



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
В.Р. Храмшин

10.02.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**ОСНОВЫ ВОДОПОДГОТОВКИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ПРЕДПРИЯТИЯХ**

Направление подготовки (специальность)  
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Энергообеспечение предприятий

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
заочная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	4

Магнитогорск  
2023 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 143)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Теплотехнических и энергетических систем

17.01.2023 г. протокол № 5

Зав. кафедрой  Е.Г. Нешпоренко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС


10.02.2023 г. протокол № 7

Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:  
ст. преподаватель кафедры ТиЭС

 М.С. Соколова

Рецензент:  
Зам. начальника ЦЭСТ ПАО "ММК",  
канд. техн. наук

 В.Н. Михайловский

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Г. Нешпоренко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Г. Нешпоренко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Г. Нешпоренко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Г. Нешпоренко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Г. Нешпоренко

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целями освоения дисциплины «Основы водоподготовки на промышленных предприятиях» являются изучение систем водоподготовки энергетических объектов промышленных предприятий; изучение методов расчета систем водоподготовки на стадиях проектирования; изучение методов подготовки добавочной и подпиточной воды; изучение методов обработки охлаждающей воды оборотных систем водоснабжения; приобретение знаний по организации и обеспечению требуемых водно-химических режимов объектов промышленной теплоэнергетики; изучение методов обработки воды для различных условий работы теплоэнергетического оборудования; изучение общих схем технологического процесса при применении различных методов обработки воды для котельных и тепловых электростанций.

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Основы водоподготовки на промышленных предприятиях входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Гидрогазодинамика

Физика

Химия

Математика

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Тепловые электрические станции

Энергетика и экология

Технологические энергоносители предприятий

Паротурбинные установки

Производственная-технологическая практика

Теплоэнергетические системы промышленных предприятий

Тепломассообменное оборудование предприятий

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Основы водоподготовки на промышленных предприятиях» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-1	Способен участвовать в оценке технического состояния, поддержания и восстановления работоспособности тепломеханического оборудования промышленных ТЭС
ПК-1.1	Оценивает уровень технических решений направленных на повышение эффективности работы тепломеханического оборудования
ПК-1.2	Проводит учет и анализ технико-экономических показателей работы тепломеханического оборудования

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 12,9 акад. часов;
- аудиторная – 10 акад. часов;
- внеаудиторная – 2,9 акад. часов;
- самостоятельная работа – 86,4 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 8,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Раздел 1. Источники загрязнения пароводяного тракта ТЭС.								
1.1 Технологические показатели качества воды.	4	0,5	0,5	1	10	Проработка лекционного материала; подготовка к выполнению лабораторной работы. Приложение 1.	Наличие конспектов лекций; сдача отчета по лабораторной работе.	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		0,5	0,5	1	10			
2. Раздел 2. Предварительная очистка воды на ВПУ.								
2.1 Методы осаждения: коагуляция, известкование.	4	0,5	0,5	1	10	Проработка лекционного материала. Подготовка к выполнению лабораторной работы. Решение РГР. Приложение 1.	Наличие конспектов лекций; сдача отчета по лабораторной работе; проверка выполнения РГР.	ПК-1.1, ПК-1.2
2.2 Очистка от взвешенных примесей методом фильтрования.		0,25	0,5	0,5	10	Проработка лекционного материала; подготовка к выполнению лабораторной работы. Решение РГР. Приложение 1.	Наличие конспектов лекций; сдача отчета по лабораторной работе; проверка выполнения РГР.	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		0,75	1	1,5	20			
3. Раздел 3. Обработка воды методами ионного обмена.								

