

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования  
«Курганский государственный университет»  
(КГУ)

Кафедра «Физическая и прикладная химия»



УТВЕРЖДАЮ:  
Ректор КГУ

/ Н.В. Дубив /

«29» сентября 2020 г.

**Рабочая программа учебной дисциплины**

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

**13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

Направленность:

**Энергообеспечение предприятий**

Формы обучения: очная, заочная

Курган 2020

Рабочая программа учебной дисциплины «Физико-химические основы водоподготовки» составлена в соответствии с учебным планом по программе бакалавриата «Теплоэнергетика и теплотехника» (Энергообеспечение предприятий), утвержденными для очной формы обучения «28» августа 2020 года.  
заочной формы обучения «28» августа 2020 года.

Рабочая программа учебной дисциплины одобрена на заседании кафедры физической и прикладной химии « 28 » 09 20 20 года, протокол заседания кафедры ФПХ № 1

Рабочую учебную программу составил(и)

доцент, канд. хим. наук



А.И. Рыкова

**Согласовано:**

Заведующий кафедрой ФПХ  
доцент, канд. хим. наук,



Л.В. Мосталыгина

Заведующий кафедрой ЭиТМ  
доцент, канд. техн. наук



В.И. Мошкин

Специалист по учебно-методической работе  
учебно-методического отдела



Г.В. Казанкова

Начальник Управления  
образовательной деятельности



С.Н. Синицын

### 1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Всего: 3 зачетных единицы трудоемкости (108 академических часов)

#### Очная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр	
		3	
<b>Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов</b> в том числе:	36	36	
Лекции			16
Лабораторные работы			4
Практические занятия	16	16	
<b>Самостоятельная работа (всего часов),</b> в том числе:	72	72	
Подготовка к экзамену			27
Другие виды самостоятельной работы			45
<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>	

#### Заочная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр	
		3	
<b>Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов</b> в том числе:	6	6	
Лекции			4
Лабораторные работы			-
Практические занятия	2	2	
<b>Самостоятельная работа (всего часов),</b> в том числе:	102	102	
Подготовка к экзамену			27
Контрольная работа			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 обязательным дисциплинам 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-2).

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

**знать:**

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

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Учебно-тематический план

###### Очная 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.	10	4	12
Рубеж 2	2	Отложения в энергетическом оборудовании, способы их предотвращения и устранения. Водоподготовительная установка.	6	-	4
Итого:			<b>16</b>	<b>4</b>	<b>16</b>

###### 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:			<b>4</b>	<b>-</b>	<b>2</b>

##### 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.

### **4.3. Лабораторные занятия**

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Наименование лабораторной работы	Норматив времени, час	
			Очная форма обучения	Заочная форма обучения
1	Вода в теплоэнергетике. Основы процессов водоподготовки	Определение ионов кальция, магния, карбонат- и гидрокарбонат-ионов в природной воде (поверхностный источник и подземный)	4	-
Итого:			4	-

### **4.4. Практические занятия**

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Наименование практической работы	Норматив времени, час	
			Очная форма обучения	Заочная форма обучения
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	4	2

		Расчёт процесса очистки воды фильтрованием и процесса умягчения воды в Na-катионитовом фильтре <b>Рубежный контроль 1</b>	3 1	-
		Расчет дозы коагулянта, извести и соды каустической для осветления воды. Расчёт процесса удаления из воды растворённого диоксида углерода декарбонизацией	4	-
2	Отложения в энергетическом оборудовании, способы их предотвращения и устранения. Водоподготовительная установка	Расчет расхода воды на собственные нужды водоподготовительной установки. Разработка технологической схемы установки водоподготовки с умягчением воды Na-катионированием <b>Рубежный контроль 2</b>	3 1	-
Итого:			<b>16</b>	<b>2</b>

#### 4.5. Контрольная работа (для заочной формы обучения)

Контрольная работа позволяет определить степень усвоения студентом 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 последней цифре в номере зачетной книжки.

При выполнении контрольной работы студент должен придерживаться следующих требований:

1. Работу рекомендуется выполнять в отдельной тетради (12 листов) или на развернутых листах. На титульном листе указывается Ф.И.О. студента, 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.

