

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Технология воды и топлива на ТЭС и АЭС

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ХИМИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ НА ТЭС И 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.05.09</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>8 семестр - 6;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>216 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>8 семестр - 28 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>8 семестр - 14 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>8 семестр - 14 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>8 семестр - 16 часов;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>8 семестр - 139,2 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>8 семестр - 15,7 часов;</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>8 семестр - 4 часа;</b>
<b>включая:</b> <b>Тестирование</b> <b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Защита курсовой работы</b>	<b>8 семестр - 0,4 часа;</b>
<b>Экзамен</b>	<b>8 семестр - 0,4 часа;</b>
	<b>всего - 0,8 часа</b>

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Егошина О.В.
	Идентификатор	R4905e37a-YegoshinaOV-5d73426

О.В. Егошина

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f

Ю.В. Шацких

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f

Ю.В. Шацких

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение методов и систем автоматического и лабораторного химического контроля качества воды и пара за состоянием водного режима и работой водоподготовки на тепловых и атомных электростанциях

### Задачи дисциплины

- освоение методов автоматического и лабораторного химического контроля качества воды и пара на тепловых и атомных электростанциях;
- приобретение способности работать с действующей нормативно-технической документацией, в частности, с правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ, применяемыми при определении качества обессоленной воды и пара на тепловых и атомных электростанциях;
- освоение методик расчета пробоотборных устройств применительно к двухфазной среде и методик типовых расчетов показателей качества теплоносителя в зависимости от состава среды и температуры;
- обучение работе на современных анализаторах автоматического химического контроля;
- формирование навыков организации систем химического контроля обессоленной воды и пара применительно к определенному типу энергетического оборудования на тепловых и атомных электростанциях.

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-3 Способен участвовать в организации химического контроля качества воды и поддержании требуемого химического режима на объектах энергетики	ИД-4 <sub>ПК-3</sub> Демонстрирует знания по выявлению причин нарушений штатных режимов работы оборудования	знать: - нормируемые и контролируемые показатели качества воды и пара, их изменение по тракту энергоблока, водоподготовки и причины их выхода за пределы на ТЭС и АЭС общие закономерности химических явлений и процессов, основные характеристики окислительно-восстановительных систем, основные закономерности процессов коррозии металлов и защиты конструкционных материалов от коррозии; - типовые схемы систем химического контроля применительно к типам современных энергоблоков ТЭС и АЭС, их режимам работы, основную терминологию направления химического контроля, источники научно-технической информации по типам, конструкциям и эксплуатации технических средств систем химического контроля на ТЭС и АЭС.  уметь: - определять нормируемые и контролируемые показатели качества теплоносителя с помощью методов

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>автоматического и лабораторного химического контроля, выявлять причины нарушения нормируемых показателей качества теплоносителей в системах химического контроля и их глубину на ТЭС и АЭС; использовать общие закономерности химических явлений и процессов, рассчитывать основные характеристики окислительно-восстановительных систем, анализировать основные закономерности процессов коррозии металлов и защиты конструкционных материалов от коррозии;</p> <p>- разрабатывать типовые схемы систем химического контроля применительно к типам современных энергоблоков ТЭС и АЭС, их режимам работы, использовать основную терминологию направления химического контроля, источники научно-технической информации по типам, конструкциям и эксплуатации технических средств систем химического контроля на ТЭС и АЭС.</p>
<p>ПК-3 Способен участвовать в организации химического контроля качества воды и поддержании требуемого химического режима на объектах энергетики</p>	<p>ИД-бпк-3 Выбирает новые и совершенствует действующие методы контроля химико-технологических процессов</p>	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы метрологии, методические основы метрологического обеспечения; принципы действия, устройство типовых измерительных приборов для измерения электрических и неэлектрических величин;</li> <li>- новые и действующие методы химического контроля физико-химических процессов на ТЭС и АЭС; устройство и принцип действия простейших электронных устройств применительно к техническим средствам химического контроля;</li> <li>принцип действия, устройство типовых измерительных приборов для измерения электрических величин анализаторов химического контроля.</li> </ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- измерять нормируемые и контролируемые показатели качества теплоносителя с помощью типовых анализаторов, оценивать погрешность</li> </ul>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>измерений; осуществлять выбор методов и средств измерений для контроля качества теплоносителя;</p> <p>- использовать оборудование лаборатории химического контроля, пользоваться справочными данными по характеристикам материалов и способам их обработки;</p> <p>- использовать новые и действующие методы контроля физико-химических процессов в системах химического контроля на ТЭС и АЭС.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Технология воды и топлива на ТЭС и АЭС (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы физико-химических процессов
- знать основы термодинамики и тепломассобмена
- знать принципиальные схемы ТЭС и АЭС
- знать основы гидрогазодинамики
- знать технология конструкционных материалов
- знать основы метрологии, методические основы метрологического обеспечения
- знать принципы действия преобразователей преобразовывающих неэлектрические величины в электрические
- уметь уметь составлять и записывать реакции: соединения, замещения, ионного обмена, окислительно-восстановительные
- уметь рассчитывать погрешности и доверительные интервалы
- уметь пользоваться нормативно-справочной документацией

