

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.ДВ.02.01** Водоподготовка на источниках энергии

Учебный план: ФГОС3++b130301ПТ-1\_21-14.plx

Кафедра: **11** Общей и неорганической химии

Направление подготовки:  
(специальность) 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки: Промышленная теплоэнергетика  
(специализация)

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоём кость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
	Лекции	Лаб. занятия				
6	УП	17	17	37,75	0,25	Зачет
	РПД	17	17	37,75	0,25	
Итого	УП	17	17	37,75	0,25	
	РПД	17	17	37,75	0,25	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утверждённым приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.2018 г. № 143

Составитель (и):

Кандидат технических наук, доцент

Кандидат химических наук, старший преподаватель

Фёдорова О.В.

Смит Р.А.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой общей и неорганической химии

Луканина Т.Л.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Сморodin С.Н.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** 1) Формирование у студентов системных знаний о свойствах природной и производственной воды, методах ее контроля и подготовки для проведения химических процессов по технологическому регламенту, обеспечивающему высокую эффективность технологического процесса;

2) Формирование знаний в области установок и систем водоподготовки для энергообъектов различных типов;

3) Обучить студентов навыкам практического применения способов и методов подготовки воды

### 1.2 Задачи дисциплины:

1. Обучение студентов основам знаний химии воды, показателей её качества;

2. Сформировать у студентов знания относительно схем обращения воды в циклах ТЭС и котельных;

3. Обучение студентов обоснованному подходу к выбору способа обработки воды для различных целей;

4. Привитие навыков выбора систем и методов обработки воды.

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Котельные установки и парогенераторы

Физика

Производственная практика, технологическая практика

Химия

Тепломассообменное оборудование теплоэнергетических предприятий

Отопительные котельные

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>ПК-6.1: Готовность к выполнению работ по организационному и техническому обеспечению полного цикла или отдельных стадий эксплуатации тепловых сетей, тепломеханического оборудования ТЭС и котельных</b>
---

<b>Знать:</b> принципиальные схемы обращения воды в циклах ТЭС и котельных; методы обработки воды на ТЭС котельных; физико-химические показатели воды; технологические показатели качества воды; оборудование систем водоподготовки на ТЭС и котельных.
---

<b>Уметь:</b> оценивать техническое состояние водоподготовительного оборудования ТЭС и котельных
--

<b>Владеть:</b> методами подготовки воды на ТЭС и котельных методами выбора аппаратов для водоподготовки; приоритетными путями развития новых энерго- и ресурсосберегающих технологий.
--

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Лаб. (часы)			
Раздел 1. Введение. Показатели качества и классификация методов обработки воды, безреагентная очистка	6					О,Л
Тема 1. Основные положения. Номенклатура типов используемых вод на ТЭС. Нормативные показатели воды тепловых сетей. Основные требования к качеству контурных и добавочных вод парогенерирующих и охлаждающих систем. Источники поступления примесей. Схемы установок водоподготовки и правила ее эксплуатации.		1,5		3	ИЛ	
Тема 2. Классификация основных технологических процессов обработки вод. Термическая водоподготовка. Общие положения. Конструкция испарителей. Жесткость воды (виды, способы определения). Углекислотное равновесие. Термическое умягчение – назначение метода, его основы. Организация водно- химического режима энергоустановок с целью обеспечения надежной работы, не допускающей образование накипи.  Лабораторная работа №1. Определение жесткости и термическое умягчение воды. Техника безопасности работы в лаборатории.		2	2	3	ИЛ	
Тема 3. Очистка воды от растворённых газов. Виды и способы поступления газов в воду, используемую на ТЭС. Удаление газов из воды десорбцией и химическим связыванием. Технология удаления диоксида углерода в декарбонизаторе. Технология удаления газов в деаэраторах.  Лабораторная работа №2. Определение кислорода и свободной углекислоты		1,5	2	2	ИЛ	
Раздел 2. Предочистка воды						

