

**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: Автономные энергетические системы

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ОСНОВЫ ВОДОПОДГОТОВКИ**

<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.02</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>5 семестр - 3;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>108 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>5 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>5 семестр - 16 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>5 семестр - 59,7 часа;</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>Контрольная работа</b> <b>Коллоквиум</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>5 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2020**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Никитина И.С.
	Идентификатор	Rb9efc6b6-NikitinaIS-0f331b90

(подпись)

И.С. Никитина

(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Ланская И.И.
	Идентификатор	R3db6324d-Lanskyall-6f410db9

(подпись)

И.И. Ланская

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кулешов Н.В.
	Идентификатор	Re9c42de9-KuleshovNV-bc390ed6

(подпись)

Н.В. Кулешов

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение основных понятий, технологий и оборудования для подготовки добавочной воды на объектах энергетики

### Задачи дисциплины

- освоение технологических процессов, используемых при подготовке добавочной воды на ТЭС;
- приобретение навыков принятия и обоснования конкретных технических решений при проектировании и эксплуатации установок по очистке добавочной воды на ТЭС.

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-1 Способен участвовать в проектировании и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Принимает участие в разработке принципиальных схем и оборудования для объектов теплоэнергетики и теплотехники	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- основные показатели, характеризующие качество воды и их изменение по ступеням обработки на установке подготовки добавочной воды;</li><li>- типовые схемы систем водоподготовки, их особенности, достоинства и недостатки;</li><li>- основные процессы, технологии и виды оборудования, применяемые в водоподготовке, их области применения и назначение;</li><li>- основные определения и закономерности, относящиеся к водоподготовке.</li></ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- принимать конкретные технологические решения при проектировании и эксплуатации установок подготовки добавочной воды на ТЭС.</li></ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Автономные энергетические системы (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы математики
- знать основы информационных технологий
- знать основы физики
- знать основы химии
- знать основы технической термодинамики
- знать основы дисциплины материаловедение, технологии конструкционных материалов
- знать основы гидрогазодинамики

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 3 зачетных единицы, 108 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	Использование воды на ТЭС. Технологические показатели качества воды. Характеристика природных вод	24	5	10	4	-	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Использование воды на ТЭС. Технологические показатели качества воды. Характеристика природных вод"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], стр.3-10 [4], стр. 5-11, стр. 31-47</p>
1.1	Введение. Использование воды на ТЭС	4		2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
1.2	Технологические показатели качества воды	12		4	4	-	-	-	-	-	-	4	-	
1.3	Типы и характеристики природных вод	8		4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
2	Предварительная очистка воды	10		2	4	-	-	-	-	-	-	4	-	
2.1	Предварительная очистка воды	10	2	4	-	-	-	-	-	-	4	-	<p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Задание выполняется индивидуально по вариантам. Расчетное задание выполняется в форме домашнего задания. Выполнить: 1. Расчет производительности водоподготовительной установки. 2. Расчет требуемого количества и определение типоразмеров оборудования предварительной очистки воды. 3. Расчет требуемого количества и определение типоразмеров ионообменного оборудования. 4. Определение объемов сточных воды водоподготовительной установки. В качестве</p>	

													исходных данных используется: параметры ТЭС (давление и температура острого пара, номинальная мощность энергоблока, количество энергоблоков, место сооружения ТЭС) Минимальный объем расчетно- пояснительной записки – 15 стр. Срок выполнения расчетного задания 12 недель. <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 "Предварительная очистка воды" материалу. <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Предварительная очистка воды" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр.23-67 [4], стр. 48-103
3	Обработка воды методом ионного обмена	26	12	4	-	-	-	-	-	-	10	-	<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 "Обработка воды методом ионного обмена" материалу. <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Обработка воды методом ионного обмена" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 5-16 [4], стр. 104-166
3.1	Обработка воды методом ионного обмена	26	12	4	-	-	-	-	-	-	10	-	