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	Пароводяной тракт как объект химического контроля. Термины и определения	20.35	8	4	-	2	-	0.35	-	-	-	14	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Пароводяной тракт как объект химического контроля. Термины и определения"</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Пароводяной тракт как объект химического контроля. Термины и определения" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать устройство для отбора пробы пара и разработать схему химического контроля. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит разработка схем химического контроля при номинальном и пусковом режимах работы.</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Пароводяной тракт как объект химического контроля. Термины и определения"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 5-19, стр. 35-38</p>
1.1	Пароводяной тракт как объект химического контроля. Термины и определения	9.25		2	-	-	-	0.25	-	-	-	7	-	
1.2	Установка подготовки воды как объект химического контроля	11.1		2	-	2	-	0.1	-	-	-	7	-	

														[4], стр. 9-22 [6], стр. 22-24
2	Методы получения представительной пробы. Особенности методов отбора и подготовки пробы для АЭС	24.35		6	2	2	-	0.35	-	-	-	14	-	<b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать показатели устройства отбора пробы воды и пара, выбрать объем и график химического контроля качества воды и пара.
2.1	Назначение систем химического контроля	9.1		2	-	-	-	0.1	-	-	-	7	-	Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть.
2.2	Методы получения представительной пробы	15.25		4	2	2	-	0.25	-	-	-	7	-	<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 получения представительной пробы. Особенности методов отбора и подготовки пробы для АЭС" материалу. <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Методы получения представительной пробы. Особенности методов отбора и подготовки пробы для АЭС и подготовка к контрольной работе <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 получения представительной пробы. Особенности методов отбора и подготовки пробы для АЭС" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по

													представленным письменным работам. <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы получения представительной пробы. Особенности методов отбора и подготовки пробы для АЭС" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 29-35 [3], стр. 110-115 [4], стр. 23-35
3	Электрохимические методы контроля проб воды и пара	42.50	8	6	4	-	0.50	-	-	-	24	-	<b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В соответствии с разделом "Электрохимические методы контроля проб воды и пара" обосновать объем автоматического и лабораторного химического контроля и выбрать анализаторы автоматического химического контроля <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 "Электрохимические методы контроля проб воды и пара" материалу. <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение
3.1	Электрохимические методы измерения	27.25	4	4	2	-	0.25	-	-	-	17	-	
3.2	Методы контроля коррозионного состояния оборудования	15.25	4	2	2	-	0.25	-	-	-	7	-	

													<p>дополнительного материала по разделу "Электрохимические методы контроля проб воды и пара"</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Электрохимические методы контроля проб воды и пара" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 38-49 [4], стр. 145-258, стр. 296-316 [5], стр. 230-235 [6], стр. 6-20, стр. 24-56</p>
4	Методы химического контроля водного теплоносителя	26.40	4	4	4	-	0.40	-	-	-	14	-	<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 "Методы химического контроля водного теплоносителя" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p>
4.1	Оптические методы анализа состава теплоносителя	13.25	2	2	2	-	0.25	-	-	-	7	-	<p>профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Методы химического контроля водного теплоносителя" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p>
4.2	Погрешности измерений и их оценка	13.15	2	2	2	-	0.15	-	-	-	7	-	<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Методы химического контроля водного теплоносителя и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы химического контроля водного теплоносителя"</p>