<p>Тема 4. Технология и аппараты предварительной очистки воды. Реагенты для коррекционной обработки подпиточной и сетевой воды, используемые в процессе водоподготовки. Предотвращение образования минеральных отложений и биологического обрастания</p> <p>Реагентные методы обработки воды: известкование, содоизвесткование, натронно-содовый и фосфатный методы умягчения. Назначение и особенности методов. Способы интенсификации процессов реагентного умягчения.</p> <p>Лабораторная работа №3. Известково-содовый метод умягчения воды.</p>		2	2	2	ИЛ	
<p>Тема 5. Очистка воды от грубодисперсных примесей. Способы фильтрования. Фильтрующие материалы и требования, предъявляемые к ним. Технологические показатели работы фильтров. Факторы, влияющие на фильтрование. Утилизация шлама.</p>		1		3	ИЛ	
<p>Тема 6. Обескремнивание воды. Виды и содержание кремния в природной и технологической воде. Негативное влияние соединений кремния на работу теплоэнергетического оборудования. Назначение и основы метода магниезального обескремнивания, расчёт необходимой дозы реагентов.</p>		1		4	ИЛ	
<p>Тема 7. Удаление примесей методом коагуляции. Назначение и основы метода, расчёт необходимой дозы реагентов. Физико-химические процессы, протекающие при коагуляции коллоидных примесей воды. Оптимизация процесса, применяемые коагулянты</p> <p>Лабораторная работа №4. Подбор оптимальной дозы коагулянта и очистка воды</p>		1	5	4	ИЛ	
<p>Раздел 3. Физико-химические методы очистки воды</p>						Л,О

<p>Тема 8. Обезжелезивание конденсатов. Виды соединений железа в воде. Источники поступления примесей железа в воду. Причины, обуславливающие необходимость обезжелезивания воды. Удаление железа методом ионообменной сорбции на целлюлозе и при окислении на каталитических загрузках.</p> <p>Лабораторная работа №5. Сорбционная очистка воды от железа</p>		1,5	2	3	ИЛ	
<p>Тема 9. Сорбционная очистка воды методом ионного обмена на ионитах. Основы метода. Закономерности ионного обмена. Классификация ионитов. Подробное рассмотрение методов катионирования и анионирования. Глубокое обессоливание. Фильтры смешанного действия. Регенерация ионитных фильтров. Обменная ёмкость ионитов. Факторы, влияющие на обменную ёмкость ионитов.</p> <p>Лабораторная работа №6. Определение динамической обменной ёмкости ионита и умягчение воды.</p>		2	4	4	ИЛ	
<p>Тема 10. Электродиализ. Основы метода. Назначение в цикле водоочистки на ТЭС</p>		0,5		3	ИЛ	
<p>Тема 11. Баромембранные методы очистки. Принцип обратного осмоса. Свойства мембран и их характеристика. Схемы обратно-осмотических аппаратов и требования к качеству исходной воды. Процессы, протекающие при электродиализе с ионитными мембранами. Характеристики мембран. Схемы электродиализных установок.</p>		1,5		4	ИЛ	
<p>Раздел 4. Сточные воды ТЭС и технологии их очистки</p>						
<p>Тема 12. Общие положения. Виды стоков. Нормируемые показатели качества сточных вод ТЭС. Сточные воды систем охлаждения</p>		0,5		1,5	ИЛ	0,Л
<p>Тема 13. Сточные воды водоподготовительных установок, систем гидрозолаудаления, загрязнение стоков нефтепродуктами, стоки от консервации оборудования.</p>		0,5		0,5	ИЛ	

Тема 14. Флотация. Основы метода. Назначение в цикле водоочистки на ТЭС	0,5		0,75	ИЛ	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	17	17	37,75		
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)	0,25				
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>	34,25		37,75		

