

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

**УТВЕРЖДЕНА:**

на заседании кафедры теплоэнергетики  
Протокол №7 от 10 марта 2025 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**«НАДЕЖНОСТЬ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОБОРУДОВАНИЯ В  
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ / ENGINEERING MATERIAL»**

---

Направление: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

---

Технологии и инжиниринг в теплоэнергетике

---

Квалификация: Бакалавр

---

Форма обучения: очная

---

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.



## 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Надежность конструкционных материалов и оборудования в теплоэнергетике» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-4 Способность к контролю технического состояния, организации профилактических осмотров и ремонтов технологического оборудования	ПКС-4.8

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-4.8	Знает свойства конструкционных материалов, определяющих техническое состояние теплоэнергетического оборудования. Оценивает надежность и остаточный ресурс оборудования. Использует современные методы планирования и организации профилактических осмотров и ремонтов теплоэнергетического оборудования	<b>Знать</b> конструкционные материалы в теплоэнергетике и их свойства, способы контроля металлов, причины отказов теплоэнергетического оборудования. <b>Уметь</b> выполнять оценочные расчеты надежности схем энергоустановок и остаточный ресурс оборудования, планировать профилактические осмотры и ремонты теплоэнергетического оборудования. <b>Владеть</b> навыками выбора марки металла для элементов котельных и турбинных установок, навыками исследования свойств сталей.

## 2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Надежность конструкционных материалов и оборудования в теплоэнергетике» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Математика», «Парогенераторы»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Тепловые и атомные электростанции», «Эксплуатация парогенераторов», «Эксплуатация турбоустановок», «Производственная практика: эксплуатационная практика»

## 3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 5 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины	180	180

Аудиторные занятия, в том числе:	64	64
лекции	32	32
лабораторные работы	16	16
практические/семинарские занятия	16	16
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	80	80
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен	Экзамен

#### 4 Структура и содержание дисциплины

##### 4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

###### Семестр № 7

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля			
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)							
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
1	Основы теории вероятностей, комбинаторики и статистики при анализе надежности	1, 2	4			1	2	6, 7	4	Решение задач, Устный опрос			
2	Законы распределения случайной величины	3	2					6	2	Устный опрос			
3	Особенности работы теплоэнергетического оборудования ТЭС. Отказы и повреждения оборудования ТЭС	4, 5, 6	8			2, 3	4	1, 6	20	Устный опрос			
4	Основные понятия и определения надежности	7	2			4	2	6, 7	4	Решение задач			
5	Оценка эксплуатационной надежности оборудования	8	2					6	2	Тест, Устный опрос			
6	Методы аналитического расчета надежности ТЭС	9, 10	6			5	4	6, 7	6	Устный опрос, Решение задач			
7	Обеспечение надежности оборудования при проектировании,	11	2			6	2	6, 7	4	Устный опрос			

	изготовлении и эксплуатации									
8	Элементная надежность оборудования ТЭС	12	2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	16			2, 3, 4, 6	24	Устный опрос
9	Ущерб от снижения надежности энергооборудования ТЭС	13	2					6	2	Устный опрос, Тест
10	Оптимизация надежности энергооборудования ТЭС	14	2			7	2	5, 6	12	Устный опрос
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		32		16		16		116	

#### 4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

##### Семестр № 7

№	Тема	Краткое содержание
1	Основы теории вероятностей, комбинаторики и статистики при анализе надежности	Основы комбинаторики. Случайная величина. Функция распределения случайной величины. Параметры функции распределения случайной величины.
2	Законы распределения случайной величины	Основные параметры законов распределения случайной величины
3	Особенности работы теплоэнергетического оборудования ТЭС. Отказы и повреждения оборудования ТЭС. Введение, значение надежности как науки и практики. Состояние теплоэнергетического оборудования ТЭС к настоящему моменту. Классификация отказов. Отказы в работе котлов. Отказы в работе турбин.	Особенности работы теплоэнергетического оборудования ТЭС. Отказы и повреждения оборудования ТЭС. Введение, значение надежности как науки и практики. Состояние теплоэнергетического оборудования ТЭС к настоящему моменту. Классификация отказов. Отказы в работе котлов. Отказы в работе турбин.
4	Основные понятия и определения надежности	Показатели надежности технических устройств. Количественные показатели надежности, единичные и комплексные.
5	Оценка эксплуатационной надежности оборудования	Статистические методы обработки информации о надежности оборудования. Информационное обеспечение для расчета показателей надежности
6	Методы аналитического расчета надежности ТЭС	Структурные схемы при расчете надежности. Основы расчета надежности структурных схем. Аналитические методы расчета надежности ТЭС. Метод статистических испытаний.
7	Обеспечение надежности оборудования при проектировании, изготовлении и	Показатели надежности при проектировании. Обеспечение надежности на этапе проектирования. Обеспечение надежности на стадии изготовления. Техническое обслуживание и ремонт оборудования.

