

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

---

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Атомные электростанции и установки

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ОБОРУДОВАНИИ АЭС**


<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.10</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>7 семестр - 6;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>216 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>7 семестр - 16 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>7 семестр - 64 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>7 семестр - 16 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>7 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>7 семестр - 117,5 часов;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b>	
<b>Тестирование</b>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>7 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2020**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Иванов С.О.
	Идентификатор	Rd8a54953-IvanovSO-505a674e

(подпись)

С.О. Иванов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Аникеев А.В.
	Идентификатор	R64fa5fd7-AnikeevAV-ee466b65

(подпись)

А.В. Аникеев

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Аникеев А.В.
	Идентификатор	R64fa5fd7-AnikeevAV-ee466b65

(подпись)

А.В. Аникеев

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Цель освоения дисциплины состоит в изучение основных и сопутствующих физико-химических процессов в оборудовании АЭС, технологических методов защиты конструкционных сплавов от коррозии.

### Задачи дисциплины

- изучение основных и сопутствующих физико-химических процессов в оборудовании АЭС и основных методов защиты материалов от коррозии, алгоритмов и понятий;
- приобретение навыков поиска и анализа информации о математических приемах оценки и управления ресурсными характеристиками конструкционных материалов подверженных коррозии;
- изучение основных подходов к проведению ускоренных коррозионных ресурсных испытаний, выбору контролируемого параметра и критерия предельного состояния конструкционных материалов;
- освоение основных методов пересчета результатов, ускоренных коррозионных ресурсных испытаний на реальный масштаб времени.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-4 Способен проводить расчеты характеристик процессов, протекающих в конкретных технических устройствах и аппаратах АЭС и других энергетических установок	ИД-1 <sub>ПК-4</sub> Демонстрирует умение использования стандартных методик расчетов характеристик процессов протекающих в оборудовании АЭС	знать: - основные задачи расчетов характеристик коррозионных процессов; - основные подходы к проведению ускоренных коррозионных ресурсных испытаний, выбору контролируемого параметра и критерия предельного состояния конструкционных материалов; - основные алгоритмы и методы управления ресурсными характеристиками конструкционных материалов с учетом протекания процессов коррозии; - основные технологические методы защиты конструкционных сплавов от коррозии; - основные и сопутствующие физико-химические процессы, протекающие в оборудовании АЭС.
ПК-4 Способен проводить расчеты характеристик процессов, протекающих в конкретных технических устройствах и аппаратах АЭС и других энергетических установок	ИД-2 <sub>ПК-4</sub> Демонстрирует владение навыком поиска, систематизации и обработки справочных данных и иной информации необходимой для выполнения расчетов и проведения экспериментов	уметь: - принимать решения по защите материалов от коррозии в рамках своей профессиональной компетенции и должностной инструкции; - принимать и обосновывать конкретные технические решения при проектировании и эксплуатации основного оборудования АЭС для защиты конструкционных материалов

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>от коррозии;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять методики пересчета результатов, ускоренных коррозионных ресурсных испытаний на масштаб реального времени;</li> <li>- выявлять феноменологическую и детерминированную сущность коррозионных проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;</li> <li>- использовать справочную литературу для поиска, систематизации и обработки информации необходимой для выполнения расчетов.</li> </ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Атомные электростанции и установки (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы теории надежности
- знать технологии получения и обработки машиностроительных материалов
- знать основы теории сплавов, диаграмм состояния и свойств основных сплавов применяемых при создании аппаратов и устройств новой техники и энергетики
- уметь выбирать конструкционные материалы для изготовления основных элементов конструкций тепловой и атомной энергетики в зависимости от условий их эксплуатации

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Коррозия конструкционных сплавов	32	7	4	4	8	-	-	-	-	-	16	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Коррозия конструкционных сплавов"</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Коррозия конструкционных сплавов" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Коррозия конструкционных сплавов" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Коррозия конструкционных сплавов и подготовка к</p>
1.1	Коррозия конструкционных сплавов	32		4	4	8	-	-	-	-	-	16	-	

