные повреждения насосов, теплообменников, эжекторов, запорно-регулирующей арматуры. Причины повреждения

<b>№ п/п</b>	<b>Название раздела, темы</b>	<b>Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения</b>
		трубопроводов. Причины и последствия отказов автоматических систем регулирования и технологических защит (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2); ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3))
5.	<b>Тема 6</b> 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, ПКос-3.2, ПКос-3.3))
<b>Раздел 3 Методы расчета надежности теплоэнергетических систем</b>		
6.	<b>Тема 7</b> 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, ПКос-3.2, ПКос-3.3))
7.	<b>Тема 8</b> 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, ПКос-3.2, ПКос-3.3))
8.	<b>Тема 9</b> 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, ПКос-3.2, ПКос-3.3))
<b>Раздел 4 Обеспечение надежности на этапах проектирования и изготовления оборудования теплоэнергетических систем</b>		
9.	<b>Тема 10</b> 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; график состояний схемы «гибели и размножения». Выбор резерва в электроэнергетической системе: назначение и сущность резервов; оценка вероятности аварийных отказов; график состояний энергоустановки; график 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 график состояний отпуска промышленного пара (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2); ПКос-3

<b>№ п/п</b>	<b>Название раздела, темы</b>	<b>Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения</b>
		(ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3))
10.	<b>Тема 11</b> 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, ПКос-3.2, ПКос-3.3))
<b>Раздел 5 Обеспечение надежности при эксплуатации оборудования теплоэнергетических систем</b>		
11.	<b>Тема 12</b> Обеспечение надежности при изготовлении оборудования действующих ТЭС, ТЭЦ и АЭС	Направления и сущность работ по обеспечению надежности при изготовлении и монтаже оборудования теплоэнергетических систем. Роль АСУ и АСУ ТП. Нормативные показатели надежности АСУ и АСУ ТП. Действие персонала ТЭС, ТЭЦ и АЭС в экстремальных условиях (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2); ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3))
12.	<b>Тема 13</b> Обеспечение надежности оборудования, работающего в маневренных режимах. Ущерб от недоотпуска и снижения качества электрической и тепловой энергии	Маневренные режимы ТЭС и ТЭЦ, их причины и следствия. Долговечность оборудования, работающего в условиях малоцикловой усталости. Определение вероятности появления трещины малоцикловой усталости. Оценка исчерпания малоциклового ресурса и меры повышения надежности маневренного оборудования (ПКос-2 (ПКос-2.1, ПКос-2.2); ПКос-3 (ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3))

## 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 с оценкой.
- *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 лекциям 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 техноло- гий
1.	<b>Тема 1</b> <i>Общие принципы построения систем дистанционного зондирования Земли</i>	Л	Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов
2.	<b>Тема 2</b> <i>Особенности и условия работы теплоэнергетических систем</i>	Л	Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов
3.	<b>Тема 3</b> <i>Основные показатели надежности для систем теплоэнергоснабжения и анализ надежности теплоэнергетического оборудования методами теории вероятностей</i>	Л	Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
4.	<b>Тема 4</b> <i>Законы распределения случайных величин. Расчет вероятности состояния восстанавливаемого элемента</i>	Л	Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов
5.	<b>Тема 5</b> <i>Использование метода статистических испытаний для определения показателей надежности энергетических объектов и количественные показатели надежности. Классификация отказов и причины их возникновения</i>	Л	Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
6.	<b>Тема 6</b> <i>Отказы котельных агрегатов и их элементов, в работе турбин и в работе ядерной реакторной установки (ЯРУ). Отказы вспомогательного оборудования систем теплоэнергоснабжения</i>	Л	Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
7.	<b>Тема 7</b> <i>Анализ работы тепломеханического оборудования</i>	Л	Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работка сту-

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	
		дентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))	
8.	<b>Тема 8</b> <i>Тепловые, функциональные и структурные схемы систем теплоэнергоснабжения</i>	Л	Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
9.	<b>Тема 9</b> <i>Расчет надежности структурных схем систем теплоэнергоснабжения</i>	Л	Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
10.	<b>Тема 10</b> <i>Использование аналитических методов расчета надежности структурных схем систем теплоэнергоснабжения</i>	Л	Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
11.	<b>Тема 11</b> <i>Влияние свойств надежности на параметры и характеристики проектируемого оборудования</i>	Л	Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))
12.	<b>Тема 12</b> <i>Обеспечение надежности при проектировании оборудования</i>	Л	Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов
13.	<b>Тема 13</b> <i>Обеспечение надежности теплоэнергетического оборудования действующих ТЭС, ТЭЦ и АЭС</i>	Л	Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, элек-

