

**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: Цифровизация в тепловой и возобновляемой энергетике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**ВОДОПОДГОТОВКА**

<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.06.01</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>5 семестр - 6;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>216 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>5 семестр - 48 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>5 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>5 семестр - 32 часа;</b>
<b>Консультации</b>	<b>5 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>5 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>Расчетно-графическая работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>5 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Большакова Н.А.
	Идентификатор	R6946266-BolshakovaNA-3b257d4

Н.А. Большакова

**СОГЛАСОВАНО:**

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 основных понятий, технологий и оборудования для подготовки водного теплоносителя на ТЭС и АЭС

### Задачи дисциплины

- ознакомление с технологическими процессами и аппаратами, используемыми при подготовке водного теплоносителя на ТЭС и АЭС;
- формирование навыков принимать и обосновывать конкретные технические решения при проектировании и эксплуатации установок по очистке добавочной воды на ТЭС и АЭС.

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 работы водоподготовительного оборудования	ИД-1 <sub>ПК-3</sub> Знает устройство и принцип работы оборудования водоподготовки и водоочистки на объектах энергетики	знать: - основные физико-химические процессы подготовки добавочной воды на ТЭС и АЭС; - основные определения, закономерности, технологии и виды оборудования, применяемые в водоподготовке на энергетических объектах.  уметь: - принимать конкретные технологические решения при проектировании и эксплуатации установок подготовки добавочной воды на ТЭС и АЭС.
ПК-3 Способен участвовать в организации работы водоподготовительного оборудования	ИД-2 <sub>ПК-3</sub> Владеет современными методами проведения химического анализа, методиками расчета расходов материалов и реагентов	знать: - основные показатели, характеризующие качество воды и их изменение по ступеням обработки при подготовке добавочной воды.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Цифровизация в тепловой и возобновляемой энергетике (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы высшей математики
- знать основы информационных технологий
- знать основы физики
- знать основы химии
- знать основы технической термодинамики
- знать основы материаловедения, технологии конструкционных материалов

- знать основы гидрогазодинамики
- знать основы экологии

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	Тепловые схемы энергоблоков ТЭС. Использование воды на ТЭС	18	5	8	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Расчет производительности водоподготовительной установки. Проверка достоверности качества исходной воды. Расчет концентрации CO<sub>2</sub> в исходной воде. Характеристика воды источника водоснабжения. Принципиальная схема ВПУ.</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Подготовка материала к КМ-1</p> <p>"Использование воды на ТЭС. Концентрации примесей"</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Тепловые схемы энергоблоков ТЭС. Использование воды на ТЭС"</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделам "Тепловые схемы энергоблоков ТЭС. Использование воды на ТЭС"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], 14-91 [2], 9-23 [5], 5-47</p>
1.1	Использование воды на ТЭС	4		2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
1.2	Типы и характеристики природных вод	4		2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
1.3	Технологические показатели качества воды	10		4	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
2	Предварительная очистка воды	48		10	16	6	-	-	-	-	-	16	-	
2.1	Предварительная	16	4	4	2	-	-	-	-	-	6	-	<p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Предварительная очистка воды"</p>	

	очистка воды методами коагуляции и осаждения												<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Подготовка материала к КМ-2 "Предварительная очистка воды (коагуляция, флокуляция, известкование)", КМ-3 "Технология фильтрования воды (осветление)"
2.2	Предварительная очистка воды методом известкования	12	2	4	2	-	-	-	-	-	4	-	"Технология фильтрования воды (осветление)"
2.3	Осветление воды методами фильтрования	20	4	8	2	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Выбор схемы предварительной очистки воды. Качество воды после известкования и коагуляции. Расчет осветлительного фильтра. <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовить протоколы для выполнения лабораторных работ 1. "Предварительная обработка в осветлителе методами осаждения"; 2. "Эксплуатация однокамерного осветлительного (механического) фильтра" <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Предварительная очистка воды" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 92-195 [5], 48-103
3	Обработка воды методами ионного обмена	44	12	16	2	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Подготовка материала к КМ-4 "Обработка воды методами ионного обмена"
3.1	Ионообменный процесс	22	6	8	2	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Обработка воды методами ионного обмена"
3.2	Обработка воды методом ионного обмена	18	4	8	-	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Расчет фильтра смешанного действия. Расчет анионитных фильтров. Расчет катионитных фильтров.
3.3	Технологические схемы ионитных установок	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка протокола к выполнению лабораторных работ № 3 "Оптимизация