3.1 Ионообменные материалы. Na-катионирование, H-катионирование, технология, регенерация фильтров.	4	0,25	0,5	0,5	10	Проработка лекционного материала; подготовка к выполнению лабораторной работы. Решение РГР. Приложение 1.	Наличие конспектов лекций; сдача отчета по лабораторной работе; проверка выполнения РГР.	ПК-1.1, ПК-1.2
3.2 Анионирование воды. Оборудование, технологические схемы умягчения и химического обессоливания.		0,5		0,5	10	Проработка лекционного материала. Решение РГР. Приложение 1.	Наличие конспектов лекций; проверка выполнения РГР.	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		0,75	0,5	1	20			
4. Раздел 4. Удаление из воды растворенных газов.								
4.1 Методы удаления растворенных газов из воды.	4	0,5		0,5	5	Проработка лекционного материала; Решение РГР. Приложение 1.	Наличие конспектов лекций; сдача проверка выполнения РГР.	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		0,5		0,5	5			
5. Раздел 5. Безреагентные методы подготовки воды в схемах ВПУ.								
5.1 Термическое обессоливание воды в испарителях.	4	0,5			10	Проработка лекционного материала; Приложение 1.	Наличие конспектов лекций.	ПК-1.1, ПК-1.2
5.2 Мембранные методы обработки воды, обратный осмос.		0,5			6,4	Проработка лекционного материала. Приложение 1.	Наличие конспектов лекций.	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		1			16,4			
6. Раздел 6. Обработка охлаждающей воды оборотных систем водоснабжения								
6.1 Методы обработки охлаждающей воды в оборотных системах водоснабжения.	4	0,5			15	Проработка лекционного материала. Приложение 1.	Наличие конспектов лекций.	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		0,5			15			
Итого за семестр		4	2	4	86,4		экзамен	
Итого по дисциплине		4	2	4	86,4		экзамен	

## 5 Образовательные технологии

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины «Основы водоподготовки на промышленных предприятиях» в качестве образовательных технологий используются как традиционные, так и модульно-компетентностные технологии.

Целями образовательных и информационных технологий являются:

- активизирование мышления обучающихся;
- формирование интереса к изучаемому материалу;
- развитие интеллекта и творческих способностей обучающихся.

Лекционный материал закрепляется на лабораторных работах, где применяется совместная деятельность студентов в группе, направленная на решение общей задачи путем сложения результатов индивидуальной работы членов группы. Для развития и совершенствования коммуникативных способностей студентов организуются практические занятия в виде дискуссий, анализа реальных проблемных ситуаций и междисциплинарных связей из различных областей в контексте решаемой задачи. Передача необходимых теоретических знаний и формирование представлений по курсу происходит с применением мультимедийного оборудования. На занятиях внедряются такие информационные технологии, как использование электронных изданий (чтение лекций с использованием слайд-презентаций, электронного курса лекций, графических объектов, видео- и аудио- материалов (через Интернет). Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе написания рефератов, подготовки к дискуссиям, к контрольным работам и тестированию. Этапы познавательной деятельности студентов предполагают последовательно постановку интересующей их проблемы, выдвижение гипотез при ее решении, выражение решения гипотезы научным языком, а также реализация продукта в виде публичного выступления, доклада или презентации. Корректировки образовательного процесса проходят с использованием обратной связи между преподавателем и обучающимися на

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

## 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### а) Основная литература:

1. Копылов, А.С. Водоподготовка в энергетике: учебное пособие для вузов / Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. - Москва: Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01115-7. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011157.html>

2. Первов, А.Г. Технологии очистки природных вод: Учебное издание / Первов А. Г. - Москва: Издательство АСВ, 2016. - 600 с. - ISBN 978-5-4323-0149-9. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432301499.html>

### б) Дополнительная литература:

1. Толмачева, В.Ф. Физико-химические способы водоподготовки: конспект лекций: учебное пособие / В.Ф. Толмачева. Магнитогорск: МГТУ, 2013. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). Загл. с титул. экрана. URL:

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=922.pdf&show=dcatalogues/1/1118918/922.pdf&view=true>

Макрообъект. Текст: электронный. Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Григорьева, Л.С. Физико-химическая оценка качества и водоподготовка природных вод / Григорьева Л.С. - Москва: Издательство АСВ, 2011. - 152 с. - ISBN 978-5-93093-802. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN978593093802.html>

3. Шачнева, Е.Ю. Водоподготовка и химия воды: учебно-методическое пособие для вузов / Е.Ю. Шачнева. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 104 с. — ISBN 978-5-8114-8005-0. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171891>