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	
		тронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))	
14.	<b>Тема 14</b> <i>Обеспечение надежности оборудования, работающего в маневренных режимах. Ущерб от недоотпуска и снижения качества электрической и тепловой энергии</i>	Л	Проблемная лекция. Иллюстрация слайд-презентаций. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов
		ПЗ	Бригадно-практический метод. Информационные и коммуникационные технологии (работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами, с современными программными продуктами (Mathcad, Matlab, MS Office: Word, Excel, PowerPoint))

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

**ЗАДАНИЕ:** предоставить в рабочей тетради Microsoft Excel, Word, PowerPoint. на учебно-методическом портале РГАУ-МСХА <https://sdo.timacad.ru/>

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 приведен ниже.

#### **Примерные 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.
7. 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.

### 6.1.2. Тематика примерных задач

**ЗАДАНИЕ:** представить результаты в таблице Microsoft Excel, Word, PowerPoint на учебно-методическом портале РГАУ-МСХА <https://sdo.timacad.ru/>.

**Задача 1.** Промышленное предприятие в течение года потребляет: природного газа  $V_{\text{н газа}} = 20 \cdot 10^6 \text{ нм}^3$  ( $Q_{\text{н газа}}^{\text{p}} = 7950 \text{ ккал/нм}^3$ ), мазута  $V_{\text{н мазута}} = 16 \cdot$

$10^6$  т ( $Q_{\text{н мазута}}^{\text{P}} = 10\ 000$  ккал/кг),  $B_{\text{н угля}} = 9 \cdot 10^4$  т ( $Q_{\text{н мазута}}^{\text{P}} = 4500$  ккал/кг). Определите потребности предприятия в первичном топливе.

**Задача 2.** На технологию и выработку тепловой и электрической энергии на собственной ТЭЦ предприятие использует мазут ( $Q_{\text{н мазута}}^{\text{P}} = 121000$  ккал/кг). Дополнительное потребление электроэнергии предприятием составляет  $\mathcal{E}_{\text{ao}} = 80 \cdot 10^6$  (кВт·ч)/год. Потребление мазута на технологию составляет  $B_{\text{н мазута}} = 400$  т/год. ТЭЦ вырабатывает  $Q = 50 \cdot 10^3$  Гкал/год тепловой энергии с удельным расходом условного топлива  $b_{\text{тг}} = 320$  г у.т./(кВт·ч) и  $\mathcal{E} = 20 \cdot 10^6$  (кВт·ч)/год с удельным расходом условного топлива  $b_{\text{э}} = 320$  г у.т./(кВт·ч). Определите годовое потребление предприятием энергии в условном топливе.

### 6.1.3. Пример тестирования

**ЗАДАНИЕ:** выполняется на учебно-методическом портале РГАУ-МСХА <https://sdo.timacad.ru/>

Необходимо для оценки текущей успеваемости и усвоенности 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, ПКос-3.2, ПКос-3.3)).

**Особенности и условия работы, основные понятия и определения в области надежности теплоэнергетических систем. Отказы теплоэнергетических систем и их элементов. Вариант № 1 (фрагмент)**

**1. Надежность, это:**

1. совокупность свойств, определяющих степень пригодности технического устройства для использования по назначению;
2. способность технического устройства противостоять крупным возмущениям, исключающая процесс развития аварий и поломку оборудования;
3. комплексный показатель, определяющий свойства технических устройств (систем) длительно сохранять и устойчиво воспроизводить в процессе эксплуатации рабочие характеристики и параметры;
4. свойство технического устройства сохранять работоспособность в течение некоторого промежутка времени или вплоть до выполнения определенного объема работы без вынужденных перерывов (например, на ремонт).

**2. Случайная величина, это:**

1. величина, изменяющаяся по неизвестному закону;
2. величина, которая может принимать то или иное известное значение;
3. величина, которая может принимать то или заранее неизвестное значение.

