

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Курганский государственный университет»  
(КГУ)

Кафедра «Физическая и прикладная химия»

УТВЕРЖДАЮ:  
Первый проректор  
\_\_\_\_\_ / Т.Р. Змызгова /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 г.

## Рабочая программа учебной дисциплины

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВОДОПОДГОТОВКИ  
образовательной программы высшего образования –  
программы бакалавриата

### **13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

Направленность:  
**Энергообеспечение предприятий**

Форма обучения: заочная

Курган 2024

Рабочая программа учебной дисциплины «Физико-химические основы водоподготовки» составлена в соответствии с учебным планом по программе бакалавриата «Теплоэнергетика и теплотехника» (Энергообеспечение предприятий), утвержденным для заочной формы обучения «30» июня 2024 года.

Рабочая программа учебной дисциплины одобрена на заседании кафедры «Физическая и прикладная химия» «05» июля 2024 года, протокол заседания кафедры ФПХ № 10

Рабочую учебную программу составил:

доцент, канд. хим. наук

А.И. Рыкова

**Согласовано:**

Заведующий кафедрой  
«Физическая и прикладная химия»  
доцент, канд. хим. наук

Л.В. Мосталыгина

Заведующий кафедрой  
«Цифровая энергетика»  
доцент, канд. техн. наук

В.И. Мошкин

Специалист по учебно-методической работе  
учебно-методического отдела

Г.В. Казанкова

Начальник Управления  
образовательной деятельности

И.В. Григоренко

## 1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Всего: 3 зачетных единицы трудоемкости (108 академических часов)

### Заочная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр
		3
<b>Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов</b> <b>в том числе:</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
Лекции	4	4
Лабораторные работы	-	-
Практические занятия	2	2
<b>Самостоятельная работа (всего часов),</b> <b>в том числе:</b>	<b>102</b>	<b>102</b>
Подготовка к экзамену	27	27
Контрольная работа	18	18
Другие виды самостоятельной работы	57	57
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен):</b>	Экзамен	Экзамен
<b>Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам в часах:</b>	<b>108</b>	<b>108</b>

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина «Физико-химические основы водоподготовки» относится к обязательной части Блока 1.

Краткое содержание: вода в теплоэнергетике, основы процессов водоподготовки, отложения в энергетическом оборудовании, способы их предотвращения и устранения, водоподготовительная установка.

Содержание курса строится на базе знаний по химии, физике, математике. Студент должен владеть химическими понятиями, химическим языком, методами расчета на основе экспериментальных данных.

Результаты обучения по дисциплине «Физико-химические основы водоподготовки» необходимы для освоения дисциплин: котельные установки и парогенераторы, теплообменное оборудование предприятий, нагнетатели и тепловые двигатели, энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии, источники производства теплоты, а также других специальных дисциплин.

## **3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ**

Целью освоения дисциплины Физико-химические основы водоподготовки является ознакомление студентов со значением обработки воды для обеспечения надежной и экономичной эксплуатации тепловых электростанций, котельных, тепловых сетей, систем охлаждения, изучение теории водоподготовки, наиболее рационального проектирования, эксплуатации водоподготовительных установок.

Задачи освоения дисциплины:

освоить основные методы определения показателей качества воды, причины образования отложений и коррозии металла в элементах теплоэнергетического оборудования и методы борьбы с ними;

изучить теорию процессов и методы водообработки, основные элементы водоподготовки, основы расчета, проектирования и эксплуатации водоподготовительных установок (ВПУ);

научиться рассчитывать и выбирать наиболее выгодные варианты схем и конструкций ВПУ.

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

- способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, технического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ОПК-3).

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

**знать:**

- основные методы определения показателей качества воды;
- теорию процессов и методы водообработки, основные элементы водоподготовки;
- основы расчета, проектирования и эксплуатации водоподготовительных установок;

**уметь:**

- рассчитывать и выбирать наиболее выгодные варианты схем и конструкций водоподготовительных устройств;
- выявлять причины неудовлетворительной работы теплоэнергетического оборудования и давать рекомендации по их устранению, а также повышению эффективности и экономичности работы;

**владеть:**

- методами теоретического и экспериментального исследования основных показателей качества воды;
- способами осуществления надежной и экономичной эксплуатации водоподготовительных установок.

Индикаторы и дескрипторы части соответствующей компетенции, формируемой в процессе изучения дисциплины «Физико-химические основы водоподготовки», оцениваются при помощи оценочных средств.