														<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 114-121 [2], стр. 52-54 [4], стр. 114-138 [6], стр.62-82
5	Системы химического контроля, их принципиальные схемы на ТЭС и АЭС	34.40	6	2	2	-	0.40	-	-	-	24	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Системы химического контроля, их принципиальные схемы на ТЭС и АЭС" <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 "Системы химического контроля, их принципиальные схемы на ТЭС и АЭС" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <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 "Системы химического контроля, их принципиальные схемы на ТЭС и АЭС" материалу. <b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо разработать систему химического контроля	
5.1	Системы автоматического химического контроля	23.25	4	2	-	-	0.25	-	-	-	17	-		
5.2	Лабораторный химический контроль	11.15	2	-	2	-	0.15	-	-	-	7	-		

													применительно к различным энергетическим объектам В задание входит разработка следующих схем химического контроля: в номинальном и пусковом режимах работы энергоблока <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], стр. 152-161 [6], стр. 24-61, стр. 87-93, стр. 100
	Экзамен	33.9	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	33.5	
	Курсовая работа (КР)	34.1	-	-	-	14	-	4	-	0.4	15.7	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>216.00</b>	<b>28</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>2.00</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0.8</b>	<b>105.7</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>216.00</b>	<b>28</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>16.00</b>		<b>4</b>		<b>0.8</b>	<b>139.2</b>		

**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. Пароводяной тракт как объект химического контроля. Термины и определения

#### 1.1. Пароводяной тракт как объект химического контроля. Термины и определения

Принципиальные тепловые схемы тепловых и атомных электрических станций, с указанием пробоотборных точек и перечнем нормируемых показателей качества. Физические условия работы поверхностей нагрева. Источники появления примесей в теплоносителе. Взаимосвязь теплотехнических, химических параметров и материала оборудования.

#### 1.2. Установка подготовки воды как объект химического контроля

Назначение установки подготовки обессоленной воды, блочной обессоливающей установки ТЭС, установки по очистке конденсата на атомных электростанциях. Объем и график химического контроля применительно для различных режимов работы оборудования на ТЭС и АЭС.

### 2. Методы получения представительной пробы. Особенности методов отбора и подготовки пробы для АЭС

#### 2.1. Назначение систем химического контроля

Связь химического контроля с надежностью работы энергетического оборудования. Виды периодического лабораторного контроля. Обоснование необходимости автоматизации химического контроля. Скорость изменения химических показателей. Организация химического контроля водного режима на ТЭС и АЭС.

#### 2.2. Методы получения представительной пробы

Условия получения представительных проб воды и пара. Виды пробоотборных устройств для отбора проб воды и пара при условии однородных сред. Особенности получения представительных проб для гетерогенных сред. Виды пробоотборных устройств для отбора проб насыщенного пара. Пробоотборное оборудование. Роль материала и длины импульсных линий. Транспортное запаздывание. Методика расчета пробоотборных устройств для двухфазных сред. Устройство подготовки пробы (УПП) для химического анализа. Предназначение устройства подготовки пробы и требования к нему. Различие в конструктивном исполнении УПП. Технические характеристики УПП различных производителей.

### 3. Электрохимические методы контроля проб воды и пара

#### 3.1. Электрохимические методы измерения

Кондуктометрия. Основы кондуктометрии. Электрическая проводимость водных растворов солей, кислот и оснований. Влияние температуры на электропроводимость растворов. Температурная компенсация. Кондуктометрический контроль воды высокой степени чистоты. Двойная температурная компенсация. Виды кондуктометров. Чувствительные элементы кондуктометров и их различия для автоматического и лабораторного химического анализа. Эксплуатация и поверка кондуктометров. Потенциометрия. Основы потенциометрии. Величина рН и ее измерение. Особенности измерения содержания концентрации натрия. Измерение окислительно-восстановительного потенциала среды. Рабочие и вспомогательные электроды потенциометрических анализаторов. Особенности схемы измерения рН во вторичных преобразователях рН-метров. Виды промышленных стационарных потенциометрических приборов. Технические характеристики и требования к среде для потенциометрических приборов различных