	эксплуатации	
8	Элементная надежность оборудования ТЭС	Основные причины отказов элементов. Долговечность оборудования. Оценка исчерпания ресурса элемента.
9	Ущерб от снижения надежности энергооборудования ТЭС	Показатели качества энергии. Ущерб от недоотпуска и перерывов энергоснабжения потребителей. Ущерб от снижения качества электрической и тепловой энергии.
10	Оптимизация надежности энергооборудования ТЭС	Цели и критерии оптимизация надежности энергооборудования ТЭС на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации.

#### 4.3 Перечень лабораторных работ

##### Семестр № 7

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Испытание образца стали на растяжение	2
2	Испытание образца стали на ударную вязкость	2
3	Испытание на твердость по Бринеллю	2
4	Микроанализ углеродистой стали	2
5	Стилоскопирование легированной стали	2
6	Проведение контроля магнитопорошковым методом	2
7	Проведение контроля УЗК – дефектоскопом	4

#### 4.4 Перечень практических занятий

##### Семестр № 7

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Комбинаторика и основы теории вероятности	2
2	Структурная надежность, структурные соединения элементов	2
3	Структурная схема ТЭС	2
4	Расчет показателей надежности	2
5	Расчет надежности тепловой схемы ТЭС	4
6	Расчет резервов в энергосистеме	2
7	Расчет эффективности при увеличении межремонтного периода на ТЭЦ	2

#### 4.5 Самостоятельная работа

##### Семестр № 7

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание реферата	18
2	Оформление отчетов по лабораторным и	8

	практическим работам	
3	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	8
4	Подготовка к сдаче и защите отчетов	6
5	Подготовка к экзамену	10
6	Проработка разделов теоретического материала	20
7	Решение специальных задач	10

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: работа в малых группах, геймификация, реверсивные лекции, интерактивные лекции

## **5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины**

### **5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

#### **5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям**

##### **1. Комбинаторика и основы теории вероятности**

При оценке надежности используются основы теории вероятности и элементы комбинаторики. На практическом занятии студенты будут решать задачи с использованием перестановки, размещения и сочетания, определят статистическую вероятность происхождения события.

##### **2. Структурная надежность, структурные соединения элементов.**

При расчете надежности сложных технических систем выделяются элементы и их соединения с точки зрения надежности. Деление на элементы и их соединения определяется конкретной задачей и детализацией системы. Соединения: последовательное и параллельное (резервирование).

##### **3. Структурная схема ТЭС.**

Построение структурной схемы ТЭС базируется на основе функциональной схемы, которая содержит всё основное и вспомогательное оборудование и трубопроводы. В данном практическом занятии в качестве функциональной схемы принята тепловая схема турбоустановки, рассматриваемая при выполнении курсового проекта «Паровые газовые турбины ТЭС и АЭС». После уточнения состава оборудования и расчетной мощности строится структурная схема энергоблока.

##### **4. Расчет показателей надежности**

При изучении темы студенты изучат расчет единичных и комплексных показателей надежности, определят вероятность отказа и безотказной работы, интенсивность и частоту отказов, коэффициенты готовности, оперативной готовности и технического использования.

##### **5. Расчет надежности тепловой схемы ТЭС.**

Расчет структурной надежности тепловой схемы ТЭС включает этапы:

представление функциональной схемы энергостановки;

построение структурной схемы после уточнения состава оборудования и расчетной мощности;

формирование исходной информации по надежности элементов тепловой схемы с учетом индивидуального задания;

для заданного состава информации по надежности элементов определяются

показатели надежности структурных узлов и ТЭС (энергоустановки) и целом.

## 6. Расчет резервов в энергосистеме.

Цель занятия: ознакомление с видами и назначением резервов электрической мощности в энергосистеме, оценка составляющих резервных мощностей, обеспечивающих надежность энергоснабжение потребителей.