**3. Закон распределения случайных величин, это:**

1. соотношение, устанавливающее связь между значением случайных величин и вероятностью их появления;
2. совокупность случайных величин, расположенных в возрастающем порядке, с указанием вероятности их распределения;

3. совокупность случайных величин, расположенных в убывающем порядке, с указанием вероятности их распределения.

*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)*

**4. Назначение принципиальной тепловой схемы (ПТС) теплоэнергетической системы:**

1. определение сущности технологического процесса преобразования тепловой энергии в электрическую, с установлением основных связей по теплоносителю, объединяющему в единую установку основное и вспомогательное оборудование пароводяного тракта, участвующего в процессе преобразования энергии;

2. определение количества и типоразмеров основного и вспомогательного оборудования, арматуры, байпасных линий, пусковых и аварийных систем, обеспечивающих превращение тепловой энергии в электрическую;

3. установление логических связей совокупности элементов, позволяющих определить такое количество или такую комбинацию отказавших элементов схемы, которые приводят к отказу всей системы;

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).

**5. Статистический метод расчета надежности структурных схем систем теплоэнергоснабжения основан на:**

1. расчете по известным характеристикам надежности элементов и функционально-структурным схемам;

2. обработке статистических данных по их эксплуатации;

3. изучении функционального назначения систем энергоснабжения, разработке их функционально-структурных схем и моделировании процессов изменения состояний.

**6. Характеристика дерева отказов:**

1. логическая графологическая иерархическая схема, представляющая собой связь событий отказа системы с отказами элементов;

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;

3. на нижнем уровне располагаются события отказов элементов.

#### **6.1.4. Примерная тематика курсовых работ по дисциплине «Надежность теплоэнергетических систем»**

**ЗАДАНИЕ:** представлено на учебно-методическом портале РГАУ-МСХА <https://sdo.timacad.ru/>

Курсовая работа по дисциплине «Надежность теплоэнергетических систем» выполняется на тему «Оценка надежности теплоэнергетической системы

на базе паровой (водогрейной) котельной» и должна содержать расчетно-пояснительную записку и графическую часть.

Вариант исходных данных и номер тепловой схемы рассчитываемой теплоэнергетической системы выбираются согласно последней цифре шифра (номера зачетной книжки) студента.

#### **6.1.5. Перечень вопросов, выносимых на зачет с оценкой по дисциплине**

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

- 1.1. Чем определяются используемые диапазоны электромагнитного спектра?
- 1.2. Чем определяется потенциальная пространственная разрешающая способность оптико-электронных систем ДЗЗ?
- 1.3. Назовите основные элементы наземного и орбитального сегментов системы ДЗЗ.
- 1.4. Какие способы передачи данных ДЗЗ на Землю выделяют?
- 1.5. Какие форматы данных в основном применяют в дистанционном зондировании?
- 1.6. Какие требования выделяют для программных решений в области дистанционного зондирования Земли?
- 1.7. Назовите этапы первичной обработки данных ДЗЗ.
- 1.8. Надежность технических устройств (и энергетических систем).
- 1.9. Определения и сущность понятий: система, элемент, объект.
- 1.10. Отказы в процессе эксплуатации систем или их элементов.
- 1.11. Безотказность в процессе эксплуатации систем или их элементов.
- 1.12. Аварии в процессе эксплуатации систем или их элементов.
- 1.13. Ремонтопригодность систем или их элементов.
- 1.14. Долговечность систем или их элементов.
- 1.15. Количественные показатели надежности: коэффициент готовности, коэффициент технического использования, коэффициент оперативной готовности.
- 1.16. Количественные показатели надежности: коэффициент обеспечения заданного отпуска энергии, коэффициент обеспечения максимально возможного отпуска энергии, коэффициент недоотпуска энергии.
- 1.17. Количественные показатели надежности: безотказность, долговечность, ремонтопригодность.
- 1.18. Классификация ремонтов.
- 1.19. Физический и моральный износ.
- 1.20. Признаки отказа.
- 1.21. Отказы, связанные с недостатками конструкции и ошибками проектирования.
- 1.22. Отказы, связанные с дефектами изготовления.
- 1.23. Отказы, связанные с качеством монтажных работ.
- 1.24. Отказы, связанные с несоответствием эксплуатации проектным режимам.