													работы водород-катионитного фильтра", № 4 "Работа обессоливающей установки с блочным включение фильтров" <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Обработка воды методами ионного обмена " <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 196-307 [5], 104-166	
4	Мембранные методы очистки воды	14	6	-	2	-	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Мембранные методы очистки воды"
4.1	Технология мембранного обессоливания	6	2	-	2	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Мембранные методы очистки воды"
4.2	Типы мембранных процессов	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Подготовка материала к КМ-5 "Мембранные методы очистки воды"
4.3	Мембранные установки	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Изменение показателя качества воды по ступеням ВПУ <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 308-435 [2], 24-370 [5], 167-181
5	Термические методы подготовки воды	10	4	-	2	-	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Расчет декарбонизатора
5.1	Термический способ обессоливания	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Термические методы очистки воды"
5.2	Удаление из воды растворенных газов	6	2	-	2	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Подготовка материала к КМ-6 "Термические методы очистки воды. Обработка охлаждающей воды и в системе

													теплоснабжения" <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Термические методы очистки воды" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 436-456 [5], 182-209, 239-266
6	Обработка охлаждающей воды на ТЭС	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Обработка охлаждающей воды на ТЭС"
6.1	Обработка охлаждающей воды на ТЭС	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Подготовка материала к КМ-6 "Термические методы очистки воды. Обработка охлаждающей воды и подпиточной воды системы теплоснабжения" <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Обработка охлаждающей воды на ТЭС" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 457-471 [5], 210-223
7	Обработка воды в системах теплоснабжения	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Обработка воды в системах теплоснабжения"
7.1	Обработка воды в системах теплоснабжения	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Подготовка материала к КМ-6 "Термические методы очистки воды. Обработка охлаждающей воды и подпиточной воды системы теплоснабжения" <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Обработка воды в системах теплоснабжения" <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Расчет



													требуемого количества и определение типоразмеров оборудования. Выбор оборудования. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 242-253 [5], 138-150
8	Очистка сточных вод электростанций	10	4	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Подготовка материала к КМ-7 "Технологии очистки сточных вод" <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Очистка сточных вод электростанций"
8.1	Сточные воды ТЭС и АЭС	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Очистка сточных вод электростанций" <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Определение объемов и состава сточных воды водоподготовительной установки <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 472-492 [3], 363-406 [5], 224-238
8.2	Экологические аспекты различных технологий обработки воды	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Подготовка к защите расчетно-графической работы <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 253-260 [4], 5-32 [5], 150-157
9	Проектирование водоподготовительной установки для ТЭС с энергоблоками СКП	28	-	-	-	-	-	-	-	-	28	-	<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Подготовка к защите расчетно-графической работы <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 253-260 [4], 5-32 [5], 150-157
9.1	Расчет при проектировании водоподготовительной установки на ТЭС	28	-	-	-	-	-	-	-	-	28	-	<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Подготовка к защите расчетно-графической работы <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 253-260 [4], 5-32 [5], 150-157
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>216.0</b>	<b>48</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	-	<b>2</b>	-	-	<b>0.5</b>	<b>84</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>216.0</b>	<b>48</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	-	-	-	<b>0.5</b>	<b>117.5</b>		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Тепловые схемы энергоблоков ТЭС. Использование воды на ТЭС

#### 1.1. Использование воды на ТЭС

Использование воды на ТЭС. Типичные схемы обращения воды на ТЭС. Потери воды и пара на ТЭС. Расчет производительности водоподготовительной установки. Загрязнение водного теплоносителя в трактах ТЭС.

#### 1.2. Типы и характеристики природных вод

Примеси и естественный химический состав поверхностных и подземных природных вод. Загрязнение природных водоемов стоками промышленных, сельскохозяйственных и коммунальных предприятий.

#### 1.3. Технологические показатели качества воды

Способы выражения концентраций. Жесткость, щелочность, солесодержание, рН, удельная электрическая проводимость, концентрации отдельных ионов, концентрация грубодисперсных примесей (плотный и сухой остаток, мутность, прозрачность), содержание коллоидных частиц (цветность, окисляемость, общий органический углерод), концентрация растворенных газов.

### 2. Предварительная очистка воды

#### 2.1. Предварительная очистка воды методами коагуляции и осаждения

Физико-химические процессы, протекающие в воде при коагуляции и флокуляции. Реагенты, применяемые для технологии коагуляции и флокуляции. Принципиальные технологические схемы коагуляционных установок. Факторы, влияющие на процесс коагуляции и флокуляции. Технологические показатели качества воды после коагуляции. Электрохимическая коагуляция. Контактная коагуляция.