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

#### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

##### 5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

##### 5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ПК-6.1	1. Формулирует основные принципы водоподготовки и водоочистки, излагает основные представления о показателях качества воды и их определении, ориентируется в оборудовании систем водоподготовки 2. Ориентируется в основных физических и химических законах, методах математической обработки данных для оптимизации технологии водоподготовки на различных энергообъектах 3. Показывает умения в подборе методики проведения и метрологической оценки результатов химического анализа, демонстрирует знания по выбору методики проведения обоснованного химического анализа и регулирования процессов водоподготовки.	1. Вопросы устного собеседования 2. Практико-ориентированные задания

##### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
Зачтено	Обучающийся показывает всестороннее и глубокое знание основных методов водоподготовки, свободно ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях; может обоснованно подобрать схему процесса водоподготовки и анализа контроля качества воды; выполнил и оформил все лабораторные работы	Правильно подобрал алгоритм решения предлагаемой в билете задачи, провел все необходимые вычислительные действия, корректно интерпретировал результаты.
Не зачтено	Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины; не может сформулировать основные принципы организации водопотребления на химическом предприятии; плохо ориентируется в основных понятиях, определениях и методах контроля качества воды; допускает при ответе на зачете существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя.	Не смог корректно решить предложенную в билете задачу, не может воспользоваться предложенными формулами, не в состоянии устранить помарки даже под руководством преподавателя

##### 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

##### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 6	

1	Ультрафильтрация и нанофильтрация. Назначение и особенности метода, аппаратное оформление
2	Технологические показатели работы фильтра. Факторы, влияющие на процесс фильтрования
3	Фильтрующие материалы: требования, предъявляемые к ним и показатели качества
4	Источники поступления примесей железа в воду. Причины, обуславливающие необходимость обезжелезивания воды. Удаление железа методом ионообменной сорбции на целлюлозе и при окислении на каталитических загрузках
5	Основы обезжелезивания конденсатов. Виды соединений железа в воде
6	Конструкция фильтров намывного типа
7	Конструкция фильтров насыпного типа. Технологические показатели работы насыпного фильтра. Регенерация насыпных фильтров. Назначение дренажного устройства в фильтрах насыпного типа
8	Анионирование воды, назначение процесса
9	Теоретические основы процесса фильтрования – поверхностное и объёмное фильтрование. Классификация фильтров
10	Совмещение процессов коагуляции, известкования и магниезиального обескремнивания. Контактная коагуляция, особенности. Принцип работы осветлителя.
11	Условия проведения практической коагуляции. Коагулянты, используемые в водоподготовке. Применение флокулянтов для интенсификации коагуляции
12	Механизм обесцвечивания воды. Условия разрушения коллоидных систем – коагуляция. Особенности коллоидного состояния вещества. Строение коллоидной частицы.
13	Расчёт дозы реагента при магниезиальном обескремнивании
14	Сущность процесса магниезиального обескремнивания.
15	Известково-содовый, натронно-содовый и фосфатный методы умягчения воды
16	Умягчение воды реагентными методами – известкование. Расчёт дозы извести при известковании воды. Способы интенсификации процессов реагентного умягчения
17	Реагенты для коррекционной обработки подпиточной и сетевой воды, используемые в процессе водоподготовки
18	Основы технологии деаэрации
19	Основы технологии декарбонизации
20	Виды и способы поступления газов в воду, используемую на ТЭС. Удаление газов из воды десорбцией и химическим связыванием
21	Термическая водоподготовка. Общие положения. Конструкция испарителей. Очистка пара
22	Методы снижения агрессивности воды
23	Влияние примесей природной воды на процесс коррозии, методы борьбы
24	Углекислотное равновесие
25	Отложения в пароперегревателях. Влияние примесей воды на процесс накипеобразования
26	Задачи химических методов обработки воды в различных производствах
27	Методы и последовательность удаления примесей из воды (общие принципы)
28	Классификация примесей природных вод по фазово-дисперсной характеристике, по химическому и дисперсному составу
29	Особенности органических примесей природных вод
30	Показатели качества воды: технологические, физические, химические, санитарно-бактериологические. Способы их определения, размерности.
31	Качество питательной и котловой воды. Качество пара
32	Источники поступления примесей в цикле работы ТЭС и котельных. Необходимость очистки воды, применяемой на источниках энергии
33	Основные пути потерь воды и пара на ТЭС
34	Назначение воды в теплоэнергетике
35	Классификация природных и сточных вод
36	Очистка вод ТЭС методом обратного осмоса. Мембраны для обратного осмоса и их характеристики
37	Сточные воды водоподготовительных установок, систем гидрозолаудаления, загрязнение стоков нефтепродуктами, стоки от консервации оборудования
38	Очистка сточных вод ТЭС. Виды стоков. Нормируемые показатели качества сточных вод ТЭС. Сточные воды систем охлаждения
39	Предотвращение образования минеральных отложений и биологического обрастания
40	Обработка охлаждающей воды. Системы охлаждения и стабильность охлаждающей воды
41	Электродиализ. Основы метода. Назначение в цикле водоочистки на ТЭС
42	Фильтры смешанного действия, их работа и регенерация
43	Процесс совместного Н-ОН-ионирования – обессоливание
44	Анионирование воды, назначение процесса