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

Преподаватель оценивает контрольную работу по десятибалльной системе. Если студент получил неудовлетворительную оценку (4 балла), то контрольная работа



возвращается студенту для исправления и доработки, после чего снова должна быть представлена на проверку. Студенты, 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 в виде лекций, лабораторных и практических занятий, на которых происходит объяснение, усвоение, проверка 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 соответствующей лабораторной работы.

Преподавателем запланировано использование при чтении лекций технологии учебной дискуссии. Поэтому рекомендуется фиксировать для себя интересные моменты с целью их активного обсуждения на дискуссии в конце лекции.

Залогом качественного выполнения лабораторных работ является самостоятельная подготовка к ним накануне путем повторения материалов лекций. Рекомендуется подготовить вопросы по неясным моментам и обсудить их с преподавателем в начале лабораторной 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.

Для текущего контроля успеваемости преподавателем используется балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности (для очной формы обучения). Поэтому настоятельно рекомендуется тщательно прорабатывать материал дисциплины при самостоятельной работе, участвовать во всех формах обсуждения и взаимодействия, как на лекциях, так и на лабораторных и практических занятиях в целях лучшего освоения материала и получения высокой оценки по результатам освоения дисциплины.

Выполнение самостоятельной работы подразумевает самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовку к лабораторным и практическим занятиям, подготовку к рубежному контролю (для очной формы обучения), выполнение контрольной работы (для заочной формы обучения), подготовку к экзамену. Рекомендуемая трудоёмкость самостоятельной работы представлена в таблице.

### **Рекомендуемый режим самостоятельной работы**

Виды самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часы	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
<b>Самостоятельное изучение тем дисциплин:</b>	23	55
Вода в теплоэнергетике. Основы процессов водоподготовки	16	45
Отложения в энергетическом оборудовании, способы их	7	10



предотвращения и устранения. Водоподготовительная установка		
<b>Подготовка к лабораторным занятиям</b> (по 2 часа на каждое занятие)	2	-
<b>Подготовка к практическим занятиям</b> (по 2 часа на каждое занятие)	16	2
<b>Подготовка к рубежным контролям</b> (по 2 часа на каждый рубеж)	4	-
<b>Выполнение контрольной работы</b>	-	18
<b>Подготовка к экзамену</b>	27	27
<b>Всего:</b>	<b>72</b>	<b>102</b>

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 6.1. Перечень оценочных средств

1. Балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности студентов в КГУ (для очной формы).
2. Отчеты студентов по лабораторным работам.
3. Расчетные задачи.
4. Задания для рубежных контролей 1 и 2 (для очной формы обучения).
5. Контрольная работа (для заочной формы обучения).
6. Перечень вопросов к экзамену.

### 6.2. Система балльно-рейтинговой оценки работы студентов по дисциплине

№	Наименование	Содержание					
Очная форма обучения							
1	Распределение баллов за семестр по видам учебной работы, сроки сдачи учебной работы (при необходимости)	Распределение баллов за семестр					
		Вид УР	Посещение ЛК, ЛБ, ПР	Выполнение и защита ЛБ	Решение задач	Рубежный контроль 1,2	Экзамен
		Балльная оценка	1	10	8	7 + 8	До 30
	Примечания	Всего: 13	1*10 Всего: 10	4*8 Всего: 32	15	30	
2	Критерии перерасчета баллов в традиционную оценку по итогам работы в семестре и экзамена	60 и менее баллов – неудовлетворительно (не зачтено); 61....73 – удовлетворительно 74....90 – хорошо 91....100 – отлично					

