

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

Согласовано  
Директор института заочного обучения

  
М.И. Нестеров

« 30 » ноября 2015 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института

  
А.В. Белоусов

« 1 » декабря 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВОДОПОДГОТОВКИ**

направление подготовки (специальность):

**13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

Направленность программы (профиль):

**Энергообеспечение предприятий**

Квалификация

**бакалавр**

Форма обучения

**заочная**

**Институт: Энергетический**

**Кафедра: Энергетики теплотехнологии**

Белгород – 2015


Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 01 октября 2015 г., № 1081.
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2015 году.

Составитель: канд. техн. наук, доцент  (Ю.В. Васильченко)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры энергетика и теплотехнологии

« 16 » ноября 201 5 г., протокол № 3

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, профессор  (В.П. Кожевников)

Рабочая программа одобрена методической комиссией энергетического института

« 19 » ноября 201 5 г., протокол № 3

Председатель: канд. техн. наук, доцент  (А.П. Семерин)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Профессиональные			
1	ПК-2	Способность проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием	В результате освоения дисциплины обучающийся должен <b>Знать:</b> содержание расчетов и методы подбора ВПУ <b>Уметь:</b> пользоваться методиками и расчетными уравнениями в том числе, Нормами гидравлического расчета котельных агрегатов <b>Владеть:</b> навыками расчетов простых циркуляционных контуров ПГ, составления материальных и тепловых балансов ВПУ

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Химия
2	Физика
3	Техническая термодинамика
4	Гидрогазодинамика
5	Компьютерные технологии в теплоэнергетике
6	Котельные установки и парогенераторы
7	Тепломеханическое оборудование промышленных предприятий
8	Тепломассообменное оборудование предприятий
9	Источники и системы теплоснабжения предприятий и жилищно-коммунального хозяйства

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Энергетический комплекс промышленных предприятий

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. единиц, 180 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 9
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	180
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	26	26
лекции	10	10
лабораторные	8	8
практические	8	8
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	154	154
Курсовой проект	–	–
Курсовая работа	–	–
Расчетно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание	–	–
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	100	100
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	Экзамсп (36)	Экзамен(36)

**4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**4.1 Наименование тем, их содержание и объем**  
**Курс 5 Семестр 9**

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>1. Введение. Применение воды в теплоэнергетике. Показатели качества воды</b>					
	Общие сведения о воде. Анализы воды и их проверка. Роль примесей воды при её использовании в энергетике.	0,5			6
	Вода, как исходное технологическое сырьё для котельной установки, теплоноситель и охлаждающая среда для теплотехнологических агрегатов предприятий. Источники загрязнения и методы обработки воды на ТЭС и АЭС.	0,5			9
	Характеристика качества станционных конденсатов. Физико-химические показатели качества воды.	0,5	1,0	1,5	5
	Технологические показатели качества воды. Нормирование чистоты воды для котельных установок	0,5	1,0	1,5	10
<b>2. Основные схемы обработки питательной воды. Очистка высокоминерализованных сточных вод</b>					
	Очистка воды методами коагуляции и известкования. Очистка воды фильтрованием. Обработка воды методами ионного обмена и схемы ионитовых установок.	1	0,5	1,5	8
	Термическое обессоливание воды. Удаление из воды растворенных газов. Обработка воды систем охлаждения.	1	0,5	1,5	7
	Электродиализ. Комплексная очистка высокоминерализованных сточных вод	1	0,5		8
	Примеси сточных вод теплоэнергетических предприятий и их влияние на окружающую среду. Обратный осмос.	1	0,5		7
<b>3. Водоподготовительное оборудование. Методология проектирования и инженерных расчетов в водоподготовке</b>					
	Оборудование предочистки. Оборудование технологических схем ионирования.	1	1,0		8
	Сведения о пуске, наладке, эксплуатации водоподготовительных установок (ВПУ)	1	0,5		8
	Основы проектирования систем водоочистки. Проектирование установок очистки конденсата	1	1,0		12
	Проектирование схем ВПУ.	1	1,5	2	12
	<b>ВСЕГО</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>100</b>