Планируемые результаты обучения по дисциплине «Физико-химические основы водоподготовки», индикаторы достижения компетенции ОПК-3, перечень оценочных средств

№ п/п	Код индикатора достижения компетенции	Наименование индикатора достижения компетенции	Код планируемого результата обучения	Планируемые результаты обучения	Наименование оценочных средств
1.	ИД-1 <sub>ОПК-3</sub>	Знать: основные методы определения показателей качества воды; теорию процессов и методы водообработки, основные элементы водоподготовки; основы расчета, проектирования и эксплуатации водоподготовительных установок	З (ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> )	Знает: показатели качества воды, теоретические основы водоподготовки, основные элементы водоподготовительных установок и их назначение	Задания контрольной работы, задачи промежуточного контроля
2.	ИД-2 <sub>ОПК-3</sub>	Уметь: рассчитывать и выбирать наиболее выгодные варианты схем и конструкций водоподготовительных устройств; выявлять причины неудовлетворительной работы теплоэнергетического оборудования и давать рекомендации по их устранению, а также повышению эффективности и экономичности работы	У (ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> )	Умеет: анализировать результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов	Задания контрольной работы, задачи промежуточного контроля
3.	ИД-3 <sub>ОПК-3</sub>	Владеть: методами теоретического и экспериментального исследования основных показателей качества воды; способами осуществления надежной и экономичной эксплуатации водоподготовительных установок	В (ИД-3 <sub>ОПК-3</sub> )	Владеет: приемами анализа и обобщения результатов собственных экспериментов и расчетно-графических работ	Задания контрольной работы, задачи промежуточного контроля

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Учебно-тематический план

#### Заочная форма

Рубеж	Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы дисциплины	Количество часов контактной работы с преподавателем		
			Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия
Рубеж 1	1	Вода в теплоэнергетике. Основы процессов водоподготовки.	2	-	2
Рубеж 2	2	Отложения в энергетическом оборудовании, способы их предотвращения и устранения. Водоподготовительная установка.	2	-	-
Итого:			4	-	2

### 4.2. Содержание лекционных занятий

#### Тема 1. Вода в теплоэнергетике. Основы процессов водоподготовки

Значение обработки воды для обеспечения надежной и экономичной эксплуатации теплоэнергетического оборудования. Характеристика природных вод, их классификация. Основные показатели качества природных вод.

Характеристика загрязнений. Методы осветления воды. Фильтрующие материалы и их характеристики. Устройство механических фильтров. Коагуляция воды, сущность процесса коагуляции.

Физико-химические основы процессов ионного обмена. Сущность процессов катионирования и анионирования. Катиониты и аниониты. Работа и регенерация ионитных фильтров. Схемы катионитных водоподготовительных установок. Обессоливание воды.

Десорбция газов из воды. Термическая деаэрация. Декарбонизация свободной углекислоты. Химические методы удаления газов из воды.

#### Тема 2. Отложения в энергетическом оборудовании, способы их предотвращения и устранения. Водоподготовительная установка

Состав, свойства и структура отложений в котлах, в теплообменном оборудовании, в тепловых сетях. Предотвращение образования отложений. Удаление отложений с поверхности парогенераторов и теплообменных аппаратов.

Зависимость структурной схемы водоподготовки от качества исходной воды, требований к питательной воде и пару различных параметров и назначения. Основные методы обработки воды. Назначение различных элементов структурной схемы водоподготовки.

#### 4.4. Практические занятия

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Наименование практической работы	Норматив времени, час
1	Вода в теплоэнергетике. Основы процессов водоподготовки	Ознакомление и освоение величин, согласно действующих нормативных документов: - качество питательной воды для котельных установок; - требования к качеству подпиточной и сетевой воды тепловой сети. Расчёт процесса очистки воды от грубодисперсных и коллоидных частиц и коагуляцией в осветлителе со слоем взвешенного осадка	2
Итого:			2

#### 4.5. Контрольная работа

Контрольная работа позволяет определить степень усвоения обучающимся учебного материала и предусматривает:

1. самостоятельную работу с учебной литературой;
2. составление развернутого ответа на вопросы по содержанию курса;
3. решение задач, предусматривающих закрепление материала по различным разделам курса.

**Номер варианта** определяется по номеру обучающегося в зачётно-экзаменационной ведомости.

При выполнении контрольной работы обучающийся должен придерживаться следующих требований:

1. Работу рекомендуется выполнять в отдельной тетради (12 листов) или на развернутых листах. На титульном листе указывается Ф.И.О. обучающегося, специальность, номер группы.
2. Перед изложением ответа необходимо написать полный текст вопроса выполняемого варианта. Для возможных замечаний преподавателя нужно оставить поля.
3. Работа должна быть написана от руки. Работы, распечатанные на принтере или ксероксе, не рассматриваются.
4. Работа должна быть выполнена аккуратно, почерк не должен вызывать затруднений при прочтении работы.
5. При оформлении расчетных задач необходимо написать краткое условие задачи, привести формулу для расчета, пояснить каждую величину, привести значения констант. Каждое действие необходимо пронумеровать и дать ему формулировку; выделить ответ.
6. В конце работы необходимо привести список использованной литературы, указать дату выполнения работы и поставить свою подпись.