3	Критерии допуска к промежуточной аттестации по дисциплине (зачет, экзамен), возможности получения автоматического зачета (экзаменационной оценки) по дисциплине	Для допуска к экзамену студент должен набрать по итогам текущего и рубежного контроля не менее 50 баллов, выполнить все лабораторные работы, практические работы, контрольную работу (для заочной формы обучения). Для получения экзаменационной оценки «удовлетворительно» «автоматически» студенту необходимо набрать за семестр 68 баллов. Студенту могут быть добавлены дополнительные (бонусные) баллы за активность на консультациях, активное участие в научной и методической работе, оригинальность принятых решений в ходе выполнения лабораторных работ, за участие в значимых учебных и внеучебных мероприятиях кафедры и выставлена за экзамен «автоматически» оценка «хорошо» или «отлично».
4	Формы и виды учебной работы для неуспевающих (восстановившихся на курсе обучения) студентов для получения недостающих баллов в конце семестра	В случае если к промежуточной аттестации набрана сумма менее 50 баллов и не выполнены все задания, то студенту необходимо выполнить дополнительные задания до конца последней (зачетной) недели семестра. При этом необходимо проработать материал всех пропущенных лабораторных и практических работ. Формы дополнительных заданий (назначаются преподавателем): - конспектирование материала пропущенных лекций (1-2 балла); - выполнение и защита пропущенных лабораторных работ (3-5 баллов) (при невозможности дополнительного проведения лабораторной работы преподаватель устанавливает форму дополнительного задания по тематике пропущенной лабораторной работы самостоятельно) – до 5 баллов; - рубеж 1 (6 баллов), рубеж 2 (6 баллов). Ликвидация академических задолженностей, возникших из-за разности в учебных планах при переводе или восстановлении, проводится путем выполнения дополнительных заданий, форма и объем которых определяется преподавателем.

### 6.3. Процедура оценивания результатов освоения дисциплины

Оценка качества освоения программы дисциплины «Физико-химические основы водоподготовки» включает текущий контроль успеваемости (выполнение лабораторных работ и составление отчёта, решение задач), рубежный контроль (для очной формы обучения), выполнение контрольной работы (для заочной формы обучения) и итоговую аттестацию.

Перед проведением каждого рубежного контроля преподаватель прорабатывает со студентами основной материал соответствующих разделов дисциплины в форме краткой лекции-дискуссии. Рубежные контроли подразумевают выполнение тестов и решение расчётно-графических задач в течение 1 академического часа с использованием справочных пособий. Преподаватель оценивает в баллах результаты работы каждого студента и заносит в ведомость учета текущей успеваемости. Критерии оценивания приведены в УМК дисциплины.

На экзамене студент в личной беседе с преподавателем отвечает на три вопроса из предложенного перечня. При ответе на каждый вопрос студент получает до 10 баллов, в сумме до 30 баллов. Время, отводимое студенту на подготовку к ответу, составляет 1 астрономический час.



Результаты текущего контроля успеваемости и экзамена заносятся преподавателем в экзаменационную ведомость, которая сдается в организационный отдел института в день экзамена, а также выставляются в зачетную книжку студента.

#### **6.4. Примеры оценочных средств для рубежных контролей и экзамена**

##### **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.

##### **Пример задания для рубежного контроля 1**

1. Какие примеси относятся к грубодисперсным:
  - 1) коллоидные
  - 2) взвешенные
  - 3) истинно-растворенные
  - 4) растворенные
2. Каким показателем определяется наличие грубодисперсных примесей:
  - 1) Мутность
  - 2) Жесткость
  - 3) Щелочность
  - 4) Окисляемость
3. В каком виде находятся коллоидно-растворенные примеси:
  - 1) нейтральном
  - 2) отрицательно заряженном
  - 3) положительно заряженном
  - 4) истинном
4. Каким показателем определяется наличие коллоидных примесей:
  - 1) Мутность
  - 2) Жесткость
  - 3) Щелочность
  - 4) Окисляемость
5. Каким способом удаляются газы коллоидно-растворенные примеси?
  - 1) умягчение
  - 2) фильтрация
  - 3) коагуляция
  - 4) деаэрация
6. Какие катионы находящиеся в воде приводят к накипеобразованию:
  - 1)  $Fe^{+2}$
  - 2)  $Si^{+2}$
  - 3)  $Cu^{+2}$
  - 4)  $Ca^{+2}$
7. Какой показатель определяет жесткость воды?
  - 1)  $Ж_о$
  - 2)  $Щ_р$
  - 3)  $O$
  - 4)  $S$
8. Как изменяется соледержание при нано-фильтрации?
  - 1) Уменьшается
  - 2) Увеличивается
  - 3) Не изменяется
  - 4) Не увеличивается
9. Какой показатель определяет щелочность воды?
  - 1)  $Ж_о$
  - 2)  $Щ_р$
  - 3)  $O$
  - 4)  $S$
10. Какой показатель определяет сухой остаток в воде?
  - 1)  $Ж_о$
  - 2)  $Щ_р$
  - 3)  $O$
  - 4)  $S$
11. Каким процессом осуществляется очистка механических фильтров от забивания?
  - 1) Взрыхление
  - 2) Регенерация
  - 3) Обратная отмывка
  - 4) Восстановление
12. От чего зависит выбор коагулянта?
  - 1) pH воды
  - 2) Температуры
  - 3) Времени коагуляции
  - 4) Интенсивности перемешивания
13. Каким процессом осуществляется умягчение?
  - 1) Na-катионирование
  - 2) A-ионирование
  - 3) OH-ионирование
  - 4) Обессоливание
14. Как изменяется соледержание при Na-катионировании?
  - 1) Уменьшается
  - 2) Увеличивается
  - 3) Не уменьшается
  - 4) Не увеличивается
15. Как изменяется соледержание при H-катионировании?
  - 1) Уменьшается
  - 2) Увеличивается
  - 3) Не уменьшается
  - 4) Не увеличивается
16. За счет какого процесса происходит удаление растворенного в воде кислорода:
  - 1) Кипение
  - 2) Конденсация
  - 3) Деаэрация
  - 4) Дегазация
17. Укажите размерность соледержания:
  - 1) мкг-экв/кг
  - 2) мг-экв/кг
  - 3) %
  - 4) мг/кг
18. Что характеризует содержание в воде Ca и Mg?
  - 1) Щелочность
  - 2) Соледержание
  - 3) Окисляемость
  - 4) Жесткость