1.25. Отказы, связанные с ошибочными действиями эксплуатационного персонала.

1.26. Отказы, связанные с качеством ремонтных работ.

1.27. Отказы устранимые 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 изготавляемого 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 изготавляемого оборудования.
- 4.22. Магнитопорошковая дефектоскопия качества изготавляемого оборудования.
- 4.23. Дефектоскопия качества изготавляемого 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 малоцикловой 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**

Критерии оценки знаний устанавливаются в соответствии с требованиями к профессиональной подготовке, исходя из действующих учебных планов и программ с учетом характера конкретной дисциплины, а также будущей практической деятельности выпускника.

Для допуска к зачету с оценкой 2 курс 4 семестр необходимо: выполнить учебный план по дисциплине, включающий в себя посещение лекций, практических работ, индивидуальных задач и тестирования, а также выполнение курсовой работы.

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине «Надежность теплоэнергетических систем» применяется традиционная система оценки текущего и промежуточного контроля освоения программы.

- 2 курс 4 семестр: зачет с оценкой.

Оценка текущей работы и промежуточный контроль студентов осуществляется на основе традиционной системы контроля и оценки успеваемости. Традиционная система контроля и оценки успеваемости студентов представлена критериями выставления оценок по четырехбалльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Таблица 7

#### Критерии оценивания защиты практических работ

Оценка	Критерии оценивания
практическая работа «зачтена»	практическая работа выполнена с соблюдением правил техники безопасности; практическая работа оформлена, выполнены все задания практическая работы. Студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы преподавателя, представил результаты в тексте в формате Word, шрифт TimesNewRoman 14, листы формат А4
практическая работа «незачтена»	практическая работа выполнена с соблюдением правил техники безопасности; практическая работа оформлена, но в ее оформлении содержатся грубые ошибки. Студент ответил на контрольные вопросы преподавателя с ошибками или вообще не ответил на контрольные вопросы, не представил результаты в тексте в формате Word, шрифт TimesNewRoman 14, листы формат А4

Таблица 8

#### Критерии оценивания индивидуальных задач

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5»	«отлично» – студент самостоятельно и в полном объеме выполнил индивидуальные задачи; логично, последовательно и аргументировано изложил ход решения поставленной перед ним задачи
Средний уровень «4»	«хорошо» – студент самостоятельно и в полном объеме выполнил индивидуальные задачи; логично, последовательно и аргументировано изложил ход решения поставленной перед ним задачи, но в решении имеются незначительные ошибки и неточности
Пороговый уровень «3»	«удовлетворительно» – студент самостоятельно и в полном объеме выполнил индивидуальные задачи; однако в решении имеются ошибки и неточности, отсутствует пояснения методики решения, небрежное оформление работы
Минимальный уровень «2»	«неудовлетворительно» – студент не выполнил индивидуальные задачи

Таблица 9

#### Критерии оценивания письменного и устного опроса

Оценка	Критерии оценивания
«зачтено»	- заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и логически правильно излагающий теоретический материал, не допускающий существенных неточностей в ответе на вопрос; владеющий терминологией и символикой изучаемой дисциплины при изложении материала. Студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы преподавателя, представил результаты тестирования на учебно-методическом портале sdo.timacad
«незачтено»	- заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал; не показал правильного понимания существа вопросов; не знает значительной части основного материала; допускает принципи-

Оценка	Критерии оценивания
	альные ошибки; основная литература по проблемам курса не усвоена, практические навыки не сформированы. Студент ответил на контрольные вопросы преподавателя с ошибками или вообще не ответил на контрольные вопросы, не представил результаты тестирования на учебно-методическом портале sdo.timacad

Важным элементом формирования компетенций в рамках изучаемой дисциплины «Проектирование теплоэнергетических систем» является выполнение курсового проекта, задание на который по приведенной выше по тематике выдается студентам на 1 – 2 неделе учебного семестра. Курсовой проект не может быть принят и подлежит доработке в следующих случаях: отсутствие в проекте 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 КП являются обязательным элементом, влияющим на допуск к экзамену по дисциплине.

Для оценки выполнения курсового проекта используется традиционная система с критериями, сформулированными в нижеприведенной таблице 10.