По функциональному назначению полный резерв электрической мощности в энергосистеме подразделяется:

ремонтный резерв, обеспечивающий компенсацию снижения выработки электроэнергии

при проведении плановых ремонтов основного оборудования;

аварийный резерв служит для компенсации недоотпуска электроэнергии из-за отказов оборудования;

нагрузочный резерв, необходимый для обеспечения не планируемых повышений нагрузки в энергосистеме;

оперативный резерв предназначен для устранения небалансов электрической мощности в энергосистеме, а также перетоков между соседними энергосистемами.

## 7. Расчет эффективности при увеличении межремонтного периода на ТЭЦ.

Цель занятия: оценка эффективности увеличения межремонтного периода основного оборудования.

Последовательность проведения занятия:

1. Анализ возможностей увеличения межремонтного периода основного оборудования.

2. Анализ зависимостей методики расчета эффективности мероприятия.

3. Анализ исходной информации.

4. Выполнение расчетов эффективности по индивидуальному заданию.

5. Анализ результатов расчета.

### 5.1.2 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

#### 1. Испытание стали на растяжение.

Цель работы: определение следующих прочностных характеристик материала: прочности, текучести и пластичности.

Выполняется под руководством опытного мастера – наставника.

Производится на вертикальной машине типа 2038 Р-0,05. Машина предназначена для лабораторных испытаний на растяжение образцов. Измерение нагрузки на образце осуществляется с помощью тензорезисторного датчика, измерение перемещения активного захвата – фотоэлектрическим датчиком. На самописце-потенциометре записывается диаграмма «нагрузка-перемещение».

При растяжении образца в захватах испытательной машины записывающий прибор вычерчивает диаграмму растяжения, которая показывает зависимость деформации образца от растягивающей нагрузки.

По оси ординат откладывается нагрузка  $P_p$ , а по оси абсцисс — абсолютное удлинение образца:  $\Delta l$ :  $\Delta l = l_k - l_0$

Кривая испытания записывается в координатах нагрузка — деформация: по оси деформаций 1 мм соответствует 0,01 мм удлинения, а по оси нагрузок 1 мм соответствует 100 Н ~10 кгс; 1 кгс = 9,81 Н.

На самописце-потенциометре записывается диаграмма «нагрузка-перемещение».

При испытании на растяжение определяют следующие механические свойства металлов: предел пропорциональности, предел упругости, предел текучести, временное

сопротивление (предел прочности), истинное сопротивление разрыву, относительное удлинение после разрыва, относительное сужение после разрыва.

По результатам испытания оформляется отчет, в котором приводится диаграмма растяжения и полученные прочностные характеристики.

## 2. Испытание образца на ударную вязкость.

Цель работы: определение прочностной характеристики вязкости металла.

Выполняется под руководством опытного мастера – наставника.

Проводится на маятниковом копре.

Образец 8 устанавливают на двух опорах 9 надрезом внутрь станины 7. Маятник 6 с ножом 5 поднимают на определенную высоту (угол) и закрепляют защелкой 4.

Отпущеный маятник, разбивая образец, поднимается, и стрелка 3 шкалы 2 показывает угол его взлета. Останавливают маятник ремнем 10, натягивая последний рукояткой 1. По таблице определяют величину работы удара, затраченной на излом образца. На некоторых типах копров работа  $A_i$  определяется по дисковому указателю.

Ударная вязкость  $a_i$  (Дж/м<sup>2</sup> или кгс • м/см<sup>2</sup>) образца - отношение работы, затраченной на разрушение стандартного образца, к площади его поперечного сечения в месте надреза F:  $a_i = A_i / F$

По результатам испытаний оформляется отчет со схемой испытания и результатом расчета.

## 3. Испытание на твердость по Бринеллю.

Цель работы: определение прочностной характеристики твердости металла.

Выполняется под руководством опытного мастера – наставника.

Проводится электронным малогабаритным переносным программируемым твердометром ТЭМП-2.

1. Твердометр предназначен для экспрессного измерения твердости сталей, сплавов и их сварных соединений по шкалам Бринелля (HB), Роквелла (HRC), Шора (HSD), Виккерса (HV), а также определения предела прочности Rm по ГОСТ 22761-77 для углеродистых сталей перлитного класса.

2. Твердометр может быть использован в производственных и лабораторных условиях в машиностроении, металлургии, энергетике и других отраслях промышленности, а также в ремонтно-монтажных организациях. Объектами измерений могут быть крупногабаритные изделия, узлы и детали сложной формы, имеющие труднодоступные зоны измерений, в том числе: сосуды давления различного назначения.