4. Фрог, Б.Н. Водоподготовка: Учеб. для вузов / Фрог Б.Н., Первов А.Г. - Москва: Издательство АСВ, 2015. - 512 с. - ISBN 978-5-93093-974-3. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930939743.html>

**в) Методические указания:**

1. Толмачева, В.Ф. Физико-химические способы водоподготовки: методические указания для студентов по подготовке к практическим работам / В.Ф. Толмачева. Магнитогорск: МГТУ, 2013. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). Загл. с титул. экрана. URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1534.pdf&show=dcatalogues/1/1124300/1534.pdf&view=true>

Макрообъект. Текст: электронный. Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Соколова, М.С. Определение показателей качества воды: методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Физико-химические основы водоподготовки». – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2019. – 17 с.

3. Любимова, Л.Л. Инженерные расчеты в водоподготовке паровых и водогрейных котлов: учебное пособие / Л.Л. Любимова, А.С. Заворин, А.А. Ташлыков. — Томск : ТПУ, 2009. — 133 с. — ISBN 5-98298-453-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/45148>

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое	бессрочно
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
Linux Calculate	свободно распространяемое	бессрочно

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>



Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru">https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru</a>
Университетская информационная система РОССИЯ	<a href="https://uisrussia.msu.ru">https://uisrussia.msu.ru</a>
Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный»	<a href="https://archive.neicon.ru/xmlui/">https://archive.neicon.ru/xmlui/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>

### **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа: мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Учебная аудитория для проведения лабораторных работ (лаборатория топлива и химводоподготовки): комплекс лабораторных установок по изучению свойств воды; комплекс лабораторных установок по изучению физических и химических свойств веществ; вытяжной шкаф; печь; весы электронные, микроскоп.

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: доска, мел.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся: персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования, инструменты для ремонта лабораторного оборудования.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа стимулирует обучающихся к проработке тем в процессе подготовки к лабораторным и практическим занятиям и осуществляется:

- во время аудиторных практических занятий;
- под контролем преподавателя в форме плановых консультаций, творческих контактов.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам усвоения дисциплины включают в себя:

- тесты для самопроверки;
- выполнение расчетно-графической работы.

### Перечень вопросов для тестирования и текущего контроля

1	<b>Процесс подготовки теплоносителя у источника теплоты состоит из трех последовательных операций:</b>
A	1) механическая очистка; 2) деаэрация; 3) известкование
B	1) метод осаждения; 2) осветление; 3) деаэрация
C	1) механическая очистка; 2) химическая обработка; 3) деаэрация
D	1) подпитка; 2) периодическая продувка; 3) деаэрация

2	<b>Удаление газов из питательной или подпиточной воды называют:</b>
A	Десорбцией
B	Деаэрацией
C	Декарбонизацией
D	Диссоциацией

3	<b>Величина подпитки закрытых систем теплоснабжения принимается равной:</b>
A	0,25 % в час от объема воды в системе теплоснабжения
B	0,25 % в час от объема воды в котлоагрегатах
C	0,25 % в час от объема деаэраторного бака
D	0,75 % в час от объема воды в трубопроводах

4	<b>При каком значении pH происходит смена окраски индикатора ФФ (фенолфталеина), при определении щелочности воды Щф по ФФ:</b>
A	при pH ~ 4,0
B	при pH ~ 5,5
C	при pH ~ 7,0
D	при pH ~ 8,3

5	<b>При каком значении pH происходит смена окраски индикатора МО (метилоранж), при определении щелочности воды Щм по МО:</b>
A	при pH ~ 4,0
B	при pH ~ 5,5
C	при pH ~ 7,0
D	при pH ~ 8,3

6	<b>Жесткостью воды называют:</b>
A	Суммарное количество содержащихся в воде ионов $\text{OH}^-$ и $\text{HCO}_3^-$ ,