Таблица 10  
**Критерии оценивания курсовой работы**

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	«Отлично» - 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)	«Хорошо» - 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)	«Удовлетворительно» - 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)	«Неудовлетворительно» - студент не выполнил КР

Таблица 11  
**Критерии оценивания результатов итогового контроля  
(зачет с оценкой)**

Оценка	Критерии оценки
Высокий уровень «5» (отлично)	«отлично» – студент излагает содержание вопроса логически верно, аргументировано, умеет делать выводы; правильно формулирует основные законы; знает и применяет основные формулы и расчетные зависимости; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы
Средний уровень «4» (хорошо)	«хорошо» – студент излагает содержание вопроса логически верно и по существу, умеет делать выводы и приводит примеры из прак-

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценки</b>
	тики, но допускает некоторые неточности и незначительные ошибки или описки, что в целом не вызывает сомнений в освоении дисциплины
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	«удовлетворительно» – студент не в полной мере владеет навыками логично и аргументировано излагать содержание материала, имеет общие знания основного содержания дисциплины без освоения некоторых существенных положений, допускает неточности и затрудняется в теоретических выводах, однако умеет применять знания и умения в практических работах, владеет навыками работы со справочной и учебной литературой, умеет пользоваться нормативными документами
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	«неудовлетворительно» – студент не освоил значительную часть содержания дисциплины; допускает существенные ошибки в изложении материала; практические навыки не сформированы; неумеет выделить главное и сделать выводы

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **7.1 Основная литература**

1. Магадеев, В.Ш. Промышленно-отопительные котельные: учебное пособие / В. Ш. Магадеев; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). — Электрон. текстовые дан. — Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2016. — 102 с.

2. Магадеев, В.Ш. Тепловой расчет котельных агрегатов: методические указания / В. Ш. Магадеев; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). — Электрон. текстовые дан. — Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2016. — 66 с.

3. Осмонов, О.М. Тепловые схемы энергетических установок и методы их расчета: методические указания / О. М. Осмонов, Ю. А. Канатников; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). — Электрон. текстовые дан. — Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2016. — 33 с.

4. 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>

5. Айзенберг, И. И. Надежность, живучесть и безопасность теплоэнергетических систем : учебное пособие / И. И. Айзенберг, Н. Е. Буйнов. — Иркутск : ИРНИТУ, 2021. — 224 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/400685> (дата обращения: 24.09.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **7.2 Дополнительная литература**

1. Малин, Николай Иванович. Термо-хладообработка и хранение сельскохозяйственных продуктов: учебное пособие / Н. И. Малин; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва).

— Электрон. текстовые дан. — Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2020. — 184 с.

2. Малин, Николай Иванович. Теплоснабжение предприятий АПК: учебно-методическое пособие / Н. И. Малин; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва), Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина, Кафедра теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий. — Электрон. текстовые дан. — Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2018. — 171 с.

3. Малин, Николай Иванович. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: практикум / Н. И. Малин; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва), Энергетический факультет, Кафедра «Теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий». — Электрон. текстовые дан. — Москва: Росинформагротех, 2018. — 185 с.

4. Малин, Николай Иванович. Энергосбережение в теплотехнологиях АПК: учебно-методическое пособие / Н. И. Малин; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва), Энергетический факультет, Кафедра «Теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий». — Электрон. текстовые дан. — Москва: Росинформагротех, 2018. — 123 с.

### **7.3 Нормативные правовые акты**

Не предусмотрены.

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

1. <https://portal.timacad.ru/> – учебно-методический портал (открытый доступ).
2. <http://e.lanbook.com/> Электронно-библиотечная система (открытый доступ).
3. База данных (БД) ВИНИТИ РАН (<http://www.viniti.ru>).
4. Государственная информационная система (ГИС) в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности (<https://gisee.ru>).
5. Единая информационная система «Технорматив» (<https://www.texnormativ.ru>).
6. Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru>).
7. Росинформресурс. Бюллетень «Топливно-энергетический комплекс Российской Федерации» (<http://www.rosinf.ru>).