## 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 9				
1	Общие сведения о воде. Анализы воды и их проверка. Роль примесей воды при её использовании в энергетике.	Расчет различных видов жесткости воды.	1,0	5
2	Характеристика качества стационарных конденсатов. Физико-химические показатели качества воды.	Расчет «окисляемости» воды, динамической емкости катионита, определение щелочности.	1,0	6
3	Технологические показатели качества воды. Нормирование чистоты воды для котельных установок	Расчет механических фильтров	1,0	6
4	Очистка воды методами коагуляции и известкования. Очистка воды фильтрованием. Обработка воды методами ионного обмена и схемы ионитовых установок.	Расчет ионных фильтров	1,0	7
5	Термическое обессоливание воды. Удаление из воды растворенных газов. Обработка воды систем охлаждения.	Расчет декарбонизатора с насадкой из колец Рашига	1,0	7
6	Электролиз. Комплексная очистка высокоминерализованных сточных вод	Расчет электролизной установки	1,0	7
7	Оборудование предочистки. Оборудование технологических схем ионирования.	Расчет фильтров смешанного действия  Расчет обессоливающей установки с блочным включением фильтров (расчет «цепочек»)	1,0	7
8	Основы проектирования систем водоочистки.	Расчет установки химического обессоливания с параллельным включением фильтров	1,0	11
ИТОГО:			8	56
			ВСЕГО:	64

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр №9				
1	Характеристика качества стационарных конденсатов. Физико-химические показатели качества воды.	Определение жесткости воды (общей и карбонатной)	2	8
2	Технологические показатели качества воды. Нормирование чистоты воды для котельных установок	Определение концентрации комплексона в воде.	1,5	8
		Определение щелочности	1,5	8
3	Очистка воды методами коагуляции и известкования. Очистка воды фильтрованием. Обработка воды методами ионного обмена и схемы ионитовых установок. Проектирование схем ВПУ	Определение содержания железа в питательной (водопроводной) воде	1,5	10
		Определение прозрачности воды	1,5	8
ИТОГО:			8	44
			ВСЕГО:	52