45	Н-катионирование, особенности процесса. Регенерация Н-катионитовых фильтров. Схемы Н-На-катионирования
46	Технология двухступенчатого Na-катионирования Регенерация Na-катионитных фильтров
47	Методы катионирования воды. Na-катионирование, особенности процесса
48	Технологические показатели ионитов. Факторы, влияющие на величину обменной ёмкости ионита. Регенерация отработанного ионита (общие принципы).
49	Классификация ионообменных материалов. Иониты, их строение и свойства
50	Принцип метода ионирования воды. Сущность умягчения воды ионитным способом

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

### 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Типовые практико-ориентированные задания(задачи,кейсы) находятся в Приложении к данной РПД

## 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

### 5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная  Письменная  Компьютерное тестирование  Иная

### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Студенты, выполнившие все требования текущего контроля, на зачете отвечают на два теоретических вопроса и решают одну практическую задачу. Время на подготовку составляет 30 минут. Преподаватель вправе задать несколько дополнительных вопросов.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
Чиж, В. А., Карницкий, Н. Б., Криксина, Е. Н., Нерезько, А. В.	Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС и АЭС	Минск: Вышэйшая школа	2012	<a href="http://www.iprbookshop.ru/20204.html">http://www.iprbookshop.ru/20204.html</a>
Стоянов, Н. И., Беляев, Е. И., Куклите, Й. Я.	Водоподготовка	Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет	2018	<a href="http://www.iprbookshop.ru/83236.html">http://www.iprbookshop.ru/83236.html</a>
Щитов, С. В., Спириданчук, Н. В., Панова, Е. В., Колесникова, О. А.	Теплоэнергетические установки. Теоретические и практические основы дисциплины	Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет	2015	<a href="http://www.iprbookshop.ru/55914.html">http://www.iprbookshop.ru/55914.html</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
Аборнев, Д. В.	Динамические характеристики катионитных фильтров в процессе умягчения высокоминерализованных вод	Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет	2015	<a href="http://www.iprbookshop.ru/63236.html">http://www.iprbookshop.ru/63236.html</a>
Бахметьева, Л. К., Бахметьев, А. В., Белых, Д. Е.	Подготовка воды для технического водоснабжения промышленных предприятий. Ионообменные методы умягчения воды	Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ	2013	<a href="http://www.iprbookshop.ru/23109.html">http://www.iprbookshop.ru/23109.html</a>

Шиян, Л. Н.	Химия воды. Водоподготовка	Томск: Томский политехнический университет	2014	<a href="http://www.iprbookshop.ru/34732.html">http://www.iprbookshop.ru/34732.html</a>
А.А. Комиссаренков [и др.]	Основы водоподготовки в целлюлозно-бумажной промышленности и теплоэнергетике [Текст] : учебно-методическое пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2012	<a href="http://nizrp.narod.ru/vodopodgot.htm">http://nizrp.narod.ru/vodopodgot.htm</a>