**Пример задания для рубежного контроля 2**

1. Какова жесткость насыщенного раствора  $CaCO_3$  в дистиллированной воде при температуре 298 К?
2. В лаборатории определены массовые концентрации катионов и анионов в природной воде (Т) в мг/дм<sup>3</sup>.

*Массовые концентрации катионов и анионов (Т), мг/дм<sup>3</sup>*

Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
23,0	8,0	12,0	0,12	39,0	1,26	28,4	7,3

Оцените достоверность результатов анализа и охарактеризуйте качество воды по показателям:

- щелочность, в ммоль/дм<sup>3</sup>;
- общая жесткость, °Ж;
- карбонатная жесткость, °Ж;
- некарбонатная жесткость, °Ж;
- соледержание воды, мг/дм<sup>3</sup>.



3. Найти концентрацию гидрата, карбоната и гидрокарбоната натрия в мг/дм<sup>3</sup> для следующих значений щелочности по фенолфталеину 3,5 мМ и метилоранжу 6,0 мМ.

## 6.5. Фонд оценочных средств

Полный банк заданий для текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, показатели, критерии, шкалы оценивания компетенций, методические материалы, определяющие процедуры оценивания образовательных результатов, приведены в учебно-методическом комплексе дисциплины.

## 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. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Вопросы для подготовки и защиты лабораторных работ, инструкции к выполнению лабораторных работ, вопросы и задачи для подготовки к практическим занятиям, справочные таблицы.

## 9. РЕСУРСЫ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Интернет-версия справочника «Теплотехника и теплоэнергетика» – <http://twf.mpei.ac.ru/ТТНВ/>

Сайт программы WaterSteamPro (программа расчета свойств воды, водяного пара, газов и смесей газов) – <http://www.wsp.ru/>

<http://elibrary.ru/defaultx.asp> – Научная электронная библиотека ELIBRARY.RU

ЭБС «Консультант студента» – <http://www.studmedlib.ru/> (вход зарегистрированным пользователям)

ЭБС «Знаниум» – <https://znanium.com/>

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

При чтении лекций используются слайдовые презентации.

К операционной системе и программному обеспечению компьютера, используемого при показе слайдовых презентаций, предъявляются минимальные требования.

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

По всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины «Физико-химические основы водоподготовки» используются учебные аудитории для проведения занятий (лекции, лабораторные занятия, практические занятия, групповые и индивидуальные консультации, текущий и промежуточный контроль), укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Лабораторный практикум проводится в специализированной лаборатории кафедры «Физическая и прикладная химия», оснащённой необходимым оборудованием и реактивами.

Набор химических реактивов, лабораторной посуды и оборудования для выполнения лабораторного практикума; мультимедийное оборудование (переносной персональный компьютер, мультимедийный проектор, мультимедийный экран).



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 (очная форма обучения), 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.