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	<p>Общие сведения о воде. Анализы воды и их проверка. Роль примесей воды при её использовании в энергетике. Вода, как исходное технологическое сырьё для котельной установки, теплоноситель и охлаждающая среда для теплотехнологических агрегатов предприятий. Источники загрязнения и методы обработки воды на ТЭС и АЭС. Характеристика качества станционных конденсатов. Физико-химические показатели качества воды. Технологические показатели качества воды. Нормирование чистоты воды для котельных установок</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Поступление примесей в воду</li> <li>- Классификация, характеристика вод и их примесей</li> <li>- Характеристика ионизированных примесей</li> <li>- Кремниесодержащие соединения и органические примеси</li> <li>- Закономерности изменения количественного состава примесей по районам и сезонам для поверхностных и подземных вод</li> <li>- Биологические, качественные показатели воды</li> <li>- Биологические показатели качества воды</li> <li>- Применение воды в теплоэнергетике</li> <li>- Принципиальные схемы обращения воды в тракте</li> <li>- Источники загрязнения</li> <li>- Влияние примесей воды на надежность работы теплоэнергетического оборудования</li> <li>- Выбор водоисточников и производительности ВПУ</li> <li>- Классификация и выбор технологических процессов обработки воды</li> <li>- Взвешенные примеси</li> <li>- Мутность и прозрачность</li> <li>- Запах</li> <li>- Вкус и привкус</li> <li>- Цветность</li> <li>- Минерализация</li> <li>- Электропроводимость</li> <li>- Жесткость</li> <li>- Щелочность</li> <li>- Органические вещества</li> <li>- Окисляемость перманганатная</li> <li>- Окисляемость бихроматная</li> <li>- Биохимическая потребность в кислороде</li> <li>- Общий органический углерод</li> <li>- Растворенный кислород</li> <li>- Водородный показатель (рН)</li> <li>- Тяжелые металлы.</li> </ul>
2	<p>Очистка воды методами коагуляции и известкования. Очистка воды фильтрованием. Обработка воды методами ионного обмена и схемы ионитовых установок. Термическое обессоливание воды. Удаление из воды растворенных газов. Обработка воды систем охлаждения.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Очистка воды методом коагуляции</li> <li>- Осаждение методом известкования и содоизвесткования</li> <li>- Фильтрование воды на механических фильтрах</li> <li>- Физико-химические основы ионного обмена</li> <li>- Ионообменные материалы и их характеристики</li> <li>- Технология ионного обмена</li> <li>- Малосточные схемы ионитных водоподготовок</li> <li>- Автоматизация водоподготовительных установок</li> <li>- Перспективные технологии водоочистки</li> <li>- Основные принципиальные схемы ВПУ</li> <li>- Технологический расчет фильтров</li> <li>- Очистка воды от растворенных газов</li> <li>- Удаление свободной углекислоты</li> <li>- Удаление кислорода физико-химическими методами</li> <li>- Деаэрация в деаэраторах атмосферного и пониженного давления</li> </ul>
3	<p>Электродиализ. Комплексная очистка высокоминерализованных сточных вод.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Очистка высокоминерализованных вод</li> <li>- Обратный осмос</li> <li>- Электродиализ</li> <li>- Условия применения обратного осмоса</li> <li>- Методы организации процесса электродиализа</li> </ul>



	Примеси сточных вод теплоэнергетических предприятий и их влияние на окружающую среду. Обратный осмос.	- Технологические особенности мембран и аппаратов - Конструкции и схемы - Условия применения метода электродиализа - Основные технологические параметры электрохимических методов - Электрохимическое обеззараживание воды - Электрокоагуляция - Электрофлотация
4	Оборудование предочистки. Оборудование технологических схем ионирования. Сведения о пуске, наладке, эксплуатации водоподготовительных установок (ВПУ)	- Предварительная очистка воды и физико-химические процессы - Фильтрующие зернистые материалы для осветления и сорбции воды - Активные угли и другие углеродные сорбенты - Цеолиты - Антрациты - Характеристики фильтрующих материалов - Иониты и их свойства - Расчет механических фильтров - Расчет ионитных фильтров - Пуск, наладка и эксплуатация ВПУ
5	Основы проектирования систем водоочистки. Проектирование установок очистки конденсата. Проектирование схем ВПУ.	- Основы проектирования водоподготовительных установок - Выбор источника водоснабжения - Выбор схемы водоподготовки в зависимости от качества исходной воды и типа парогенератора - Показатели качества воды после отдельных стадий ее обработки - Определение производительности ВПУ - Принципы компоновки аппаратуры ВПУ - Исходные положения для технико-экономических расчетов при проектировании ВПУ

## **5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем**

– учебным планом не предусмотрены

## **5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий**

Учебным планом предусмотрено выполнение расчетно-графической работы. Тема расчетно-графической работы:

Гидравлический расчет простого циркуляционного контура парогенератора.

Цель расчетно-графической работы: изучение студентами методики и приобретение навыков гидравлического расчета простого контура барабанных парогенераторов различных типов, работающих на органическом топливе в соответствии с НГР котельных агрегатов.

Расчетно-графическая работа включает расчетно-пояснительную записку и графическую часть.

Расчетно-пояснительная записка состоит из следующих разделов:

1. Подготовка исходных данных
2. Гидравлический расчет:
  - а) расчет циркуляционного контура;
  - б) расчет действительных значений полезного напора и скорости циркуляции;
  - г) проверка исходных данных;
  - д) проверка наличия опасных режимов циркуляции.