	выраженное в миллиграмм-эквивалентах в килограмме или литре
B	Суммарное количество содержащихся в воде катионов $H^+$ и $Na^+$ , выраженное в миллиграмм-эквивалентах в килограмме или литре
C	Суммарное количество содержащихся в воде катионов $Ca^{2+}$ и $Mg^{2+}$ , выраженное в миллиграмм-эквивалентах в килограмме или литре
D	Суммарное количество содержащихся в воде ионов $H^+$ и $OH^-$ , выраженное в миллиграмм-эквивалентах в килограмме или литре

7	<b>Временной жесткостью называют</b>
A	Карбонатную жесткость
B	Некарбонатную жесткость
C	Сульфатную жесткость
D	Кальциевую жесткость

8	<b>Процесс определения жесткости воды заключается</b>
A	В постепенном добавлении к отмеренной порции воды 0,1 н. или 0,01 н. раствора $NaCl$
B	В постепенном добавлении к отмеренной порции воды 0,1 н. или 0,01 н. раствора аммиачно-буферной смеси
C	В постепенном добавлении к отмеренной порции воды 0,1 н. или 0,01 н. раствора трилона Б
D	В постепенном добавлении к отмеренной порции воды 0,1 н. или 0,01 н. раствора кислоты

9	<b>Процесс определения щелочности воды заключается...</b>
A	В постепенном добавлении к отмеренной порции воды 0,1 н. или 0,01 н. раствора $NaCl$
B	В постепенном добавлении к отмеренной порции воды 0,1 н. или 0,01 н. раствора аммиачно-буферной смеси
C	В постепенном добавлении к отмеренной порции воды 0,1 н. или 0,01 н. раствора трилона Б
D	В постепенном добавлении к отмеренной порции воды 0,1 н. или 0,01 н. раствора кислоты

10	<b>Что не используется в качестве коагулянта в осветлителе ВТИ?</b>
A	$Al_2(SO_4)_3$
B	$NaCl$
C	$Ca(OH)_2$
D	$FeSO_4$

11	<b>Известкование воды применяют в случаях:</b>
A	Когда необходимо снизить щелочность исходной воды
B	Когда необходимо увеличить щелочность исходной воды
C	Когда необходимо снизить некарбонатную жесткость исходной воды
D	Когда необходимо увеличить карбонатную жесткость исходной воды

12	<b>Na-катионитовые фильтры служат:</b>
A	Для фильтрации воды через ионы натрия
B	Для умягчения воды путем катионного обмена
C	Для растворения $NaCl$ в слое катионита
D	Для продления срока службы котлоагрегатов

13	<b>Процесс натрий-катионирования в котельных используется</b>
A	Для удаления из воды катионов Na +
B	Для удаления из воды растворенных газов CO <sub>2</sub>
C	Для удаления из воды ионов OH- и HCO <sub>3</sub> -
D	Для удаления из воды катионов Ca <sup>2+</sup> и Mg <sup>2+</sup>

14	<b>Что используется в качестве реагента для приготовления регенерационного раствора для Na-катионитового фильтра?</b>
A	NaOH
B	NaCl
C	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> · 12 H <sub>2</sub> O
D	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>

15	<b>Технологический цикл Na-катионитового фильтра состоит из...</b>
A	Фильтрации, регенерации, отмывки фильтра от продуктов регенерации, взрыхления
B	Скорости фильтрации, регенерации, отмывки фильтра от продуктов регенерации, и снова скорости фильтрации
C	Умягчения, взрыхления катионита, регенерации, отмывки фильтра от продуктов регенерации, и снова умягчения
D	Взрыхления, регенерации, отмывки фильтра от продуктов регенерации, и снова взрыхления

16	<b>Ухудшение гидродинамической характеристики слоя катионита обуславливает</b>
A	Снижение скорости фильтрации
B	Снижение высоты загрузки катионита в фильтр
C	Снижение степени использования ДОЕ (динамической обменной емкости)
D	Снижение удельного расхода воды через фильтр

17	<b>Наиболее экономичный температурный режим работы источника теплоты по расходу теплоносителя на подпитку теплосети</b>
A	95/70
B	105/70
C	130/70
D	150/70