### **Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Таблица 12

#### **Перечень программного обеспечения**

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1.	Раздел 1. Особенности и условия работы, основные понятия и опре-	Microsoft Office 365	Офисный пакет	Microsoft	2021

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
	деления в области надежности теплоэнергетических систем				
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	Microsoft Office 365	Офисный пакет	Microsoft	2021

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

Таблица 13

### **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
Лаборатории № 201 в корпусе по адресу: Лиственничная аллея, д. 6, 24 учебный корпус	Лаборатория содержит: 1) проектор NEC NP60 DLP 1024*768,300 для слайд-презентаций (Инв.№ 210134000002560); 2) проекционный экран с электроприводом Digis Electra 240*240 NW (DSEM-1106) (Инв.№ 410138000002636); 3) компьютер (Инв.№ 210134000001871)
Лаборатории № 214 в корпусе по адресу: Лиственничная аллея, д. 6, 24 учебный корпус	Лаборатория содержит: 1) экран Projecta SlimScreen 200*200 cv Matte White S настенный (Инв.№ 568938); 2) комплект из интерактивной доски Penbord 77 (стойка, проектор и доска) (Инв.№ 210134000001798); 3) доска настенная магнитно-меловая ДН-32М (Инв.№ 632954); 4) компьютер (Инв.№ 210134000001864); 5) теплосчетчик Multical UF (инв. № 210134000002443); 6) теплосчетчик ВИС.Т ТС-200 (инв. № 41013000001624)
Лаборатории № 314 в корпусе по адресу: Лиственничная аллея, д. 6, 24 учебный корпус	Лаборатория содержит: 1) экран настенный Projecta SlimScreen (Инв.№ 210134000002855); 2) проектор NEC NP60 DLP 1024*768,300 (Инв.№ 210134000002560); 3) доска настенная магнитно-меловая ДН-32М (Инв.№ 632955); 4) компьютер (Инв.№ 210134000001865)

\*Для самостоятельной работы студентов используются ресурсы Центральной научной библиотеки имени Н.И. Железнова, включающие 9 читальных залов, организованных по принципу открытого доступа и оснащенных Wi-Fi, Интернет-доступом, в том числе 5 компьютеризированных читальных залов, а также комнаты для самоподготовки в общежитиях № 5 и № 4.

## **10. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины**

Образовательный процесс по дисциплине «Надежность теплоэнергетических систем» организован в форме учебных занятий (контактная работа (аудиторной и внеаудиторной) обучающихся с преподавателем и самостоятельная работа обучающихся), в том числе с применением современных программных продуктов (AUTOCAD, КОМПАС, MS Office: Word, Excel, PowerPoint), цифровых платформ Webinar, Яндекс Телемост, Meanchart, Rutube ([sdo.timacad.ru](http://sdo.timacad.ru)) и цифровых инструментов (Kahoot, Moodle, SimInTech).

Учебные занятия представлены следующими видами, включая учебные занятия, направленные на практическую подготовку обучающихся и проведение текущего контроля успеваемости: лекции, практические занятия, тестирование, задачи, групповые консультации, самостоятельная работа обучающихся.

На учебных занятиях обучающиеся выполняют запланированные настоящей программой отдельные виды учебных работ, в том числе отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

При подготовке к практическому занятию студент должен повторить теоретический материал по лекции, а также по учебникам и учебным пособиям, рекомендуемым настоящей программой. На каждое практическое занятие и практическую работу студент должен иметь тетрадь, карандаш, линейку, циркуль, угольник, транспортир.

Студентам необходимо:

- внимательно ознакомиться с содержанием тематического плана, вывешиваемого на кафедре, и приведенным в нем списком рекомендуемой литературы;
- получить консультацию у преподавателя кафедры, ведущего дисциплину «Надежность теплоэнергетических систем», по всем возникающим учебно-методическим вопросам;
- используя методические пособия, приступить к изучению рекомендуемой литературы строго по темам дисциплины;
- прорабатывать каждую тему сразу после ее прочтения на лекции; приступить к выполнению КР сразу после получения задания;
- при выполнении КР ответить на все пункты содержания темы расчетно-графической работы;
- перед выполнением практических занятий ознакомиться с методическими указаниями по их выполнению;
- для допуска к зачету с оценкой студенту необходимо выполнить и успешно сдать отчеты по всем практическим занятиям, а также выполнить весь объем самостоятельной индивидуальной работы, защитить выполненную КР, при подготовке к зачету с оценкой руководствоваться вопросами, приведенными выше в данной рабочей программы.