#### 2.2. Предварительная очистка воды методом известкования

Физико-химические процессы, протекающие в воде при известковании. Реагенты, применяемые для технологии известкования. Химические реакции, протекающие при известковании воды. Принципиальные технологические схемы установок для обработки воды методами осаждения. Технологические показатели качества воды после известкования. Содоизвесткование.

#### 2.3. Осветление воды методами фильтрования

Механизм фильтрования воды через фильтрующий материал. Осветительные фильтры насыпного и намывного типа. Этапы работы осветительных фильтров. Требования, предъявляемые к фильтрующим материалам для фильтров насыпного и намывного типа. Очистка турбинного конденсата в осветительных фильтрах. Электромагнитный фильтр. Осадительные процессы предварительной очистки воды (отстаивание, флотация).

### 3. Обработка воды методами ионного обмена

#### 3.1. Ионообменный процесс

Ионообменные материалы, применяемые на водоподготовительных установках. Физико-химические процессы ионного обмена. Классификация и свойства ионообменных смол. Реакции ионного обмена. Характеристики реакций ионного обмена.

### 3.2. Обработка воды методом ионного обмена

Технология катионирования. Na-катионирование. H-катионирование. Технология анионирования. OH-анионирование. Технология ионитного (химического) обессоливания воды. Процессы последовательного H-OH-ионирования воды. Процесс совместного H-OH-ионирования воды. ФСД с внутренней и выносной. Технологии прямоточного и противоточного ионного обмена.

### 3.3. Технологические схемы ионитных установок

Схемы включения ионитных фильтров. Этапы эксплуатации ионитных фильтров. Схемы химобессоливающих установок. Блочная обессоливающая установка. Технологическая схема ВПУ. Автоматизация ВПУ.

## 4. Мембранные методы очистки воды

### 4.1. Технология мембранного обессоливания

Процессы, протекающие в мембранных установках. Характеристики и строение полупроницаемой мембраны. Способы мембранной очистки. Свойства и классификация мембран. Факторы, влияющие на показатели работы мембран. Загрязнение и способы очистки мембран.

### 4.2. Типы мембранных процессов

Макрофильтрация. Микрофильтрация. Ультрафильтрация. Нанофильтрация. Обратный осмос. Электродиализ. Электродеионизация. Мембранная дегазация.

### 4.3. Мембранные установки

Мембранные элементы. Установки обратного осмоса на ВПУ. Электродиализные аппараты. Установка электродеионизации. Установки мембранной дегазации.

## 5. Термические методы подготовки воды

### 5.1. Термический способ обессоливания

Физико-химические процессы термической подготовки добавочной воды. Испарительные установки. Дистилляционные установки.

### 5.2. Удаление из воды растворенных газов

Процессы абсорбции и десорбции газов. Технология термической деаэрации воды. Технология декарбонизации воды. Химические методы удаления из воды коррозионно-агрессивных газов. Аппараты для удаления растворенных газов.

## 6. Обработка охлаждающей воды на ТЭС

### 6.1. Обработка охлаждающей воды на ТЭС

Классификация систем охлаждения. Системы охлаждения конденсатора турбин. Прямоточные водные системы охлаждения. Оборотные водные системы охлаждения. Способы предотвращения образования отложений в конденсаторах турбин.

## 7. Обработка воды в системах теплоснабжения

### 7.1. Обработка воды в системах теплоснабжения

Открытые и закрытые системы теплоснабжения. Подготовка подпиточной воды системы теплоснабжения. Обработки подпиточной воды в системах с пиковыми водогрейными котлами. Накипь и отложения в системе отопления. Коррозия в системе отопления. Механические примеси в системе отопления. Оборудование и методы водоподготовки для систем теплоснабжения.

#### 8. Очистка сточных вод электростанций

##### 8.1. Сточные воды ТЭС и АЭС

Стоки установок предварительной очистки воды. Стоки ионообменных установок. Стоки установок обратного осмоса. Сбросные воды систем охлаждения конденсаторов турбины. Коммунально-бытовые и хозяйственные сточные воды.

##### 8.2. Экологические аспекты различных технологий обработки воды

Способы очистки сточных вод. Биологическая очистка сточных вод. Механическая очистка сточных вод. Физико-химическая очистка сточных вод. Установки специальной очистки воды на АЭС.