18	<b>Температура воды после химводоочистки, на входе в деаэратор должна быть</b>
A	~ 50° C
B	~ 55° C
C	~ 60° C
D	~ 65° C

19	<b>Общая жесткость воды для котлов с естественной циркуляцией не должна превышать</b>
A	1 мкг-экв/кг
B	10 мкг-экв/кг
C	100 мкг-экв/кг
D	1 мг-экв/кг

20	<b>Значение рН воды для котлов с естественной циркуляцией не должно превышать</b>
A	$pH = 5,5 \pm 0,1$
B	$pH = 7,0 \pm 0,1$
C	$pH = 8,3 \pm 0,1$
D	$pH = 9,1 \pm 0,1$

21	<b>Содержание растворенного кислорода в воде после деаэратора для котлов с естественной циркуляцией не должно превышать</b>
A	0,1 мкг/кг
B	1,0 мкг/кг
C	10,0 мкг/кг
D	100 мкг/кг

22	<b>Значение рН воды для подпитки тепловых сетей при закрытой системе теплоснабжения</b>
A	$pH = 5,5 \pm 0,1$
B	$pH = 7,0 \pm 0,1$
C	$pH = 8,3 \pm 0,1$
D	$pH = 9,0 \pm 0,1$

### Перечень вопросов для подготовки к экзамену

#### Раздел 1. Тема 1.1

1. Источники и характеристика загрязнений пароводяного тракта ТЭС.
2. Основные требования к качеству питательной воды паровых котлов и подпиточной воды тепловых сетей.
3. Классификация и характеристика примесей природных вод.
4. Технологические показатели качества воды.

#### Раздел 2. Тема 2.1

1. Технологические схемы предварительной очистки воды.
2. Физико-химические основы коагуляции воды.
3. Известкование воды.
4. Магнезиальное обескремнивание воды.

#### Раздел 2. Тема 2.2

1. Конструкции осветлителей.
2. Физико-химические основы фильтрования в фильтрах насыпного типа.
3. Фильтрующие материалы осветлительных фильтров.
4. Классификация и конструкции осветлительных фильтров.
5. Технология осветления воды в фильтрах.

#### Раздел 3. Тема 3.1

1. Ионообменные материалы, строение, структура.
2. Технологические свойства ионообменных материалов.
3. Физико-химические основы ионного обмена.
4. Технология Na-катионирования воды.
5. Регенерация Na-катионитных фильтров.
6. Двухступенчатое Na-катионирование воды.
7. Технология H-катионирования воды.
8. Регенерация H-катионитных фильтров.

### **Раздел 3. Тема 3.2**

1. Анионирование воды.
2. Конструкции и эксплуатация ионитных фильтров.
3. Схема параллельного H-Na-катионирования.
4. Схема последовательного H-Na-катионирования.
5. Схема последовательного H-Na-катионирования с «голодной» регенерацией H-катионитных фильтров.
6. Схемы химического обессоливания воды.

### **Раздел 4. Тема 4.1**

1. Теоретические основы термической деаэрации.
2. Конструкции термических деаэраторов.
3. Декарбонизация воды.
4. Химические методы удаления газов из воды.

### **Раздел 5. Тема 5.1**

1. Термическое обессоливание воды. Схема одноступенчатой испарительной установки.
2. Схема многоступенчатой испарительной установки.
3. Конструкции испарителей (кипящего типа, мгновенного вскипания).
4. Причины загрязнения пара и способы уменьшения загрязнения.
5. Физические методы уменьшения накипеобразования в испарителях.
6. Химические методы уменьшения накипеобразования в испарителях.
7. Физико-химические методы уменьшения накипеобразования в испарителях.

### **Раздел 5. Тема 5.2**

1. Мембранные методы обработки воды.
2. Сущность метода обратного осмоса и его применение.

### **Раздел 6. Тема 6.1**

1. Обработка охлаждающей воды. Рекарбонизация.
2. Методы уменьшения биологических отложений на поверхностях теплообменников и трубопроводов.