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

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

Оформление практических занятий должно быть максимально приближено к уровню, на котором ведется экспериментальная научно-исследовательская работа в конкретной предметной области.

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, при необходимости – схемы рассматриваемой установки с указанием контрольно-измерительных приборов, расчетных формул, таблицы для записи опытных данных. На практических занятиях студент обязан обдуманно выполнять задания, анализировать полученные результаты.

Окончательно оформленные отчеты по практическим занятиям защищаются студентами в индивидуальном порядке в часы консультаций преподавателя в день выполнения практического занятия или в ближайшее время.

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

Студент, пропустивший лекцию, обязан самостоятельно проработать тему и представить преподавателю, проводящему данный вид занятия, конспект занятия. Студент, не посещавший или пропустивший большое число лекций, для допуска к зачету с оценкой должен самостоятельно изучить материалы на учебно-методическом портале (открытый доступ) по ссылке <https://portal.timacad.ru/>.

Студент, пропустивший практические занятия и задачи, отрабатывает его в согласованное с преподавателем время и выложить его на учебно-методическом портале (открытый доступ) по ссылке <https://portal.timacad.ru/>.

Студент получает допуск к зачету с оценкой если выполнены и защищены практические работы, задачи и пройденное тестирование и выполнение КР, а также имеется в наличии рукописный конспект лекций.

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

Наилучшей формой организации обучения по дисциплине «Надежность теплоэнергетических систем» представляется такая, при которой все виды предусмотренных учебным планом занятий (лекции, практические занятия и, задачи, тестирование, расчетно-графическая работа) образуют единый взаимосвязанный учебный процесс.

**Чтение лекций** является главным звеном учебного процесса. На лекциях излагается основное содержание курса, дается научная и методическая установка в изучении преподаваемой дисциплины. При условии своевременного закрепления лекционного материала в условиях обязательного текущего тестирования, при проведении групповых практических занятий, а также в процессе самостоятельного изучения разделов дисциплины и выполнения расчетно-графической работы, студенты являются на очередные лекции достаточно подготовленными для их прослушивания и усвоения.

Во время лекций демонстрация слайд-презентаций является предпочтительной. Поэтому от преподавателя требуется тщательная работа по методическому обеспечению таких занятий, включающая отбор необходимых фрагментов видеоматериалов и слайдов, подбор или самостоятельное изготовление иллюстраций и чертежей, проверка качества их демонстрации, количества затрачиваемого времени и т.д.

**Проведение практических занятий** (последние целесообразно проводить с подгруппой) также является, наряду с лекциями, важным элементом закрепления изучаемого материала и приобретения студентами практических навыков.

Перед проведением очередного практического занятия или очередной практической работы необходимо заранее предупредить студентов о теме будущего занятия, указать на необходимость самостоятельного ознакомления их с целью, общими положениями (теоретической частью), содержанием заданий по работе, последовательностью и методикой выполнения, с контрольными вопросами и заданиями (служащими для тестирования), подумать о выводах, которые необходимо сделать (при необходимости) в конце работы. Обязательно отметить, что на очередное занятие студент должен прийти с заранее подготовленной рабочей тетрадью по теме работы (т.е. с вписанными в нее теоретическими положениями, формулами и т.п.).

После выполнения и оформления в рабочей тетради практического занятия, необходимо представить ее на проверку преподавателю и пройти «защиту». Это позволяет студентам еще раз повторить и осмыслить пройденный материал, а преподавателю оценить степень усвоения пройденного студентами материала.

**Тестирование.** Текущее тестирование целесообразно проводить 2-3 раза в течение семестра. С его помощью проверяется усвоение студентами материала, пройденного за 6-8 недель. Эта проверка должна быть достаточно глубокой с тем, чтобы одновременно служить подготовкой к предстоящему зачету с оценкой.

По каждому тестируемому разделу дисциплины должно быть разработано несколько (минимум 20) вариантов тестовых заданий, с тем, чтобы близко сидящие студенты имели разные варианты.

При неудовлетворительных результатах тестирования студенты подвергаются тестированию повторно по другому варианту минимум через 1 день.