Графическая часть представляет собой один лист формата А4, содержащий схему контура циркуляции.

## **5.4. Перечень контрольных работ**

– учебным планом не предусмотрены

## 6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 6.1. Перечень основной литературы

1. Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике. Учеб. пособие. : Изд-во МЭИ, 2003
2. Водоподготовка и вводно-химические режимы в теплоэнергетике: Учеб. пособие/ Э.П. Гужулев, В.В. Шалай, В.И. Гриценко, М.А. Таран. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2005. – 384 с.
3. Водоподготовка и водный режим котельных установок. Учеб. пособие/ Ю.В. Васильченко, Е.А.Кравченко, В.П.Кожевников. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2011 – 190 с.
4. Водоподготовка: Процессы и аппараты; Учебное пособие для вузов./А.А.Громогласов, А.С.Копылов, А.П.Пильщиков; Под ред. О.И.Мартыновой. -М.: Энергоатомиздат, 1990. 272с.:ил.
5. Стерман Л.С., Покровский В.Н. Физические и химические методы обработки воды на ТЭС: Учебник для вузов. М.: Энергоатомиздат. 2001.
6. Рухлицкий В.В., Васильев Б.П., Васильченко Ю.В. Расчет простого циркуляционного парогенератора. Методические указания. Белгород. Изд-во БелГТАСМ, 2000, 22 с.

### 6.2. Перечень дополнительной литературы

1. Водоподготовка: Справочник. /Под ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С.Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с.
2. Водоподготовка. Процессы и аппараты. /Под ред. О.И. Мартыновой. М.: Атомиздат. 1977. -352с
3. Лапотышкина Н.П., Сазонов Р.П. Водоподготовка и воднохимический режим тепловых сетей. М.: Энергоиздат. 1982. -201 с.
4. Лившиц О.В. Справочник по водоподготовке котельных установок. 2-е изд. М.: Энергия. 1976. -238с.
5. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления: Справочник/Ю.М.Кострикин, И.А.Мещерский, О.В.Коровина. М.: Энергоатомиздат, 1990. -254с.:ил.

### 6.3. Перечень интернет ресурсов

1. Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике. Учебное пособие : М.: Издательский дом МЭИ, 2006.  
<http://www.twirpx.com/file/1051206/>

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

*Лекционные занятия* – аудитория, оснащенная письменными столами, стульями, классной доской (для рисования мелом или маркером).

*Практические занятия* – аудитория, оснащенная письменными столами, стульями, классной доской (для рисования мелом или маркером).

*Лабораторные занятия* – Лаборатория энергетического комплекса промышленных предприятий (л.401), компьютерный класс кафедры энергетики теплотехнологии (л.423), котельное оборудование транспортабельных котельных установок ТКУ-1,2 и 5,0 БГТУ им. В.Г.Шухова, ПП котельная «Южная», ПП котельная «Западная», ПП ГТУ «Луч».

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2016 /2017 учебный год.  
Протокол № 9 заседания кафедры от «26» 05 2016г.

Заведующий кафедрой  \_\_\_\_\_ В.П. Кожевников

Директор института  \_\_\_\_\_ А.В. Белоусов

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений  
Рабочая программа без изменений утверждена на 2017 /2018 учебный год.  
Протокол № 9 заседания кафедры от «25» 05 2017г.

Заведующий кафедрой  В.П. Кожевников

Директор института  А.В. Белоусов

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2018 /2019 учебный год.  
Протокол № 12 заседания кафедры от «24» 05 2018г.

Заведующий кафедрой  В.П. Кожевников

Директор института  А.В. Белоусов

## ПРИЛОЖЕНИЯ

**Приложение №1.** Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины

Курс «**Физико-химические основы водоподготовки**» представляет собой неотъемлемую составную часть подготовки студентов по направлению подготовки «**Теплоэнергетика и теплотехника**».