3. Прибор может быть применен для оперативного контроля твердости деталей массового производства в цеховых условиях, например, для оценки стабильности технологических процессов: термической, химико-термической (цементации, азотирования, оксидирования), механической обработок, сварки, обработки давлением, поверхностного упрочнения и т.д.

Прибор можно использовать для диагностирования эксплуатируемого обо-рудования с целью оценки и продления его остаточного безопасного ресурса.

Порядок работы:

Перед проведением измерений твердости необходимо выполнить следующие операции:

1. Включить прибор нажатием кнопки «MOD» - 6 на дисплее прибора появится индикация;

2. Повторно нажав кнопку «Меню» переходим в режим выбора шкал твердости (HB, HRC, HSD, HV, Rm). Кнопками «◀▶» выбрать требуемую шкалу твердости.

3. Нажав кнопку «Меню» еще раз, переходим в режим выбора положения датчика (сверху вниз, горизонтально, снизу вверх) относительно поверхности измеряемого изделия.

Кнопками «◀▶» выбрать требуемую позицию датчика.

4. Нажав кнопку «Меню» еще раз, переходим в режим выбора режима подсветки («подсветка OFF» - подсветка выключена, «подсветка ON» - включена постоянно, «подсветка 15с» - включена на 15 сек. после последнего измерения твердости или после нажатия на любую из кнопок клавиатуры).  
Кнопками «◀▶» выбрать требуемый режим работы подсветки. По истечении 3-4 сек. индикация дисплея автоматически переходит в выбранный режим работы.
5. Если необходимо изменить только один из режимов, то последовательным нажатием кнопки «Меню», можно войти в искомый режим и внести требуемое изменение.
6. Нажать на кнопку «X» для стирания предыдущих результатов в буфере усреднения.
7. Толкателем плавно загрузить ударник с торцевой части датчика до защелкивания и вынуть толкатель из датчика.
8. Датчик установить нормально к испытуемой поверхности, плотно прижав его одной рукой, а другой - нажать на спусковую кнопку. После соударения ударника с контролируемой поверхностью на дисплее прибора появится результат измерения в единицах выбранной шкалы.

9. Среднее значение результатов измерений определяется нажатием кнопки «X» после чего все исходные для усреднения данные автоматически стираются. Каждый результат измерения (включая усредненные значения) может быть внесен в буфер памяти прибора нажатием кнопки «MEM». Кроме того, этой же кнопкой можно вывести из буфера памяти данные на дисплей прибора.

По результатам испытаний оформляется отчет с результатами измерений.

#### 4. Микроанализ углеродистой стали.

Цель работы: определение микроструктуры металла.

Выполняется под руководством опытного мастера – наставника.

Проводится с помощью оптического микроскопа с увеличением 150 раз, позволяющим наблюдать объект (шлиф) в отраженном свете. Образец металла, специально подготовленный для исследования его микроструктуры под микроскопом, называется микрошлифом. Микрошлифа готовят путем тонкого шлифования образцов исследуемого металла элемента энергооборудования с последующим травлением.

Цель травления заключается в том, чтобы путем различного воздействия на сплав искусственно вызвать в нем неодинаковое отражение света различными структурными составляющими или получить резкие границы, отделяющие одно зерно от другого. Низкоуглеродистые стали, широко используемые в элементах теплоэнергетических установок, имеют структуру перлита. Перлит представляет собой чередование зерен цементита и феррита, причем пластинки (зерна) цементита значительно тоньше и тверже, чем пластинки феррита.

После полирования и травления пластинки цементита, как более твердые и стойкие против травления, чем феррит, будут выступать на плоскости шлифа, образуя микрорельеф. Кроме того, в результате травления границы пластинок цементита будут вытравливаться сильнее и дадут углубления. В местах выступов и углублений, соответствующих границам зерен, падающие косые лучи света дадут под микроскопом тени, причем с одной стороны пластинки цементита тень будет видна в виде более темной и широкой полоски, а с другой – более узкой и слабой полоски.

По результатам лабораторной работы оформляется отчет с описанием структур различных металлов.

#### 5. Стилоскопирование легированной стали.

Цель работы: определение химического элементного состава металла.

Выполняется под руководством опытного мастера – наставника.

Переносной стилоскоп СЛП-1 служит для быстрого визуального качественного и полуколичественного анализа всех наиболее распространенных марок легированных сталей и цветных сплавов по их спектрам излучения, в основном по элементам Cr, Ni, W,

V, Zn, Fe, Pb, Sn, Al, Cu, Mg, Mo, Mn, Si методом спектрального анализа.