													<p>контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Коррозия конструкционных сплавов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Коррозия конструкционных сплавов"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 1-40 [5], стр. 38-56 [7], стр. 30-38</p>
2	Детерминистические феноменологические модели процессов повреждения металла	42	4	4	16	-	-	-	-	-	18	-	<p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Детерминистические феноменологические модели процессов повреждения металла" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Детерминистические феноменологические модели процессов повреждения металла"</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Детерминистические феноменологические модели процессов повреждения металла" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена</p>
2.1	Детерминистические феноменологические модели процессов повреждения металла	42	4	4	16	-	-	-	-	-	18	-	<p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Детерминистические феноменологические модели процессов повреждения металла" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Детерминистические феноменологические модели процессов повреждения металла"</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Детерминистические феноменологические модели процессов повреждения металла" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена</p>

													<p>на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Детерминистические феноменологические модели процессов повреждения металла" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Детерминистические феноменологические модели процессов повреждения металла и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Детерминистические феноменологические модели процессов повреждения металла"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], стр. 78-106 [6], стр. 20-40</p>
3	Детерминистические феноменологические методы прогноза остаточного ресурса металла	42	4	4	16	-	-	-	-	-	18	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Детерминистические феноменологические методы прогноза остаточного ресурса металла"</p>
3.1	Детерминистические феноменологические методы прогноза остаточного ресурса металла	42	4	4	16	-	-	-	-	-	18	-	<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Детерминистические феноменологические методы прогноза остаточного ресурса металла и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Детерминистические феноменологические методы прогноза остаточного ресурса"</p>

													<p>металла" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Детерминистические феноменологические методы прогноза остаточного ресурса металла" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Детерминистические феноменологические методы прогноза остаточного ресурса металла"</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Детерминистические феноменологические методы прогноза остаточного ресурса металла" материалу.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], стр. 220-247</p>
4	Детерминистические феноменологические методы управления ресурсом металла	38		2	2	16	-	-	-	-	18	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а</p>



4.1	Детерминистические феноменологические методы управления ресурсом металла	38		2	2	16	-	-	-	-	-	18	-	<p>так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Детерминистические феноменологические методы управления ресурсом металла" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Детерминистические феноменологические методы управления ресурсом металла"</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Детерминистические феноменологические методы управления ресурсом металла" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Детерминистические феноменологические методы управления ресурсом металла и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Детерминистические феноменологические методы управления ресурсом металла" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Детерминистические феноменологические методы управления ресурсом металла"</p>
-----	--	----	--	---	---	----	---	---	---	---	---	----	---	---

													<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 160-187 [3], стр. 153-169	
5	Методы ускоренных ресурсных испытаний конструкционных сплавов и методы пересчета результатов на реальный масштаб времени	26		2	2	8	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Методы ускоренных ресурсных испытаний конструкционных сплавов и методы пересчета результатов на реальный масштаб времени" <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Методы ускоренных ресурсных испытаний конструкционных сплавов и методы пересчета результатов на реальный масштаб времени" материалу.
5.1	Методы ускоренных ресурсных испытаний конструкционных сплавов и методы пересчета результатов на реальный масштаб времени	26		2	2	8	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Методы ускоренных ресурсных испытаний конструкционных сплавов и методы пересчета результатов на реальный масштаб времени" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Методы

														ускоренных ресурсных испытаний конструкционных сплавов и методы пересчета результатов на реальный масштаб времени и подготовка к контрольной работе <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Методы ускоренных ресурсных испытаний конструкционных сплавов и методы пересчета результатов на реальный масштаб времени" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы ускоренных ресурсных испытаний конструкционных сплавов и методы пересчета результатов на реальный масштаб времени" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], стр. 240-284
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5		
	Всего за семестр	216.0	16	16	64	-	2	-	-	0.5	84	33.5		
	Итого за семестр	216.0	16	16	64		2		-	0.5		117.5		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## 3.2 Краткое содержание разделов