### **Расчетно-графическая работа (РГР)**

Расчетно-графическая работа (РГР) выполняется обучающимся самостоятельно под руководством преподавателя. При выполнении РГР обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным материалом и другими литературными источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.

Преподаватель формулирует задание для РГР и рекомендует перечень литературы для ее выполнения. Исключительно важным является использование информационных источников, а именно системы «Интернет», что даст возможность обучающимся более полно изложить материал по выбранной им теме.

В процессе выполнения РГР обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах заданной тематики, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать практические предложения.

Преподаватель, проверив работу, может вернуть ее для доработки вместе с письменными замечаниями. Обучающийся должен устранить полученные замечания в установленный срок, после чего работа окончательно оценивается.

РГР работа должна быть оформлена в печатном виде на формате А4 и содержать основные этапы выполнения работы (титульный лист, лист задания, содержание, введение, расчеты, заключение, список литературы, приложения (если необходимо)).

### Пример задания для выполнения расчетно-графической работы (РГР)

Рассчитать выбранную схему ВПУ с оборудованием, числом и габаритами основного оборудования, потребляемого расхода реагентов и расходов воды на собственные нужды. Составить пояснительную записку со спецификацией оборудования.

Варианты принципиальных схем водоподготовительных установок

Номер варианта	Принципиальные схемы водоподготовительных установок	Расход, м <sup>3</sup> /ч
1	К (или ИК) – М – Н <sub>1</sub> – Н <sub>2</sub> – Д – Б – А <sub>2</sub>	350
2	К (или ИК) – М – Н <sub>1п</sub> – Н <sub>2п</sub> – Д – Б – А <sub>2</sub>	400
3	К (или ИК) – М – Н <sub>1п</sub> – Н <sub>2</sub> – Д – Б – А <sub>1п</sub> – А <sub>2</sub>	605
4	К (или ИК) – М – Н <sub>1п</sub> – Н <sub>2</sub> – Д – Б – А <sub>1п</sub> – А <sub>2</sub>	500
5	К (или ИК) – М – Н <sub>1п</sub> – Н <sub>2</sub> – Д – Б – А <sub>2</sub> – ФСД	550
6	К (или ИК) – М – Н <sub>1</sub> – Н <sub>2п</sub> – Д – Б – А <sub>2</sub>	315
7	К (или ИК) – М – Н <sub>1п</sub> – А <sub>1</sub> – Н <sub>2</sub> – Д – Б – А <sub>2</sub>	408
8	К (или ИК) – М – Н <sub>1п</sub> – А <sub>1</sub> – Д – Б – Н <sub>2</sub> – А <sub>2</sub>	375
9	К (или ИК) – М – Н <sub>1</sub> – А <sub>1</sub> – Н <sub>2</sub> – Д – Б – А <sub>2</sub>	625
10	К (или ИК) – М – Н <sub>1п</sub> – А <sub>1</sub> – Н <sub>2</sub> – Д – Б – А <sub>2п</sub>	700
11	К (или ИК) – М – Н <sub>1п</sub> – А <sub>1</sub> – Д – Б – Н <sub>2</sub> – А <sub>2п</sub>	475
12	ИК – М – Н <sub>1п</sub> – Д – Б – А <sub>1</sub> – Н <sub>2</sub> – А <sub>2</sub> – ФСД	750
13	ИК – М – Н <sub>1</sub> – А <sub>1</sub> – Н <sub>2</sub> – Д – Б – А <sub>1</sub> – ФСД	800
14	ИК – М – Н <sub>1</sub> – А <sub>1</sub> – Д – Б – Н <sub>2</sub> – А <sub>2</sub> – ФСД	650
15	ИК – М – Н <sub>1</sub> – А <sub>1</sub> – Н <sub>2</sub> – Д – Б – А <sub>2</sub> – ФСД	530
16	ИК – М – Н <sub>1п</sub> – А <sub>1</sub> – Н <sub>2</sub> – Д – Б – А <sub>2п</sub> – ФСД	485
17	ИК – М – Н <sub>1п</sub> – А <sub>1</sub> – Д – Б – Н <sub>2</sub> – А <sub>2п</sub> – ФСД	650
18	ИК – М – Н <sub>1п</sub> – А <sub>1п</sub> – Н <sub>2</sub> – А <sub>2</sub> – ФСД	580
19	К (или ИК) – М – Na <sub>1</sub> – Na <sub>2</sub>	275
20	ИК – М – Na <sub>1п</sub> – Na <sub>2</sub>	330
21	ИК – М – Н <sub>1</sub> – Д – Б – Na <sub>2</sub>	300
22	ИК – М – Н <sub>1</sub> – Н <sub>2</sub> – Д – Б – Na <sub>1п</sub> – Na <sub>2</sub>	405
23	К (или ИК) – М – Н <sub>1п</sub> – Н <sub>2</sub> – Д – Б – Na <sub>1</sub> – Na <sub>2</sub>	150
24	К – М – Н <sub>1</sub> – Н <sub>2</sub> – Д – Б – Na <sub>1п</sub> – Na <sub>2</sub>	200
25	К – М – Н <sub>1</sub> – Na <sub>1</sub> – Н <sub>1</sub> – Д – Б – Na <sub>2п</sub>	315
26	К – М – Н <sub>1</sub> – Na <sub>1п</sub> – Н <sub>2</sub> – Д – Б – Na <sub>2</sub>	255