Анализ не сопровождается повреждением объекта, деталь после анализа может использоваться по назначению.

Принцип действия: между двумя электродами, одним из которых является анализируемый объект, а другим постоянный электрод стилоскопа, зажигается дуга, вследствие чего межэлектродный промежуток заполняется светящимися парами материала электродов и анализируемого объекта.

Лучи света от дуги направляются на спектральный аппарат через конденсатор и узкую щель.

Образующийся линейчатый спектр рассматривают при помощи окуляра и устанавливают присутствие в спектре характерных спектральных линий определяемых элементов.

Таким образом, с помощью стилоскопа производится качественный и полуколичественный анализ стали, позволяющий определить наличие и приближенно оценить количество легирующих элементов в стали. Сопоставление полученных результатов с химическим составом проектной марки стали позволяет оценить соответствие металла исследуемой детали требованиям проекта.

Качественный анализ проб основан на том, что каждый химический элемент имеет присущий только ему набор спектральных линий с определенными длинами волн.

Наличие или отсутствие в спектре линий того или иного элемента указывает на наличие или отсутствие этого элемента в анализируемой пробе.

При частичном качественном анализе нужно определить, присутствуют ли в анализируемой пробе один или несколько заранее заданных элементов, т.е. определить наличие в спектре линий, характерных для искомых элементов. При полном качественном анализе, когда требуется установить состав пробы, необходимо идентифицировать все линии спектра с линиями элементов, наличие которых возможно в данной пробе. Таким образом, в любом случае, для качественного анализа необходимо определять длины волн линий, имеющихся в спектре проб.

По результатам лабораторной работы составляется отчет, в котором приводятся химические составы исследованных металлов.

## 6. Проведение контроля магнитопорошковым методом

Цель работы: освоение одного из самых распространенных методов контроля сплошности поверхности металла детали.

Выполняется под руководством опытного мастера – наставника.

Тестирование магнитопорошковым методом представляет собой неразрушающий метод контроля, предназначенный для выявления дефектов на поверхности или непосредственно под поверхностью в сварных соединениях или основном металле элементов энергооборудования. Это быстрая и надежная техника выявления и нахождения поверхностных дефектов.

Метод МПД основан на способности ферромагнитных частиц, находящихся в магнитном поле, ориентироваться и скапливаться в местах наибольшей плотности магнитного потока в зоне расположения поверхностных и подповерхностных дефектов. В качестве индикатора используются магнитные порошки (сuspension), основой которых являются мелкие ферромагнитные частицы (обычно окись-закись железа черного цвета). Суспензии представляют собой взвеси порошка в жидкостях, например, в керосине.

Перед проведением МПД поверхность металла очищают от окалины, грязи и защищают до металлического блеска. При необходимости проводят обезжиривание поверхности, а иногда и окрашивание белой эмалью для лучшей визуальной оценки результатов контроля. Через материал пропускается магнитный поток. В месте дефекта образуется поле рассеяния, которое притягивает порошок (сuspension), нанесенную на поверхность. Длина трещины может быть определена с высокой степенью надежности.

По результатам лабораторной работы оформляется отчет, где приводится схема контроля

и рисунок дефекта

7. Проведение контроля УЗК – дефектоскопом

Цель работы: выявление трещины сварного стыка.

Выполняется под руководством опытного мастера – наставника.

Ультразвуковой эхо-дефектоскоп предназначен для обнаружения несплошностей и неоднородностей в изделии (расслоений, трещин, раковин, шлаковых включений), определения их координат в металлических изделиях и сварных швах, размеров и характера путем излучения импульсов ультразвуковых колебаний, приема и регистрации отраженных от неоднородностей эхо-сигналов. При контроле дефектоскопом сварных соединений угол ввода колебаний выбирают таким, чтобы расстояние от преобразователя до шва было возможно меньшим, а направление луча – возможно близким к нормали по отношению к сечению, в котором площадь ожидаемых дефектов максимальна.

По результатам работы выполняется отчет, в котором приводится рисунок расположения трещины и схема установки дефектоскопа.

### **5.1.3 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:**

Электронный курс: Надёжность энергооборудования ТЭС

<https://el.istu.edu/course/view.php?id=8068> (дата обращения 02.06.2025)

**6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине**

#### **6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля**

##### **6.1.1 семестр 7 | Устный опрос**

###### **Описание процедуры.**

Описание процедуры: проводится в виде устных тестов в начале очередной лекции. Это позволяет контролировать текущие знания обучающихся, своевременно устранять недостатки и подготовить к восприятию новой темы.