Важным методическим требованием анализа преподавателем результатов тестирования является своевременное (в том числе на этапе предзачетной консультации) ознакомление студентов с допущенными в нем ошибками.

**Выполнение индивидуальных задач**, направленных на развитие у студентов самостоятельности и инициативы и для формирования умений: решение задач по образцу и выполнение расчетов.

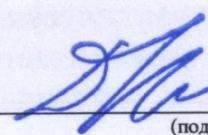
Индивидуальная форма организации самостоятельной работы студентов предусматривает обязательное личное выполнение индивидуальных задач студентов. Преподавателю необходимо тщательно прогнозировать содержание учебного материала, на основе которого составляются индивидуальные задачи для индивидуальной самостоятельной деятельности студентов.

Индивидуальные задачи вызывает личностное отношение студента к материалу, стимулирует его активность. Возрастает роль студента в определении содержания работы, выборе способов ее выполнения.

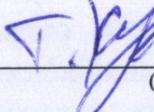
**Программу разработали:**

Нормов Д.А., д.т.н., профессор

Кукушкина Т.С., ассистент

  
(подпись)

«16» июня 2025 г.

  
(подпись)

«16» июня 2025 г.

**РЕЦЕНЗИЯ**  
**на рабочую программу дисциплины Б1.В.03.02 «Надежность теплоэнергетических систем» ОПОП ВО по направлению 13.04.01 – Теплоэнергетика и теплотехника**  
**направленность «Энергообеспечение предприятий»**  
**(квалификация выпускника – магистр)**

Андреевым Сергеем Андреевичем, доцентом кафедры «Автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», доктор технических наук (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «**Надежность теплоэнергетических систем**» ОПОП ВО по направлению 13.04.01 «**Теплоэнергетика и теплотехника**», направленность «**Энергообеспечение предприятий**» (квалификация выпускника – магистр), разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре «Электроснабжения и теплоэнергетики им. академика И.А. Будзко» в соответствии с Учебным планом по программе бакалавриата (разработчики – Нормов Дмитрий Александрович, профессор кафедры «Электроснабжения и теплоэнергетики им. академика И.А. Будзко», Кукушкина Татьяна Сергеевна, ассистент кафедры «Электроснабжения и теплоэнергетики им. академика И.А. Будзко»).

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 **13.04.01 – Теплоэнергетика и теплотехника**. 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 вариативной части учебного цикла – Б1.В.

3. Представленные в Программе цели дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления **13.04.01 – Теплоэнергетика и теплотехника**.

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «**Надежность теплоэнергетических систем**» закреплены следующая компетенции (индикаторы достижения компетенций): ПКос-2 (индикаторы компетенций ПКос-2.1, ПКос-2.2), ПКос-3 (индикаторы компетенций ПКос-3.1, ПКос-3.2, ПКос-3.3). 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 4 зачётные единицы (144 часа).

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 **13.04.01 – «Теплоэнергетика и теплотехника**» 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 «**Надежность теплоэнергетических систем**» предполагает проведение 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 **13.04.01 – Теплоэнергетика и теплотехника**.

11. Представленные и описанные в Программе формы текущей оценки знаний (выполнение практических занятий, выполнение и защита практических работ, участие в тести-

ровании и контрольных опросах, выполнение курсовой работы, работа с технической литературой), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме зачета и защиты КР, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины вариативной части учебного цикла – Б1.В ФГОС ВО направления 13.04.01 – «Теплоэнергетика и теплотехника».

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

13. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 4 источника, дополнительной литературой – 5 наименования. Интернет-ресурсы – 6 источников и соответствует требованиям ФГОС ВО направления 13.04.01 – Теплоэнергетика и теплотехника.

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

15. 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 13.04.01 – Теплоэнергетика и теплотехника, направленность «**Энергообеспечение предприятий**» (квалификация выпускника – магистр), разработанная профессором кафедры «Электроснабжения и теплоэнергетики им. академика И.А. Будзко», доктором технических наук Нормовым Д.А., ассистентом кафедры «Электроснабжения и теплоэнергетики им. академика И.А. Будзко» Кукушкиной Т.С. 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» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», доцент, доктор технических наук

(подпись)

«16» июня 2025 г.