производителей. Эксплуатация и поверка потенциометрических приборов химического контроля. Амперометрия. Амперометрический метод анализа. Явление деполяризации катода электродной системы. Механизм образования диффузионного тока. Виды электродных систем. Использование мембраны при измерениях микроконцентраций растворенного в воде кислорода. Принципиальные схемы анализаторов растворенного в воде кислорода и водорода. Технические характеристики и требования к среде для анализаторов растворенного в воде кислорода и водорода различных производителей.

### 3.2. Методы контроля коррозионного состояния оборудования

Цели и задачи коррозионного контроля. Оценка состояния водно-химического режима работающего оборудования по данным теплотехнического контроля. Контроль состояния труб котла и определение количества отложений. Осмотр конденсатно-питательного тракта и определение скорости коррозии конструкционных материалов. Определение состояния проточной части турбины.

## 4. Методы химического контроля водного теплоносителя

### 4.1. Оптические методы анализа состава теплоносителя

Фотоколориметрические методы анализа состава теплоносителя. Основы фотоколориметрии. Измерение оптической плотности окрашенных растворов. Основные типы фотоэлементов и законы фотоэффекта. Принципиальные схемы измерения оптической плотности окрашенных растворов. Чувствительность и погрешность фотоколориметрического анализа. Нефелометрический и турбидиметрический методы анализа состава теплоносителя. Основы нефелометрического и турбидиметрического методов анализа и их предназначение. Условия получения воспроизводимых результатов при турбидиметрическом методе анализа. Эксплуатация приборов для измерения мутности, основанных на нефелометрическом или турбидиметрическом методах анализа. Методы спектрального оптического анализа. Виды методов спектрального оптического анализа. Основы эмиссионного спектрального анализа. Применение эмиссионного метода в современных приборах лабораторного химического контроля. Основы атомно-абсорбционного метода анализа состава теплоносителя. Принципиальные схемы определения концентрации вещества в растворе атомно-абсорбционным методом.

### 4.2. Погрешности измерений и их оценка

Виды технических измерений. Общие сведения о погрешностях. Виды погрешностей и их определение. Оценка и учет погрешностей при технических измерениях. Определение номинальной статической характеристики средства измерения. Динамические характеристики средств измерений. Влияние условий измерений на погрешности средств измерений.

## 5. Системы химического контроля, их принципиальные схемы на ТЭС и АЭС

### 5.1. Системы автоматического химического контроля

Нормируемые и контролируемые показатели качества теплоносителя по тракту энергоблока. Виды объемов оперативного автоматического химического контроля для энергоблоков с различными типами котлов. Виды объемов диагностического автоматического химического контроля для энергоблоков с различными типами котлов. Принципиальные схемы химического контроля водно-химического режима ТЭС и АЭС.

### 5.2. Лабораторный химический контроль

Виды объемов лабораторного химического контроля для энергоблоков с различными типами котлов. Особенности лабораторного химического контроля в пусковом режиме энергоблока..

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

1. Выбор и расчет устройств для отбора и подготовки проб пара и воды для различных точек контроля;
2. Определение удельной электрической проводимости и электрического сопротивления электродной ячейки;
3. Расчет постоянной электролитической ячейки электродной системы. Оценка компенсации температурной погрешности приборов для измерения удельной электрической проводимости;
4. Определение коэффициента преобразования водородного электрода. Расчет координат изопотенциальной точки;
5. Расчет концентрации корректирующих реагентов и концентрации отдельных ионов на основе измерений кондуктометрического контроля;
6. Оценка и расчет интенсивности электрохимической коррозии;
7. Фотометрический контроль теплоносителя.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Лабораторная работа № 1 Изучение методики определения величины рН раствора;
2. Лабораторная работа № 3 Изучение методики определения удельной электропроводимости воды;
3. Лабораторная работа № 4 Изучение методики определения концентрации натрия;
4. Лабораторная работа № 5 Изучение методики определения общей и Н-катионированной удельной электропроводимости воды;
5. Лабораторная работа № 6 Изучение методики определения концентрации растворенного водорода;
6. Лабораторная работа № 7 Изучение методики определения величины условного окислительно-восстановительного потенциала среды;
7. Лабораторная работа № 8 Методика калибровки и определение основной погрешности кондуктометра/солемера;
8. Лабораторная работа № 2 Изучение методики определения концентрации растворенного кислорода.