### 1. Коррозия конструкционных сплавов

#### 1.1. Коррозия конструкционных сплавов

Введение в проблему прогнозирования и управления техническим ресурсом оборудования. Термины и определения. Усталость. Прогнозирование остаточного ресурса по условиям усталости. Роль коррозионных процессов в повреждении металла. Экономические аспекты внедрения противокоррозионных мероприятий. Классификация процессов коррозии по условиям протекания и по характеру наблюдаемых повреждений конструкционных сплавов и их сварных соединений. Коррозия: химическая, электрохимическая, общая, локальная. Дентинг-, фреттинг-коррозия, щелевая, ножевая, под напряжением. Водородное охрупчивание. Коррозия в вакууме. Коррозионная усталость. Коррозионное растрескивание: транс- и интеркристаллитное. Эрозионно-коррозионный износ. Коррозионное растрескивание сварных соединений. Способы выражения скорости коррозии. Растворы, Электролиты. Растворы. Растворимость, диссоциация, гидролиз. Законы Рауля, Генри электродные реакции. Микрогальваническая пара. Поляризационные процессы на электродах и поляризационные диаграммы. Сварное соединение, как многоэлектродная микрогальваническая схема. Поляризационные кривые и поляризационные диаграммы. Электродные реакции; катодный процесс, анодный процесс; катодные и анодные кривые, полностью и частично заполяризованные коррозионные диаграммы. Активное пассивное и псевдопассивное состояние, перепассивация. Потенциалы - Фляде и пробоя..

### 2. Детерминистические феноменологические модели процессов повреждения металла

#### 2.1. Детерминистические феноменологические модели процессов повреждения металла

Влияние внешних факторов на скорость коррозии. Влияние внутренних факторов на скорость коррозии. Состояние поверхности. Коррозия аустенитных нержавеющей сталей и их сварных соединений. Коррозия углеродистых и малолегированных сталей и их сварных соединений. Коррозия композитных сварных швов. Коррозия циркония, магния и их сплавов. Материалы замедлителей и отражателей (бериллий и графит). Ползучесть. Прогнозирование остаточного ресурса по условиям ползучести. Влияние облучения на коррозию. Радиационная хрупкость. Прогнозирование остаточного ресурса по условиям радиационной хрупкости. Водородная и щелочная хрупкость. Прогнозирование остаточного ресурса по условиям водородной и щелочной хрупкости. Прогнозирование остаточного ресурса по условиям роста питтингов..

### 3. Детерминистические феноменологические методы прогноза остаточного ресурса металла

#### 3.1. Детерминистические феноменологические методы прогноза остаточного ресурса металла

Алгоритмы вычисления остаточного ресурса при одновременном негативном воздействии на конструкционный сплав нескольких частных процессов повреждения. Значимые факторы..

### 4. Детерминистические феноменологические методы управления ресурсом металла

#### 4.1. Детерминистические феноменологические методы управления ресурсом металла

Эффективность низкотемпературной обработки металла корпусов реакторов по критерию приращения ресурса. Эффективность повторных низкотемпературных обработок металла корпусов реакторов по критерию приращения ресурса. Эффективность низкотемпературной

обработки металла коллекторов парогенераторов по критерию приращения ресурса. Эффективность повторной низкотемпературной обработки металла коллекторов парогенераторов по критерию приращения ресурса..

### 5. Методы ускоренных ресурсных испытаний конструкционных сплавов и методы пересчета результатов на реальный масштаб времени

5.1. Методы ускоренных ресурсных испытаний конструкционных сплавов и методы пересчета результатов на реальный масштаб времени