Задания работы содержатся в пособии Чиж В.А. Водоподготовка и водно-химические режимы теплоэлектростанций: Учебно-метод. пособие для студ. дневной и заочной форм обучения спец. «Тепловые электрические станции» и «Промышленная теплоэнергетика» / В.А. Чиж, Н.Б. Карницкий. – Мн.: БНТУ, 2004. – 100 с. Обучающийся даёт развернутый ответ на 10 теоретических вопросов (0,5 баллов) и решает 9 расчётных задач (1 балл).

На контрольную работу преподаватель дает рецензию с указанием недочетов и ошибок, если они имеются. В случае недостаточной проработки некоторых вопросов обучающийся должен снова изучить материал по литературе.

За контрольную работу обучающийся получает максимум **14 баллов**. Если обучающийся получил неудовлетворительную оценку (**5 баллов**), то контрольная работа возвращается обучающемуся для исправления и доработки, после чего снова должна быть представлена на проверку. Обучающиеся, не выполнившие контрольную работу, не допускаются к экзамену по предмету.

## **5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Дисциплина «Физико-химические основы водоподготовки» преподается в течение одного семестра. На установочной лекции обучающиеся получают разъяснения по работе с литературой и выполнению контрольной работы. В период сессии на лекции и практическом занятии происходит объяснение и усвоение учебного материала.

В преподавании дисциплины применяются образовательные технологии: метод проблемного изложения материала; самостоятельное ознакомление студентов с источниками информации, использование компьютерных презентаций.

При прослушивании лекций рекомендуется в конспекте отмечать все важные моменты, на которых заостряет внимание преподаватель, в частности те, которые направлены на качественное выполнение контрольной работы.

Преподавателем запланировано применение на практических занятиях технологий развивающейся кооперации, коллективного взаимодействия, разбора конкретных ситуаций, поэтому приветствуется взаимооценка и обсуждение результатов работы.

Практические занятия предусматривают работу с нормативно-правовыми документами, а также решение расчётных задач. Приветствуется работа в команде, совместная деятельность, направленная на решение общей поставленной задачи, междисциплинарное обучение, подразумевающее использование знаний из разных областей, группируемых и концентрируемых в контексте конкретно решаемой задачи.

Выполнение самостоятельной работы подразумевает самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовку практическому занятию, выполнение контрольной работы, подготовку к экзамену. Рекомендуемая трудоёмкость самостоятельной работы представлена в таблице.

### **Рекомендуемый режим самостоятельной работы**

<b>Виды самостоятельной работы студентов</b>	<b>Трудоемкость, часы</b>
<b>Самостоятельное изучение тем дисциплин:</b>	55
Вода в теплоэнергетике. Основы процессов водоподготовки	33
Отложения в энергетическом оборудовании, способы их предотвращения и устранения. Водоподготовительная установка	22
<b>Подготовка к практическим занятиям (по 2 часа на каждое занятие)</b>	2
<b>Выполнение контрольной работы</b>	18
<b>Подготовка к экзамену</b>	27
<b>Всего:</b>	<b>102</b>



## **6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **6.1. Перечень оценочных средств**

1. Контрольная работа.
2. Перечень вопросов к экзамену.

### **6.2. Процедура оценивания результатов освоения дисциплины**

На контрольную работу преподаватель дает рецензию с указанием недочетов и ошибок, если они имеются. В случае недостаточной проработки некоторых вопросов обучающийся должен снова изучить материал по литературе.

За контрольную работу обучающийся получает максимум **14 баллов**. Если обучающийся получил неудовлетворительную оценку (**5 баллов**), то контрольная работа возвращается обучающемуся для исправления и доработки, после чего снова должна быть представлена на проверку. Обучающиеся, не выполнившие контрольную работу, не допускаются к экзамену по предмету.

На экзамене обучающийся в личной беседе с преподавателем отвечает на три вопроса из предложенного перечня. При ответе на каждый вопрос обучающийся получает до 10 баллов, в сумме до 30 баллов. Время, отводимое обучающемуся на подготовку к ответу, составляет один астрономический час.

Результаты экзамена заносятся преподавателем в экзаменационную ведомость, которая сдается в организационный отдел института в день экзамена, а также выставляются в зачетную книжку обучающегося.