### **3.5 Консультации**

#### *Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)*

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Пароводяной тракт как объект химического контроля. Термины и определения"
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Методы получения представительной пробы. Особенности методов отбора и подготовки пробы для АЭС"
3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые

консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Электрохимические методы контроля проб воды и пара"

4. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Методы химического контроля водного теплоносителя"
5. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Системы химического контроля, их принципиальные схемы на ТЭС и АЭС"

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Методы получения представительной пробы. Особенности методов отбора и подготовки пробы для АЭС"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Электрохимические методы контроля проб воды и пара"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Методы химического контроля водного теплоносителя"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Системы химического контроля, их принципиальные схемы на ТЭС и АЭС"

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Электрохимические методы контроля проб воды и пара"
2. Консультации проводятся по разделу "Методы химического контроля водного теплоносителя"

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 8 Семестр

Курсовая работа (КР)

Темы:

- 1. Разработка системы химического контроля качества воды и пара применительно к энергоблоку с барабанным котлом высокого давления 2. Разработка системы химического контроля качества воды и пара применительно к энергоблоку с прямоточным котлом сверхвысокого давления 3. Разработка системы химического контроля качества воды и пара применительно к энергоблоку с парогазовой установкой

#### График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 4	5 - 8	9 - 10	11 - 14	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	4	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	25	25	25	25	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	25	50	75	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Определение объема автоматического и лабораторного химического контроля
2	Расчет устройства для отбора пробы применительно к различным типам сред

3	Разработка схемы химического контроля в пусковом режиме работы энергоблока
4	Разработка схемы химического контроля в номинальном режиме работы энергоблока

### 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>							
типовые схемы систем химического контроля применительно к типам современных энергоблоков ТЭС и АЭС, их режимам работы, основную терминологию направления химического контроля, источники научно-технической информации по типам, конструкциям и эксплуатации технических средств систем химического контроля на ТЭС и АЭС	ИД-4ПК-3	+	+				Тестирование/Пароводяной тракт ТЭС и АЭС как объект химического контроля воды и пара  Тестирование/Системы химического контроля, их принципиальные схемы на ТЭС и АЭС
нормируемые и контролируемые показатели качества воды и пара, их изменение по тракту энергоблока, водоподготовки и причины их выхода за пределы на ТЭС и АЭС общие закономерности химических явлений и процессов, основные характеристики окислительно-восстановительных систем, основные закономерности процессов коррозии металлов и защиты конструкционных материалов от коррозии	ИД-4ПК-3	+	+				Контрольная работа/Методы получения представительной пробы. Особенности методов отбора и подготовки пробы для АЭС  Тестирование/Пароводяной тракт ТЭС и АЭС как объект химического контроля воды и пара
новые и действующие методы химического контроля физико-химических процессов на ТЭС и АЭС; устройство и принцип действия простейших электронных устройств применительно к техническим средствам химического контроля; принцип действия, устройство типовых измерительных приборов для измерения электрических величин анализаторов химического контроля	ИД-6ПК-3			+	+		Контрольная работа/Методы химического контроля водного теплоносителя
основы метрологии, методические основы метрологического обеспечения; принципы действия, устройство типовых измерительных приборов для	ИД-6ПК-3			+	+		Контрольная работа/Методы химического контроля водного теплоносителя