Методы ускоренных ресурсных испытаний конструкционных сплавов и методы пересчета результатов на реальный масштаб времени. Нарботка до отказа. Выбор критерия предельного состояния. Обоснование идентичности значимых факторов при ускоренных испытаниях и в процессе эксплуатации. Коррозионное растрескивание аустенитных хромоникелевых сталей и их сварных соединений- эксперимент. Прогнозирование остаточного ресурса по условиям коррозионного растрескивания- расчет. Перерасчет результатов опытов на реальный масштаб времени. Водородная хрупкость сталей перлитного класса – эксперимент. Прогнозирование остаточного ресурса по условиям водородной хрупкости – расчет. Перерасчет результатов опытов по наводороживанию на реальный масштаб времени. Образование питтингов – эксперимент. Прогнозирование остаточного ресурса по условиям образования питтингов – расчет. Перерасчет результатов опытов по условиям образования питтингов на реальный масштаб времени..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Расчет коэффициентов концентрирования истинно растворенных примесей при кипении растворов в пористых отложениях на теплообменных трубках ПГ;
2. Расчет коэффициента интенсивности напряжений и времени до разрушения в реакторной стали (марки 10ГН2МФА) с учетом влияния коррозионной среды;
3. Расчет долговечности материалов тепломеханического оборудования АЭС на основе обобщенной модели разрушения;
4. Расчет активационного объема и коэффициента интенсивности напряжений при разрушении материала теплообменных трубок ПГ;
5. Расчет автоколебательных процессов в трещинах ТОТ ПГ АЭС;
6. Расчет ресурса корпуса ректора ВВЭР при совместном действии частных процессов повреждения (температуры, облучения, динамических нагрузок);
7. Анализ системы ввода реагентов при химических отмывках;
8. Расчет средней концентрации хлорид-иона в воде продувки ПГ;
9. Анализ систем продувки, сепарации пара и раздачи питательной воды ПГ;
10. Расчетно-теоретическое обоснование приращения ресурса коллектора ПГ при целенаправленном воздействии на: технологическую наследственность (плотность дислокаций), свободу перемещения верхней части коллектора, амплитуду и число циклов нагружения и водородный показатель рН;
11. Расчетно-теоретическое обоснование приращения ресурса трубного пучка ПГ при целенаправленном воздействии на: концентрацию хлорид-ионов, меди в отложениях, амплитуду и число циклов нагружения;
12. Расчет наработки до отказа сварного шва №111 при наличии и без накопления шлама в «кармане» коллекторов с учетом гидролиза, усталости и технологической наследственности около шовной зоны, и проведения химических отмывок;
13. Расчет наработки до отказа коллектора ПГ с учетом стохастичности поведения фактор-аргументов (водородного показателя рН в воде продувки ПГ) и усталости;
14. Расчет наработки до первого отказа теплообменной трубки ПГ с учетом стохастичности поведения фактор аргументов, усталости и меди в отложениях;

15. Расчет определяющей температуры процесса коррозии при наличии оксидной пленки, отложений и теплового потока на теплообменных трубках ПГ;
16. Расчет длины пути полного испарения при кипении растворов в стесненных условиях массообмена и при наличии пористых отложений в кольцевых зазорах недовальцовки и под элементами дистанционирования теплообменных трубок ПГ;
17. Расчет наработки до первого отказа теплообменной трубки ПГ с применением номограммы;
18. Расчет средней величины водородного показателя рН. Расчет наработки до отказа коллектора ПГ с учетом низкотемпературной обработки коллектора и повторной низкотемпературной термообработки.

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. Удаление активных и неактивных отложений с поверхностей теплоэнергетического оборудования;
2. Исследование микроструктуры материалов ядерной техники;
3. Исследование газовой коррозии металлов;
4. Определение количества отложений с образцов, вырезанных с теплопередающих поверхностей методом катодного травления;
5. Метод анализа растворов при отмывке активных и неактивных отложений с поверхностей нагрева;
6. Потенциостатический метод исследования коррозионного поведения сталей.

### 3.5 Консультации

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Коррозия конструкционных сплавов"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Детерминистические феноменологические модели процессов повреждения металла"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Детерминистические феноменологические методы прогноза остаточного ресурса металла"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Детерминистические феноменологические методы управления ресурсом металла"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Методы ускоренных ресурсных испытаний конструкционных сплавов и методы пересчета результатов на реальный масштаб времени"

#### Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Коррозия конструкционных сплавов"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Детерминистические феноменологические модели процессов повреждения металла"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Детерминистические феноменологические методы прогноза остаточного ресурса металла"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Детерминистические феноменологические методы управления ресурсом металла"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Методы ускоренных ресурсных испытаний"