4	Мембранные методы очистки воды	16	4	2	-	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Мембранные методы очистки воды" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], стр. 167-181
4.1	Мембранные методы очистки воды	16	4	2	-	-	-	-	-	-	10	-	
5	Удаление из воды растворимых газов	6	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<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 "Удаление из воды растворимых газов" материалу. <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Удаление из воды растворимых газов" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], стр. 182-209
5.1	Удаление из воды растворимых газов	6	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
6	Экологические аспекты различных технологий обработки воды	8	2	2	-	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение изученного материала по пройденным разделам. Защита лабораторных работ. Защита расчетного задания. <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Экологические аспекты различных технологий обработки воды"
6.1	Экологические аспекты различных технологий обработки воды	8	2	2	-	-	-	-	-	-	4	-	
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>42</b>	<b>17.7</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>59.7</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. Использование воды на ТЭС. Технологические показатели качества воды.

#### Характеристика природных вод

##### 1.1. Введение. Использование воды на ТЭС

Использование воды на ТЭС. Вода как теплоноситель, замедлитель и рабочее тело. Типичные схемы обращения воды на ТЭС. Загрязнение водного теплоносителя в трактах ТЭС.

##### 1.2. Технологические показатели качества воды

Жесткость, щелочность, рН, окисляемость, концентрация ионов, концентрация грубодисперсных примесей, сухой остаток, прокаленный остаток.

##### 1.3. Типы и характеристики природных вод

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

### 2. Предварительная очистка воды

#### 2.1. Предварительная очистка воды

Физико-химические процессы, протекающие в воде при коагуляции. Изменение химического состава воды при коагуляции. Принципиальные технологические схемы коагуляционных установок. Химические реакции, протекающие при известковании воды. Принципиальные технологические схемы установок для обработки воды методами осаждения. Осветительные фильтры насыпного и намывного типа. Требования, предъявляемые к фильтрующим материалам для фильтров насыпного и намывного типа.

### 3. Обработка воды методом ионного обмена

#### 3.1. Обработка воды методом ионного обмена

Ионообменные материалы, применяемые на водоподготовительных установках. Основные закономерности ионного обмена. Технология катионирования. На-катионирование. Н-катионирование. Технология ионитного (химического) обессоливания воды. Процессы последовательного Н-ОН-ионирования воды. Принципиальные схемы ионитного обессоливания воды с одной и несколькими ступенями отдельного Н-ОН-ионирования. Процесс совместного Н-ОН-ионирования воды. Конструкции ФСД с регенерацией внутри и вне корпуса фильтра. Технология выносной регенерации.

### 4. Мембранные методы очистки воды

#### 4.1. Мембранные методы очистки воды

Особенности ионного обмена и процессов в ионообменных мембранах.. Принципиальные схемы электродиализных аппаратов. Диализ. Обратный осмос. Процессы, протекающие в установках. Характеристики мембран. Требования к качеству исходной воды, обрабатываемой мембранными способами.

### 5. Удаление из воды растворимых газов

#### 5.1. Удаление из воды растворимых газов



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

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

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

Стоки установок предварительной очистки воды. Стоки ионообменных установок. Стоки установок ультрафильтрации и обратного осмоса. Очистка нефтесодержащих сточных вод. Нейтрализация, концентрирование и обработка стоков на ТЭС.

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

не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Предварительная обработка в осветлителе для коагуляции и известкования;
2. Эксплуатация однокамерного осветлительного фильтра;
3. Технологическая схема водоподготовительной установки;
4. Оптимизация работы Н-катионитного фильтра;
5. Оптимизация работы цепочки ионитных фильтров.