измерения электрических и неэлектрических величин						Тестирование/Электрохимические методы контроля проб воды и пара	
<b>Уметь:</b>							
разрабатывать типовые схемы систем химического контроля применительно к типам современных энергоблоков ТЭС и АЭС, их режимам работы, использовать основную терминологию направления химического контроля, источники научно-технической информации по типам, конструкциям и эксплуатации технических средств систем химического контроля на ТЭС и АЭС	ИД-4ПК-3	+	+			Контрольная работа/Методы получения представительной пробы. Особенности методов отбора и подготовки пробы для АЭС Тестирование/Системы химического контроля, их принципиальные схемы на ТЭС и АЭС	
определять нормируемые и контролируемые показатели качества теплоносителя с помощью методов автоматического и лабораторного химического контроля, выявлять причины нарушения нормируемых показателей качества теплоносителей в системах химического контроля и их глубину на ТЭС и АЭС; использовать общие закономерности химических явлений и процессов, рассчитывать основные характеристики окислительно-восстановительных систем, анализировать основные закономерности процессов коррозии металлов и защиты конструкционных материалов от коррозии	ИД-4ПК-3	+				Тестирование/Пароводяной тракт ТЭС и АЭС как объект химического контроля воды и пара	
использовать новые и действующие методы контроля физико-химических процессов в системах химического контроля на ТЭС и АЭС	ИД-6ПК-3			+	+	Контрольная работа/Методы химического контроля водного теплоносителя	
использовать оборудование лаборатории химического контроля, пользоваться справочными данными по характеристикам материалов и способам их обработки	ИД-6ПК-3				+	+	Контрольная работа/Методы химического контроля водного теплоносителя Тестирование/Системы химического контроля, их принципиальные схемы на ТЭС и АЭС
измерять нормируемые и контролируемые показатели качества теплоносителя с помощью типовых	ИД-6ПК-3			+			Тестирование/Электрохимические методы контроля проб воды и пара

анализаторов, оценивать погрешность измерений; осуществлять выбор методов и средств измерений для контроля качества теплоносителя							
---	--	--	--	--	--	--	--

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

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

**8 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Методы получения представительной пробы. Особенности методов отбора и подготовки пробы для АЭС (Контрольная работа)
2. Методы химического контроля водного теплоносителя (Контрольная работа)
3. Пароводяной тракт ТЭС и АЭС как объект химического контроля воды и пара (Тестирование)
4. Системы химического контроля, их принципиальные схемы на ТЭС и АЭС (Тестирование)
5. Электрохимические методы контроля проб воды и пара (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

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

Экзамен (Семестр №8)

Итоговая оценка по курсу выставляется путем прибавления баллов промежуточной и текущей аттестации

Курсовая работа (КР) (Семестр №8)

Итоговая оценка выставляется путем прибавления баллов промежуточной и текущей аттестации

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

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

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

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

1. Петрова Т.И. , Воронов В.Н. , Ларин Б.М. - "Технология организации водно-химического режима атомных электростанций", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2012 - (272 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72307](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72307);
2. Водно-химический режим и химический контроль теплоносителей ТЭС и АЭС : сборник задач по направлениям 13.03.01 и 13.04.01 "Теплоэнергетика и теплотехника" / Т. И. Петрова, О. В. Егошина, Н. А. Большакова, [и др.], Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 92 с. - ISBN 978-5-7046-2131-7 .  
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=10975>;
3. Мартынова, О. И. Химический контроль водного режима атомных электростанций / О. И. Мартынова, Л. М. Живилова, Н. П. Субботина . – М. : Энергия, 1980 . – 208 с.;
4. Химический контроль на тепловых и атомных электростанциях : Учебник для вузов по специальности "Технология воды и топлива на тепловых электростанциях" / Ред. О. И. Мартынова . – М. : Энергия, 1980 . – 320 с.;

5. Ларин Б.М. , Бушуев Е.Н. - "Основы математического моделирования химико-технологических процессов обработки теплоносителя на ТЭС и АЭС", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2016 - (311 с.)

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72251;](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72251)

6. Изучение электрохимических методов измерения показателей качества воды и методики калибровки автоматических анализаторов химического контроля. Сборник лабораторных работ : учебное пособие по курсам "Химический контроль теплоносителей" и др. по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / О. В. Егошина, Ю. А. Морыганова, В. Н. Воронов, Н. А. Большакова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 104 с. - ISBN 978-5-7046-1741-9 .