конструкционных сплавов и методы пересчета результатов на реальный масштаб времени"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)					Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	
<b>Знать:</b>							
основные и сопутствующие физико-химические процессы, протекающие в оборудовании АЭС	ИД-1ПК-4	+					Тестирование/Основные и сопутствующие физико-химические процессы, протекающие в оборудовании АЭС и технологические методы защиты конструкционных сплавов от коррозии
основные технологические методы защиты конструкционных сплавов от коррозии	ИД-1ПК-4		+				Контрольная работа/Обобщение и анализ информации о проблемах коррозии и защиты конструкционных материалов от коррозии, защита лабораторной работы №1
основные алгоритмы и методы управления ресурсными характеристиками конструкционных материалов с учетом протекания процессов коррозии	ИД-1ПК-4		+				Контрольная работа/Обобщение и анализ информации о проблемах коррозии и защиты конструкционных материалов от коррозии, защита лабораторной работы №1
основные подходы к проведению ускоренных коррозионных ресурсных испытаний, выбору контролируемого параметра и критерия предельного состояния конструкционных материалов	ИД-1ПК-4					+	Контрольная работа/Подходы к проведению ускоренных коррозионных ресурсных испытаний, выбору контролируемого параметра и критерия предельного состояния конструкционных материалов, методика пересчета результатов, ускоренных коррозионных ресурсных испытаний на масштаб реального времени, защита лабораторной работы №3
основные задачи расчетов характеристик коррозионных процессов	ИД-1ПК-4			+			Тестирование/Феноменологическая и детерминированная сущность коррозионных проблем и использования физико-математического аппарата для их решения, защита лабораторной работы №2
<b>Уметь:</b>							
использовать справочную литературу для	ИД-2ПК-4				+		Контрольная работа/Основные алгоритмы и методы



поиска, систематизации и обработки информации необходимой для выполнения расчетов						управления ресурсными характеристиками конструкционных материалов с учетом протекания процессов коррозии
выявлять феноменологическую и детерминированную сущность коррозионных проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	ИД-2ПК-4			+		Тестирование/Феноменологическая и детерминированная сущность коррозионных проблем и использования физико-математического аппарата для их решения, защита лабораторной работы №2
применять методики пересчета результатов, ускоренных коррозионных ресурсных испытаний на масштаб реального времени	ИД-2ПК-4				+	Контрольная работа/Подходы к проведению ускоренных коррозионных ресурсных испытаний, выбору контролируемого параметра и критерия предельного состояния конструкционных материалов, методика пересчета результатов, ускоренных коррозионных ресурсных испытаний на масштаб реального времени, защита лабораторной работы №3
принимать и обосновывать конкретные технические решения при проектировании и эксплуатации основного оборудования АЭС для защиты конструкционных материалов от коррозии	ИД-2ПК-4				+	Контрольная работа/Основные алгоритмы и методы управления ресурсными характеристиками конструкционных материалов с учетом протекания процессов коррозии
принимать решения по защите материалов от коррозии в рамках своей профессиональной компетенции и должностной инструкции	ИД-2ПК-4				+	Тестирование/Основные и сопутствующие физико-химические процессы, протекающие в оборудовании АЭС и технологические методы защиты конструкционных сплавов от коррозии Контрольная работа/Обобщение и анализ информации о проблемах коррозии и защиты конструкционных материалов от коррозии, защита лабораторной работы №1

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**7 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Основные алгоритмы и методы управления ресурсными характеристиками конструкционных материалов с учетом протекания процессов коррозии (Контрольная работа)
2. Основные и сопутствующие физико-химические процессы, протекающие в оборудовании АЭС и технологические методы защиты конструкционных сплавов от коррозии (Тестирование)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Обобщение и анализ информации о проблемах коррозии и защиты конструкционных материалов от коррозии, защита лабораторной работы №1 (Контрольная работа)
2. Подходы к проведению ускоренных коррозионных ресурсных испытаний, выбору контролируемого параметра и критерия предельного состояния конструкционных материалов, методика пересчета результатов, ускоренных коррозионных ресурсных испытаний на масштаб реального времени, защита лабораторной работы №3 (Контрольная работа)
3. Феноменологическая и детерминированная сущность коррозионных проблем и использования физико-математического аппарата для их решения, защита лабораторной работы №2 (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Экзамен (Семестр №7)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Горбатов, В. П. Физико-химические процессы на АЭС. Термины и определения : учебное пособие / В. П. Горбатов, С. О. Иванов . – М. : Издательский дом МЭИ, 2007 . – 40 с. - ISBN 978-5-383-00023-6 .;
2. Петрова, Т. И. Технология организации водно-химического режима атомных электростанций : учебное пособие для вузов по специальности "Атомные электростанции и установки" направления "Техническая физика" специальности "Технология воды и топлива на тепловых атомных электрических станциях" направления "Теплоэнергетика" / Т. И. Петрова, В. Н. Воронов, Б. М. Ларин . – М. : Издательский дом МЭИ, 2012 . – 272 с. - ISBN 978-5-383-00684-9 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4241](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4241);