### **6.3. Примеры оценочных средств**

#### **Примерный список вопросов к экзамену**

1. Значение водного режима в обеспечении надёжной и экономичной эксплуатации теплоэнергетических установок.
2. Природные воды, поступление примесей в воду.
3. Классификация природных вод и их примесей.
4. Физико-химические показатели качества воды.
5. Технологические показатели качества воды.
6. Биологические показатели качества воды.
7. Методы осветления воды.
8. Фильтрующие материалы и основные характеристики фильтровальных слоев.
9. Механизм задержания взвесей слоем зернистого материала.
10. Физическая модель работы механического фильтра.
11. Физико-химические основы процессов осаждения.
12. Удаление из воды грубодисперсных и коллоидных загрязнений.
13. Характеристика коллоидных систем.
14. Очистка воды методами известкования и содоизвесткования.
15. Очистка воды методами коагуляции.
16. Очистка воды на механических фильтрах.
17. Основы теорий ионообменного фильтрования.
18. Осмотическая стабильность и механическая прочность ионитов. Устойчивость ионитов.
19. Промышленные катиониты и аниониты.
20. Стадии работы ионитного фильтра.
21. Технология приготовления регенерационных растворов.

22. Особенности использования ингибитора отложений минеральных солей в системах подготовки воды для котлов, тепловых сетей и систем горячего водоснабжения.
23. Очистка воды от растворённых газов. Общие положения. Термическая деаэрация (десорбция газов).
24. Удаление из воды свободной углекислоты.
25. Удаление кислорода физико-химическими методами. Организация химического обескислороживания.
26. Очистка воды методами дистилляции. Метод дистилляции.
27. Многоступенчатая испарительная установка, одноступенчатый испаритель мгновенного вскипания.
28. Очистка высокоминерализованных вод. Обратный осмос. Электродиализ.
29. Состав, свойства и структура отложений в котлах.
30. Состав, свойства и структура отложений в теплообменном оборудовании.
31. Состав, свойства и структура отложений в тепловых сетях.
32. Предотвращение образования отложений.
33. Удаление отложений с поверхности парогенераторов.
34. Удаление отложений с поверхности теплообменных аппаратов.
35. Зависимость структурной схемы водоподготовки от качества исходной воды.
36. Требования к питательной воде и пару различных параметров и назначения.
37. Основные методы обработки воды.
38. Схема водоподготовительной установки. Назначение различных элементов структурной схемы водоподготовки.

## **7. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **7.1. Основная учебная литература**

1. Копылов А.С. Процессы и аппараты передовых технологий водоподготовки и их программированные расчёты: Учеб. пособие для вузов/ А.С. Копылов, В.Ф. Очков, Ю.В. Чудова. – М: Изд-во МЭИ, 2009. – 220 с.
2. Фрог Б.Н. Водоподготовка [Электронный ресурс]: учебник / Б.Н. Фрог – М.: АСВ, 2014. – 512 с. –Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930939743.html>. – ЭБС «Электронная библиотека технического вуза»
3. Шиян Л. Н. Химия воды. Водоподготовка [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. Н. Шиян- Томск: Томский политехнический университет, 2014. – 83 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34732> – ЭБС «IPRbooks»
4. Беляев В.П. Теплоснабжение потребителей и приёмников электрической энергии [электронный ресурс]: Учеб. пособие/ П.В. Беляев, 2010 – 82 с.

### **7.2. Дополнительная учебная литература**

1. Кузнецова И.М., Харлампида Х.Э. Иванов В.Г., Чиркунов Э.В. Общая химическая технология. Основные концепции проектирования химико-технологических систем /Учебник для ВУЗов под ред. Харлампида Х.Э. – С-Пб.: Изд-во Лань, 2014. – 384 с.
2. Водоподготовка: Справочник / Под ред. С.Е. Беликов. – М.: Издательский Дом «Аква-Терм», 2007. – 241 с.
3. Кругляков, П.М. Физическая и коллоидная химия. Практикум / П.М. Кругляков, А.В. Нуштаева, Н.Г. Вилкова, Н.В. Кошева. – СПб. : "Лань", 2013. – 208 с.

## **8. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

1. ЭБС «Лань»
2. ЭБС «Консультант студента»
3. ЭБС «Znaniium.com»
4. Гарант – справочно-правовая система

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

Материально-техническое обеспечение по реализации дисциплины осуществляется в соответствии с требованиями ФГОС ВО по данной образовательной программе.

## **10. ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (далее ЭО и ДОТ) занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

Аннотация к рабочей программе дисциплины  
**«Физико-химические основы водоподготовки»**

Образовательной программы высшего образования –  
программы бакалавриата

**13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**

**Направленность: Энергообеспечение предприятий**

Трудоемкость дисциплины 3 ЗЕ (108 академических часов)

Семестр: 3 (заочная форма обучения)

Форма промежуточной аттестации: экзамен

Содержание дисциплины

Вода в теплоэнергетике, основы процессов водоподготовки, отложения в энергетическом оборудовании, способы их предотвращения и устранения, водоподготовительная установка.