#### 9. Проектирование водоподготовительной установки для ТЭС с энергоблоками СКП

##### 9.1. Расчет при проектировании водоподготовительной установки на ТЭС

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

1. Производительность водоподготовительной установки на ТЭС. Выбор типоразмеров и количества оборудования;
2. Нейтрализация сточных вод обессоливающей установки;
3. Термическое удаление растворенных газов;
4. Изменение ионного состава воды по ступеням при обессоливании методом ионного обмена;
5. Осветление известково-коагулированной воды;
6. Показатели качества воды после коагуляции и известкования в осветлителе;
7. Оценка показателей качества воды;
8. Способы выражения концентраций.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Работа обессоливающей установки с блочным включение фильтров;
2. Оптимизация работы водород-катионитного фильтра;
3. Эксплуатация однокамерного осветлительного (механического) фильтра;
4. Предварительная обработка в осветлителе методами осаждения.

### **3.5 Консультации**

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

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Тепловые схемы энергоблоков ТЭС. Использование воды на ТЭС"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Предварительная очистка воды"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Обработка воды методами ионного обмена"

4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Мембранные методы очистки воды"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Термические методы подготовки воды"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Обработка охлаждающей воды на ТЭС"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Обработка воды в системах теплоснабжения"
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Очистка сточных вод электростанций"
9. Проведение защит расчетно-графического задания

### **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	6	7	8	9	
<b>Знать:</b>											
основные определения, закономерности, технологии и виды оборудования, применяемые в водоподготовке на энергетических объектах	ИД-1пк-3					+	+	+	+		Тестирование/Термические методы очистки воды. Обработка охлаждающей воды и подпиточной воды системы теплоснабжения Тестирование/Технологии очистки сточных вод
основные физико-химические процессы подготовки добавочной воды на ТЭС и АЭС	ИД-1пк-3	+								+	Тестирование/Использование воды на ТЭС. Концентрации примесей Расчетно-графическая работа/Проектирование водоподготовительной установки для ТЭС с энергоблоками СКП
основные показатели, характеризующие качество воды и их изменение по ступеням обработки при подготовке добавочной воды	ИД-2пк-3		+	+	+						Тестирование/Мембранные методы очистки воды Тестирование/Обработка воды методами ионного обмена Тестирование/Предварительная очистка воды (коагуляция, флокуляция, известкование) Тестирование/Технология фильтрования воды (осветление)
<b>Уметь:</b>											
принимать конкретные технологические решения при проектировании и эксплуатации установок подготовки добавочной воды на ТЭС и АЭС	ИД-1пк-3									+	Расчетно-графическая работа/Проектирование водоподготовительной установки для ТЭС с энергоблоками СКП

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

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

#### **5 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Проектирование водоподготовительной установки для ТЭС с энергоблоками СКП (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Использование воды на ТЭС. Концентрации примесей (Тестирование)
2. Мембранные методы очистки воды (Тестирование)
3. Обработка воды методами ионного обмена (Тестирование)
4. Предварительная очистка воды (коагуляция, флокуляция, известкование) (Тестирование)
5. Термические методы очистки воды. Обработка охлаждающей воды и подпиточной воды системы теплоснабжения (Тестирование)
6. Технологии очистки сточных вод (Тестирование)
7. Технология фильтрования воды (осветление) (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

#### *Экзамен (Семестр №5)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 5 семестр.

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

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

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

1. Водоподготовка в энергетике : учебное издание для реализации основных образовательных программ высшего образования по направлению 13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника" / С. Л. Громов, Е. К. Долгов, К. А. Орлов, В. Ф. Очков, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2021 . – 576 с. - Книга-победитель конкурса рукописей учебной, научно-технической и справочной литературы по энергетике, посвящ. 90-летию МЭИ и 100-летию плана ГОЭЛРО . - ISBN 978-5-7046-2439-4 .  
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=11789>;
2. Технологии мембранного разделения в промышленной водоподготовке / А. А. Пантелеев, Б. Е. Рябчиков, О. В. Хоружий, и др. – М. : ДеЛи плюс, 2012 . – 429 с. - ISBN 978-5-905170-14-0 .;
3. Природоохранные технологии на ТЭС : учебное издание для реализации основных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника" / И. С. Никитина, В. Б. Прохоров, И. В. Путилова, [и др.], Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") ; ред. Н. Д. Рогалев, В. Б. Прохоров . – Москва : Изд-



во МЭИ, 2021 . – 452 с. - Книга-победитель конкурса рукописей учебной, научно-технической и справочной литературы по энергетике, посвященного 90-летию МЭИ и 100-летию плана ГОЭРЛО . - ISBN 978-5-7046-2428-8 .