[http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=8217.](http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=8217)

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
4. MasterSCADA;
5. OPC сервер MAPK-9000.

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>

2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)

3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>

4. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>

5. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>

6. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>

7. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>

8. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>

9. Журналы Institute of Physics (IOP), Великобритания - <https://iopscience.iop.org/>

10. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

11. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>

12. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>

13. 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	А-406, Учебная аудитория "А"	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	А-406, Учебная аудитория "А"	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
Учебные аудитории для проведения	В-418, Учебно-научная лаборатория "Системы"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, тумба,

лабораторных занятий	химико-технологического мониторинга водного теплоносителя"	компьютерная сеть с выходом в Интернет, лабораторный стенд, многофункциональный центр, оборудование для экспериментов, техническая аппаратура, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	А-406, Учебная аудитория "А"	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	В-413/1, Кабинет сотрудников каф. "ТОТ"	стул, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный, холодильник
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	В-417, Помещение учебно-вспомогательного персонала каф. "ТОТ"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф для документов, шкаф для хранения инвентаря, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, многофункциональный центр, компьютер персональный, принтер, кондиционер

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Химический контроль теплоносителей на ТЭС и АЭС

(название дисциплины)

## 8 семестр

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

- КМ-1 Пароводяной тракт ТЭС и АЭС как объект химического контроля воды и пара (Тестирование)
- КМ-2 Методы получения представительной пробы. Особенности методов отбора и подготовки пробы для АЭС (Контрольная работа)
- КМ-3 Электрохимические методы контроля проб воды и пара (Тестирование)
- КМ-4 Методы химического контроля водного теплоносителя (Контрольная работа)
- КМ-5 Системы химического контроля, их принципиальные схемы на ТЭС и АЭС (Тестирование)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	10	12	14
1	Пароводяной тракт как объект химического контроля. Термины и определения						
1.1	Пароводяной тракт как объект химического контроля. Термины и определения		+	+			
1.2	Установка подготовки воды как объект химического контроля		+	+			+
2	Методы получения представительной пробы. Особенности методов отбора и подготовки пробы для АЭС						
2.1	Назначение систем химического контроля		+	+			+
2.2	Методы получения представительной пробы		+	+			+
3	Электрохимические методы контроля проб воды и пара						
3.1	Электрохимические методы измерения				+	+	
3.2	Методы контроля коррозионного состояния оборудования				+	+	
4	Методы химического контроля водного теплоносителя						
4.1	Оптические методы анализа состава теплоносителя					+	
4.2	Погрешности измерений и их оценка				+	+	+
5	Системы химического контроля, их принципиальные схемы на ТЭС и АЭС						

5.1	Системы автоматического химического контроля				+	+
5.2	Лабораторный химический контроль				+	+
Вес КМ, %:		15	25	15	30	15

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА  
КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Химический контроль теплоносителей на ТЭС и АЭС

(название дисциплины)

**8 семестр**

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:**

- КМ-1 Описание тепловой схемы ТЭС с указанием основных потоков и нормируемых параметров теплоносителя. Определение объема автоматического и лабораторного химического контроля
- КМ-2 Описание системы химического контроля и ее назначение. Обоснование выбора пробоотборных точек. Расчет устройства для отбора пробы применительно к различным типам сред. Разработка чертежа пробоотборного зонда для отбора проб воды и пара
- КМ-3 Выбор анализаторов автоматического и лабораторного химического контроля. Разработка схемы химического контроля в номинальном режиме работы энергоблока
- КМ-4 Оформление расчетно-пояснительной записки и графического материала

**Вид промежуточной аттестации – защита КР.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	10	14
1	Определение объема автоматического и лабораторного химического контроля		+			
2	Расчет устройства для отбора пробы применительно к различным типам сред			+		
3	Разработка схемы химического контроля в пусковом режиме работы энергоблока				+	
4	Разработка схемы химического контроля в номинальном режиме работы энергоблока					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25