Процедура проведения устных опросов по всем темам одинаковая

Пример задания.

Тема 3. Особенности работы теплоэнергетического оборудования ТЭС. Отказы и повреждения оборудования ТЭС.

Вопрос. Основные виды и причины отказов котлов.

Пробелы в знаниях устраняются дополнительными пояснениями.

###### **Критерии оценивания.**

обучающиеся показывают знание учебного и нормативного материала.

##### **6.1.2 семестр 7 | Решение задач**

###### **Описание процедуры.**

Вариант 1 - новая тема.

Первым этапом является разбор примеров у доски преподавателем. Далее аналогичная задача дается студентам на самостоятельное решение. По истечению времени, необходимого для решения задачи, один из группы вызывается к доске для разбора задания.

Вариант 2 - закрепление материала

Каждому студенту выдается лист с 3 - 5 задачами своего варианта, преподаватель дает время на выполнение заданий, после чего забирает листы для проверки.

#### **Критерии оценивания.**

Оценивается правильность хода решения задачи и полученного ответа

#### **6.1.3 семестр 7 | Тест**

#### **Описание процедуры.**

Каждому студенту выдается лист с 10-15 вопросами (множественный выбор, открытые вопросы) своего варианта, преподаватель дает время на выполнение заданий, после чего забирает листы для проверки.

#### **Критерии оценивания.**

Оценивается правильность данных ответов.

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

##### **6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации**

<b>Индикатор достижения компетенции</b>	<b>Критерии оценивания</b>	<b>Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации</b>
ПКС-4.8	Демонстрирует способность учитывать свойства конструкционных материалов, оценивать надежность и остаточный ресурс теплоэнергетического оборудования, знает методы планирования и организации профилактических осмотров и ремонтов оборудования	Выполнение и защита практических заданий, выполнение и защита лабораторных работ, устное собеседование по экзаменационным билетам

##### **6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации**

###### **6.2.2.1 Семестр 7, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине**

###### **6.2.2.1.1 Описание процедуры**

Студентам выдается билет, состоящий из трех вопросов и задачи, и дается время на подготовку (не более 40 минут). Преподаватель проверяет конспект лекций, наличие реферата, заслушивает ответ студента по билету и задает дополнительные вопросы.

###### **Пример задания:**

## Билет №1

- 1.Математическое ожидание случайной величины.
- 2.Классификация причин отказов.
- 3.Оптимизация надежности оборудования.
4. Расчитать вероятность безотказной работы схемы на рисунке 1, при условии что  $q_1=0,1$ ,  $q_2=q_3=0,15$ ,  $q_4=q_5=0,05$ ,  $q_6=0,02$

### 6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
<p>Наличие конспекта лекций и реферата. Правильные ответы составляют не менее 80% вопросов.</p>	<p>Отсутствие конспекта лекций или реферата.</p> <p>или</p> <p>Правильные ответы составляют менее 80% вопросов, но более 50%.</p>	<p>Отсутствие конспекта лекций и реферата.</p> <p>или</p> <p>Правильные ответы составляют менее 50% вопросов, но более 30%.</p>	<p>Отсутствие конспекта лекций или реферата. Правильные ответы составляют менее 30% вопросов.</p>

## 7 Основная учебная литература

1. Айзенберг И. И. Надежность, живучесть и безопасность теплоэнергетических систем : учебное пособие / И. И. Айзенберг, Н. Е. Буйнов, 2021. - 224.

## 8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС и АЭС : учеб. пособие для теплоэнерг. и энергомашиностр. спец. вузов / Г. П. Гладышев; Ред. А. И. Андрющенко, 1991. - 302.
2. Айзенберг И. И. Основы надежности систем жизнеобеспечения : учебное пособие / И. И. Айзенберг, 2009. - 139.
3. Козлов Борис Анатольевич. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики / Борис Анатольевич Козлов, Игорь Алексеевич Ушаков, 1975. - 471.

## 9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

## 10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

**11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем**

1. Microsoft Windows Professional 8 Russian
2. Microsoft Office Professional Plus 2013

**12 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1. Мультимедиа-проектор Acer X1261 DLP
2. Ноутбук Samsung G910/3G/500/19"WXGA/DVDRW/WiFi/VHP/cam