<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=11652>;

4. Копылов, А. С. Процессы и аппараты водоподготовки. Сборник расчетных заданий : учебное пособие по дисциплинам "Водоподготовка", "Химико-технологические процессы, аппараты и режимы", "Физико-химические основы технологии воды", "Химико-технологические процессы водоподготовки" по направлению "Теплоэнергетика" / А. С. Копылов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2006 . – 60 с. - ISBN 5-7046-1325-X .;

5. Копылов А.С. , Лавыгин В.М. , Очков В.Ф. - "Водоподготовка в энергетике", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2016 - (310 с.)

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72208](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72208).

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

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. SmathStudio;
3. TBT Shell.

## **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 ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>

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

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

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

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

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

10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>

11. База данных издательства Annual Reviews Science Collection - <https://www.annualreviews.org/>

12. Журналы издательства Cambridge University Press - <https://www.cambridge.org/core>

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

14. Журналы научного общества Optical Society of America (OSA) - <https://www.osapublishing.org/about.cfm>

15. Патентная база Orbit Intelligence компании Questel - <https://www.orbit.com/>

16. Журналы издательства Oxford University Press - <https://academic.oup.com/journals/>

17. Журналы издательства Wiley - <https://onlinelibrary.wiley.com/>

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

19. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>

20. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>

21. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>

22. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>

23. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>

24. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
25. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru>;  
<http://docs.cntd.ru/>
26. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
27. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
28. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
29. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>
30. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки - <https://obrnadzor>
31. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>
32. Информио - <https://www.informio.ru/>
33. АНО «Россия – страна возможностей» - <https://rsv.ru/education/>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Б-205, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, колонки
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	В-411, Учебная лаборатория «Вычислительный центр ТВТ»	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	В-411, Учебная лаборатория «Вычислительный центр ТВТ»	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	В-411, Учебная лаборатория «Вычислительный центр ТВТ»	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, кондиционер
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	В-417, Помещение учебно-	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф для документов, шкаф для

оборудования и учебного инвентаря	вспомогательного персонала каф. "ТОТ"	хранения инвентаря, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, многофункциональный центр, компьютер персональный, принтер, кондиционер
-----------------------------------	---------------------------------------	--

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Водоподготовка

(название дисциплины)

#### 5 семестр

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

- КМ-1 Использование воды на ТЭС. Концентрации примесей (Тестирование)
- КМ-2 Предварительная очистка воды (коагуляция, флокуляция, известкование) (Тестирование)
- КМ-3 Технология фильтрования воды (осветление) (Тестирование)
- КМ-4 Обработка воды методами ионного обмена (Тестирование)
- КМ-5 Мембранные методы очистки воды (Тестирование)
- КМ-6 Термические методы очистки воды. Обработка охлаждающей воды и подпиточной воды системы теплоснабжения (Тестирование)
- КМ-7 Технологии очистки сточных вод (Тестирование)
- КМ-8 Проектирование водоподготовительной установки для ТЭС с энергоблоками СКП (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
		Неделя КМ:	4	6	8	10	12	14	15	16
1	Тепловые схемы энергоблоков ТЭС. Использование воды на ТЭС									
1.1	Использование воды на ТЭС		+							+
1.2	Типы и характеристики природных вод		+							+
1.3	Технологические показатели качества воды		+							+
2	Предварительная очистка воды									
2.1	Предварительная очистка воды методами коагуляции и осаждения			+	+	+	+			
2.2	Предварительная очистка воды методом известкования			+	+	+	+			
2.3	Осветление воды методами фильтрования			+	+	+	+			
3	Обработка воды методами ионного обмена									
3.1	Ионообменный процесс			+	+	+	+			
3.2	Обработка воды методом ионного обмена			+	+	+	+			

3.3	Технологические схемы ионитных установок		+	+	+	+			
4	Мембранные методы очистки воды								
4.1	Технология мембранного обессоливания		+	+	+	+			
4.2	Типы мембранных процессов		+	+	+	+			
4.3	Мембранные установки		+	+	+	+			
5	Термические методы подготовки воды								
5.1	Термический способ обессоливания						+	+	
5.2	Удаление из воды растворенных газов						+	+	
6	Обработка охлаждающей воды на ТЭС								
6.1	Обработка охлаждающей воды на ТЭС						+	+	
7	Обработка воды в системах теплоснабжения								
7.1	Обработка воды в системах теплоснабжения						+	+	
8	Очистка сточных вод электростанций								
8.1	Сточные воды ТЭС и АЭС						+	+	
8.2	Экологические аспекты различных технологий обработки воды						+	+	
9	Проектирование водоподготовительной установки для ТЭС с энергоблоками СКП								
9.1	Расчет при проектировании водоподготовительной установки на ТЭС	+							+
Вес КМ, %:		10	15	10	15	10	10	10	20