## 6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>  
 Электронно-библиотечная система «Айбукс» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ibooks.ru/>  
 Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>  
 Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. URL: <http://window.edu.ru/>

## 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8  
 MicrosoftOfficeProfessional 2013

## 6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Б-306	Вытяжные шкафы, весы аналитические, комплект посуды для количественного анализа и водоподготовки, вакуумный сушильный шкаф, электрические плитки, спектрофотометры и фотоколориметры ФЭК 56-М, КФК-2, КФК-3, Юнико 1201, СФ-2000, рН – метры марки ИПЛ – 301, хроматограф Цвет 100, высокочастотные титраторы, концентратомер КН-1, прибор для капиллярного электрофореза «Капель 3»
Б-316	Вытяжные шкафы, весы аналитические, комплект посуды для количественного анализа и водоподготовки, вакуумный сушильный шкаф, электрические плитки. Специализированная учебная лаборатория ФХМА с необходимым оборудованием: Спектрофотометры и фотоколориметры ФЭК 56-М, КФК-2, КФК-3, Юнико 1201, СФ-2000, рН – метры марки ИПЛ – 301, хроматограф Цвет 100, высокочастотные титраторы, анализатор вольтамперометрический АКВ – 07 МК, прибор для капиллярного электрофореза «Капель 3», установка для проведения процесса ионитного умягчения воды.

## рабочей программы дисциплины Водоподготовительные установки и системы

по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

наименование ОП (профиля): Промышленная теплоэнергетика

### 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

№ п/п	Условия типовых практико-ориентированных заданий (задач, кейсов)
Семестр 6	
1	Определите общую ( $\text{Щ}_o$ ) и гидратную ( $\text{Щ}_{\text{фф}}$ ) щёлочность, а также содержание $\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{OH}^-$ , $\text{HCO}_3^-$ (ммоль <sub>э</sub> /дм <sup>3</sup> ), если известно, что на титрование пробы объёмом 20 см <sup>3</sup> с индикатором метилоранж было израсходовано 1,19 см <sup>3</sup> соляной кислоты концентрацией 0,1 моль/дм <sup>3</sup> .
2	Определите содержание $\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{OH}^-$ , $\text{HCO}_3^-$ (ммоль <sub>э</sub> /дм <sup>3</sup> ), а также объём раствора соляной кислоты с концентрацией 0,1 моль/дм <sup>3</sup> необходимый для определения общей ( $V_o$ ) и гидратной ( $V_{\text{фф}}$ ) щёлочности, если известно, что в пробе воды объёмом 20 см <sup>3</sup> величина общей и гидратной щёлочности составляет 6,22 и 2,70 ммоль <sub>э</sub> /дм <sup>3</sup> соответственно.
3	Рассчитайте общее солесодержание ( $C_{\text{сол}}$ , мг/кг), содержание хлорид ионов ( $C_{\text{Cl}}$ , мг/кг), жесткость общую ( $J_o$ ), кальциевую ( $J_{\text{Ca}}$ ) и магниевую ( $J_{\text{Mg}}$ ) (ммоль <sub>э</sub> /дм <sup>3</sup> ), если известно, что в 1 дм <sup>3</sup> анализируемой воде содержится 117 мг NaCl, 5,6 мг CaCl <sub>2</sub> , 24,8 мг MgSO <sub>4</sub> .
4	Рассчитайте общее солесодержание ( $C_{\text{сол}}$ , мг/кг), жесткость общую ( $J_o$ ), карбонатную и некарбонатную (ммоль <sub>э</sub> /дм <sup>3</sup> ), а также общую щёлочность ( $\text{Щ}_o$ , ммоль <sub>э</sub> /дм <sup>3</sup> ), если известно, что в 1 дм <sup>3</sup> анализируемой воде содержится 117 мг NaCl, 5,6 мг CaCl <sub>2</sub> , 24,8 мг MgSO <sub>4</sub> .
5	Определите pH среды, если известно, что в 0,2 кг воды содержится 0,48 г LiOH