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов знаний о воде, её свойствах, требованиях, предъявляемых к её качеству различными потребителями, методах и выборе схем обработки воды, технологических данных для расчета оборудования и показателях качества воды на различных стадиях её обработки.

Предметом изучения в общем случае являются представления о технологиях водоподготовки и рациональных водно-химических режимах

Изучение дисциплины предполагает решение ряда сложных задач, что дает возможность студентам:

- получить сведения о нормах качества воды для паровых и водогрейных котлов, тепловых сетей, испарителей и др.;
- изучить технологические и конструктивные характеристики водоподготовительного оборудования;
- освоить методики по выполнению простейших и важнейших определений качества воды, отложений, реагентов.

Занятия проводятся в виде лекций, практических и лабораторных занятий. Большое значение для изучения курса имеет самостоятельная работа студентов.

Формы контроля знаний студентов предполагают текущий и итоговый контроль. Текущий контроль знаний проводится в форме систематических опросов, защит лабораторных работ, решений задач и проведения письменных работ. Формой итогового контроля является экзамен.

Самостоятельная работа является главным условием успешного освоения изучаемой учебной дисциплины и формирования высокого профессионализма будущих бакалавров – сотрудников предприятий и служб, занимающихся освоением теплотехнологических процессов производства и использования различных видов энергии, проектированием, производством и эксплуатацией энергетического и теплотехнологического оборудования.

Исходный этап изучения курса «**Физико-химические основы водоподготовки**» предполагает ознакомление с *Рабочей программой*, характеризующей границы и содержание учебного материала, который подлежит освоению.

Изучение отдельных тем курса необходимо осуществлять в соответствии с поставленными в них целями, их значимостью, основываясь на содержании и вопросах, поставленных в лекции преподавателя и приведенных в планах и заданиях к практическим и лабораторным занятиям, а также методических указаниях для студентов заочного обучения.

В учебниках и учебных пособиях, представленных в *списке рекомендуемой литературы*, содержатся возможные ответы на поставленные вопросы. Инструментами освоения учебного материала являются основные *термины и понятия*, составляющие категориальный аппарат дисциплины. Их осмысление,

запоминание и практическое использование являются обязательным условием овладения курсом.

Для более глубокого изучения проблем курса при выполнении расчетно-графического задания, докладов и выступлений необходимо ознакомиться с публикациями в научно-производственных, научно-популярных и производственно-технических периодических изданиях, тематика материалов, публикуемых в которых, охватывает сферы теплоэнергетики и теплотехники. Поиск и подбор таких изданий, статей, материалов и монографий осуществляется на основе библиографических указаний и предметных каталогов.

Изучение каждой темы следует завершать выполнением практических заданий, ответами на тесты, решением задач, содержащихся в соответствующих разделах учебников и методических пособий по курсу «**Физико-химические основы водоподготовки**» или сходным курсам. Для обеспечения систематического контроля над процессом усвоения тем курса следует пользоваться перечнем контрольных вопросов для проверки знаний по дисциплине, содержащихся в планах и заданиях к практическим занятиям и методических указаниях для студентов. Если при ответах на сформулированные в перечне вопросы возникнут затруднения, необходимо очередной раз вернуться к изучению соответствующей темы, либо обратиться за консультацией к преподавателю.

Успешное освоение курса дисциплины возможно лишь при систематической работе, требующей глубокого осмысления и повторения пройденного материала, поэтому необходимо делать соответствующие записи по каждой теме.