27	ИК – М – Н <sub>1</sub> – Н <sub>2</sub> – Д – Б – Na <sub>1n</sub> – Na <sub>2</sub>	275
----	---	-----

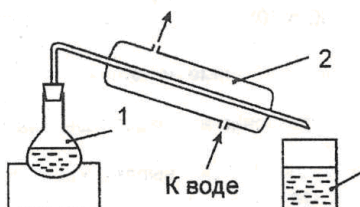
Химический состав некоторых источников водоснабжения

Номер варианта	Источник (река/озеро)	Место отбора пробы	Взвешенные вещества, мг/кг	Сухой остаток, мг/кг	Окисляемость, мг/кг	Жесткость, мг-экв/кг	
						Ж <sub>0</sub>	Ж <sub>к</sub>
1	Амударья	Керки	4970	–	–	5,76	3,12
2	Амур	Хабаровск	35,0	66,0	2,8	0,87	0,7
3	Ангара	Ангарск	17,0	116,0	2,6-6,7	1,18	1,11
4	Волга	Ярославль	13,0	167,6	14,2	2,5	1,95
5	Волга	Казань	10,0	360,0	11,2	4,8	2,3
6	Волхов	Новгород	–	–	25,3	1,47	1,2
7	Воронеж	Липецк	–	320,4	–	5,1	4,6
8	Даугава	Даугавпилс	50,0	–	12,5	3,2	3,0
9	Северная Двина	Архангельск	–	–	8,5	6,48	4,34
10	Десна	Чернигов	14,0	–	5,3	4,29	4,1
11	Днепр	Запорожье	–	315,0	10,2	3,82	3,08
12	Дон	Задонск	–	–	5,8	5,1	4,81
13	Северский Донец	Лисичанск	–	–	–	4,8	3,2
14	Енисей	Красноярск	2,6	154,4	1,0	2,6	3,3
15	Иртыш	Омск	172,4	344,4	14,8	2,8	2,7
16	Кама	Березники	155,0	1098,0	11,8	5,2	2,2
17	Клязьма	Владимир	8,0	347,0	9,0	3,2	2,6
18	Кура	Али-Байрамлы	300,0	884,0	5,5	7,36	3,8
19	Лена	–	–	474,0	–	3,46	2,42
20	Лопань	Харьков	–	874,0	–	10,7	6,6
21	Миасс	Челябинск	44,0	470,6	–	4,67	1,4
22	Москва	Москва	–	–	8,6	4,3	3,3
23	Нарва	Эстония	–	166,0	8,3	2,14	1,9
24	Нева	Ленинград	–	67,2	–	0,55	0,43
25	Неман	Каунас	18,0	–	5,0	4,2	4,1
26	Обь	Новосибирск	405,0	206,0	2,9	3,23	1,21
27	Ока	Горький	62,4	438,0	13,6	5,97	4,0
28	Печора	Усть-Цильма	–	–	16,0	0,9	0,78
29	Тобол	Кустанай	18,0	–	–	8,22	3,75
30	Томь	Кемерово	753	151,2	5,8	1,6	0,96
31	Урал	Гурьев	34,0	769,6	5,2	6,2	3,84
32	Цна	Тамбов	25,0	584,0	5,7	6,9	4,5
33	Шексна	Череповец	10,4	296,4	12,1	4,1	2,1
34	Байкал	–	–	–	–	1,43	1,12
35	Балхаш	–	–	1775	–	10,7	3,17