### **3.5 Консультации**

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

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Введение. Использование воды на ТЭС"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Предварительная очистка воды"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Обработка воды методом ионного обмена"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Мембранные методы очистки воды"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Удаление из воды растворимых газов"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Экологические аспекты различных технологий обработки воды"

### **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	
<b>Знать:</b>								
основные определения и закономерности, относящиеся к водоподготовке	ИД-2ПК-1	+						Контрольная работа/Технологические показатели качества воды
основные процессы, технологии и виды оборудования, применяемые в водоподготовке, их области применения и назначение	ИД-2ПК-1		+	+	+			Контрольная работа/Методы обессоливания воды Контрольная работа/Методы предварительной очистки воды
типовые схемы систем водоподготовки, их особенности, достоинства и недостатки	ИД-2ПК-1			+		+	+	Контрольная работа/Методы обессоливания воды
основные показатели, характеризующие качество воды и их изменение по ступеням обработки на установке подготовки добавочной воды	ИД-2ПК-1		+	+	+	+		Коллоквиум/Расчет схемы подготовки добавочной воды для ТЭС. Защита лабораторных работ
<b>Уметь:</b>								
принимать конкретные технологические решения при проектировании и эксплуатации установок подготовки добавочной воды на ТЭС	ИД-2ПК-1			+	+	+	+	Коллоквиум/Расчет схемы подготовки добавочной воды для ТЭС. Защита лабораторных работ

## **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: Билеты (письменный опрос)

1. Методы обессоливания воды (Контрольная работа)
2. Методы предварительной очистки воды (Контрольная работа)
3. Технологические показатели качества воды (Контрольная работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Расчет схемы подготовки добавочной воды для ТЭС. Защита лабораторных работ (Коллоквиум)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №5)*

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

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

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

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

1. Пильщиков, А. П. Очистка воды методом фильтрования : Учебное пособие по дисциплине "Химико-технологические процессы, аппараты и режимы" для вузов по направлению "Теплоэнергетика" / А. П. Пильщиков, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2004 . – 64 с. - ISBN 5-7046-1157-5 .;
2. Предварительная очистка воды в схемах водоподготовки : Учебное пособие по дисциплинам "Водоподготовка", "Химико-технологические процессы, аппараты и режимы", по направлению "Теплоэнергетика" / А. В. Богловский, А. С. Копылов, В. Ф. Очков, и др., Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2002 . – 79 с. - ISBN 5-7046-0864-7 .;
3. Никитина, И. С. Водно-химические режимы тепловых электрических станций : учебное пособие по курсам "Водно-химические режимы ТЭС", "Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС" по направлениям 13.03.01, 13.04.01 "Теплоэнергетика и теплотехника" / И. С. Никитина, И. А. Бураков, А. Е. Верховский, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : ФИЛИНЪ, 2017 . – 74 с. - ISBN 978-5-9216-0539-8 .;
4. 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. СДО "Прометей";
2. Office;
3. Windows;
4. MathCad;

5. Майнд Видеоконференции.

### **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 Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
7. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
8. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
9. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
10. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
11. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
12. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
13. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
14. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
15. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
16. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>
17. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки - <https://obrnadzor>
18. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

### **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
	отсутствует	

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## ОСНОВЫ ВОДОПОДГОТОВКИ

(название дисциплины)

## 5 семестр

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

КМ-1 Технологические показатели качества воды (Контрольная работа)

КМ-2 Методы предварительной очистки воды (Контрольная работа)

КМ-3 Методы обессоливания воды (Контрольная работа)

КМ-4 Расчет схемы подготовки добавочной воды для ТЭС. Защита лабораторных работ (Коллоквиум)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Использование воды на ТЭС. Технологические показатели качества воды. Характеристика природных вод					
1.1	Введение. Использование воды на ТЭС		+			
1.2	Технологические показатели качества воды		+			
1.3	Типы и характеристики природных вод		+			
2	Предварительная очистка воды					
2.1	Предварительная очистка воды			+	+	+
3	Обработка воды методом ионного обмена					
3.1	Обработка воды методом ионного обмена			+	+	+
4	Мембранные методы очистки воды					
4.1	Мембранные методы очистки воды			+	+	+
5	Удаление из воды растворимых газов					
5.1	Удаление из воды растворимых газов				+	+
6	Экологические аспекты различных технологий обработки воды					
6.1	Экологические аспекты различных технологий обработки воды				+	+

	Bec KM, %:	20	20	20	40
--	------------	----	----	----	----