### **Содержание разделов дисциплины.**

#### **1. Общие сведения о воде. Роль примесей воды при её использовании в энергетике [2, С. 5–16, 50], [4, С. 15–19].**

Вода, как исходное технологическое сырьё для котельной установки, теплоноситель и охлаждающая среда для теплотехнологических агрегатов предприятий. Источники загрязнения и методы обработки воды на ТЭС и АЭС. Характеристика качества стационарных конденсатов. Физико-химические показатели качества воды. Технологические показатели качества воды. Нормирование чистоты воды для котельных установок

*Термины и понятия:* Технологические, качественные показатели воды, биологические показатели качества воды, применение воды в теплоэнергетике, принципиальные схемы обращения воды в тракте, источники загрязнения, взвешенные примеси, мутность и прозрачность, запах, вкус и привкус, цветность, минерализация, электропроводимость, жесткость, щелочность, органические вещества, окисляемость перманганатная, окисляемость бихроматная, биохимическая потребность в кислороде, общий органический углерод, растворенный кислород, водородный показатель (рН).

#### **2. Обработка природных вод и конденсатов методами ионного обмена, коагуляция и осветление [1, С. 16, 29], [3, С. 15–21], [4, С. 21–35]**

Очистка воды методами коагуляции и известкования. Очистка воды фильтрованием. Обработка воды методами ионного обмена и схемы ионитовых установок. Термическое обессоливание воды. Удаление из воды растворенных газов. Обработка воды систем охлаждения.

*Термины и понятия:*

Очистка воды методом коагуляции, осаждение методом известкования и содоизвесткования, фильтрование воды на механических фильтрах, физико-химические основы ионного обмена, ионообменные материалы и их характеристики, технология ионного обмена, малосточные



схемы ионитных водоподготовок, автоматизация водоподготовительных установок, перспективные технологии водоочистки, основные принципиальные схемы ВПУ, технологический расчет фильтров, очистка воды от растворенных газов, удаление свободной углекислоты, удаление кислорода физико-химическими методами, деаэрация в деаэраторах атмосферного и пониженного давления

**3. Электрохимические методы обработки воды** [1, С. 12–13], [2, С. 51–60], [3, С. 37–42], [4, С. 57–58, 60–64, 219–223, 228–231]

Электродиализ. Комплексная очистка высокоминерализованных сточных вод.

Примеси сточных вод теплоэнергетических предприятий и их влияние на окружающую среду.

Обратный осмос.

*Термины и понятия:*

Очистка высокоминерализованных вод, обратный осмос, электродиализ, условия применения обратного осмоса, методы организации процесса электродиализа, технологические особенности мембран и аппаратов, конструкции и схемы, условия применения метода электродиализа, основные технологические параметры электрохимических методов, электрохимическое обеззараживание воды, электрокоагуляция, электрофлотация.

**4. Предварительная очистка воды и физико-химические процессы** [1, С. 26–29], [2, С. 60–68, 70–78], [3, С. 43–45, 51–58], [4, С. 70–76, 82–86, 244–249]

Оборудование предочистки. Оборудование технологических схем ионирования.

Сведения о пуске, наладке, эксплуатации водоподготовительных установок (ВПУ)

*Термины и понятия:*

Фильтрующие зернистые материалы для осветления и сорбции воды, активные угли и другие углеродные сорбенты, цеолиты, антрациты, характеристики фильтрующих материалов, иониты и их свойства, расчет механических фильтров, расчет ионитных фильтров, пуск, наладка и эксплуатация ВПУ

**5. Основы проектирования водоподготовительных установок** [1, С. 36–41], [2, С. 81–94], [3, С. 173–193], [4, С. 207–215]

Основы проектирования систем водоочистки. Проектирование установок очистки конденсата.

Проектирование схем ВПУ.

*Термины и понятия:*

Выбор источника водоснабжения, выбор схемы водоподготовки в зависимости от качества исходной воды и типа парогенератора, показатели качества воды после отдельных стадий ее обработки, определение производительности ВПУ, принципы компоновки аппаратуры ВПУ.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2019 /20 учебный год.

Протокол № 12 заседания кафедры от «\_13\_» июня 2019 г.

Зам. заведующего кафедрой  Ю.В. Васильченко

Директор института  А.В. Белоусов