3. Ларин, Б. М. Теоретические основы химико-технологических процессов на ТЭС и АЭС : учебное пособие для вузов теплоэнергетических специальностей / Б. М. Ларин, Ивановский гос. энергетический ун-т . – Иваново : Изд-во Иван. гос. энерг. ун-т, 2002 . – 268 с. - ISBN 5-89482-233-5 .;
4. Исаев, Н. И. Теория коррозионных процессов : Учебник для вузов по направлению "Металлургия" / Н. И. Исаев . – М. : Metallurgia, 1997 . – 368 с. - ISBN 5-229-01252-3 : 28.00 .;
5. Герасимов, В. В. Материалы ядерной техники : Учебник для вузов по специальности "Атомные электростанции и установки" / В. В. Герасимов, А. С. Монахов . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Энергоиздат, 1982 . – 288 с.;
6. Ангал, Р. Коррозия и защита от коррозии : пер. с англ. / Р. Ангал . – Долгопрудный : Интеллект, 2013 . – 344 с. - ISBN 978-5-91559-140-9 .;
7. А. О. Летовальцев, Е. А. Решетникова- "Химическая технология: металлургия, коррозия металлов и способы защиты от нее, сырьевое и энергетическое обеспечение химических производств, химическое материаловедение", Издательство: "Южный федеральный университет", Ростов-на-Дону, Таганрог, 2019 - (102 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=577873>.

## **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Scilab;
4. SmathStudio.

## **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
9. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
10. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
11. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
12. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
13. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
14. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
15. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Т-320, Учебная аудитория	стол, стул, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Т-305, Учебная аудитория	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Т-216, Лаборатория материалов ядерной техники	стол, шкаф, тумба, лабораторный стенд, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Т-305, Учебная аудитория	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Т-305, Учебная аудитория	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Т-317, Помещение учебно-вспомогательного персонала	стол, стул, шкаф, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Физико-химические процессы в оборудовании АЭС

(название дисциплины)

#### 7 семестр

#### Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Основные и сопутствующие физико-химические процессы, протекающие в оборудовании АЭС и технологические методы защиты конструкционных сплавов от коррозии (Тестирование)
- КМ-2 Обобщение и анализ информации о проблемах коррозии и защиты конструкционных материалов от коррозии, защита лабораторной работы №1 (Контрольная работа)
- КМ-3 Феноменологическая и детерминированная сущность коррозионных проблем и использования физико-математического аппарата для их решения, защита лабораторной работы №2 (Тестирование)
- КМ-4 Основные алгоритмы и методы управления ресурсными характеристиками конструкционных материалов с учетом протекания процессов коррозии (Контрольная работа)
- КМ-5 Подходы к проведению ускоренных коррозионных ресурсных испытаний, выбору контролируемого параметра и критерия предельного состояния конструкционных материалов, методика пересчета результатов, ускоренных коррозионных ресурсных испытаний на масштаб реального времени, защита лабораторной работы №3 (Контрольная работа)

#### Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	3	6	9	11	15
1	Коррозия конструкционных сплавов						
1.1	Коррозия конструкционных сплавов		+				
2	Детерминистические феноменологические модели процессов повреждения металла						
2.1	Детерминистические феноменологические модели процессов повреждения металла			+			
3	Детерминистические феноменологические методы прогноза остаточного ресурса металла						
3.1	Детерминистические феноменологические методы прогноза остаточного ресурса металла				+		
4	Детерминистические феноменологические методы управления ресурсом металла						
4.1	Детерминистические феноменологические методы управления ресурсом металла		+	+		+	
5	Методы ускоренных ресурсных испытаний конструкционных сплавов и методы пересчета результатов на реальный масштаб времени						

5.1	Методы ускоренных ресурсных испытаний конструкционных сплавов и методы пересчета результатов на реальный масштаб времени					+
Вес КМ, %:		15	25	10	25	25