## 7 Оценочные средства проведения промежуточной аттестации

## а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
<b>ПК-1 – Способен участвовать в оценке технического состояния, поддержания и восстановления работоспособности тепломеханического оборудования промышленных ТЭС</b>		
ПК-1.1	Оценивает уровень технических решений направленных на повышение эффективности работы тепломеханического оборудования	<p><i>Применение комплексных методов решения экологических задач.</i></p> <p>Например, произвести термическое обессоливание воды: 200-300 мл воды подвергнуть на лабораторной испарительной установке (рис. 1) термическому обессоливанию. Дистиллят собрать в сборник. В дистилляте определить жесткость и солесодержание.</p>  <p>Рис. 1. Схема лабораторной испарительной установки: 1 - колба с исходной водой; 2 - холодильник; 3 - сборник дистиллята</p>
ПК-1.2	Проводит учет и анализ технико-экономических показателей работы тепломеханического оборудования	<p><i>Задание 1. Экспериментальное определение показателей качества воды на лабораторных установках.</i></p> <p>Перед началом проведения лабораторных работ обучающиеся получают исследуемую воду и определяют ее прозрачность и содержание взвешенных веществ. Затем отфильтровывают часть воды и в фильтрате определяют щелочность (кислотность), жесткость, содержание хлоридов, окисляемость, стабильность, солесодержание, наличие в воде железа, и .</p> <p>После проведения этих анализов исследуемую воду подвергают следующим видам обработки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• известкованию;</li> <li>• коагуляции;</li> <li>• термическому газоудалению;</li> <li>• термическому обессоливанию;</li> </ul>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• , -катионированию.</li> </ul> <p>После каждого вида обработки проверяют, как изменились показатели качества воды.</p> <p>После известкования определяют:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• жесткость;</li> <li>• щелочность;</li> <li>• солесодержание;</li> <li>• окисляемость;</li> <li>• стабильность.</li> </ul> <p>После коагуляции необходимо проверить окисляемость.</p> <p>После термического газоудаления необходимо проверить содержание и .</p> <p>После термического обессоливания необходимо проверить жесткость и солесодержание.</p> <p>После -катионирования необходимо проверить жесткость, щелочность и солесодержание.</p> <p>После -катионирования необходимо проверить жесткость, щелочность и солесодержание.</p> <p><i>Задание 2.</i> Сколько граммов <math>\text{CaCl}_2</math> содержится в <math>1 \text{ м}^3</math> воды, если кальциевая жесткость равна 4 мг-экв/л?</p> <p><i>Задание 3.</i> Какое количество извести необходимо добавить для умягчения <math>1 \text{ м}^3</math> воды, если ее жесткость нужно снизить с 5 до 2 мг-экв/л?</p> <p><i>Задание 4.</i> Определить концентрацию ионов водорода <math>[\text{H}^+]</math> в растворе, водородный показатель pH которого равен 5,1.</p> <p><i>Задание 5.</i> Определить концентрацию ионов водорода <math>[\text{H}^+]</math> и <math>[\text{OH}^-]</math> в растворе, водородный показатель pH которого равен 8.</p>

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания (экзамен).**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Основы водоподготовки на промышленных предприятиях» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по дисциплине «Основы водоподготовки на промышленных предприятиях» проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.