

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический университет имени
П.О.Сухого»

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор
УО «ГГТУ им. П.О. Сухого»
_____ О.Д. Асенчик

(подпись)

07.07.2020

(дата утверждения)

Регистрационный № УД-52-48/уч.

ВОДОПОДГОТОВКА И ВОДНЫЙ РЕЖИМ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности
1–43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика»

Учебная программа составлена на основе:
образовательного стандарта ОСВО 1-43 01 05-2013; учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», регистрационные номера: № I 43-1-28/уч. от 06.02.2019, № I 43-1-42.1/уч. от 08.02.2019, № I 43-1-56/уч. от 05.04.2019.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Е.Н. Макеева, старший преподаватель кафедры «Промышленная теплоэнергетика и экология» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого».

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

А.О. Добродей, заведующий кафедрой «Электроснабжение» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», кандидат технических наук, доцент;

М.М. Починок, директор филиала «Гомельские тепловые сети» РУП «Гомельэнерго».

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Промышленная теплоэнергетика и экология» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 12 от 27.05.2020);

Научно-методическим советом энергетического факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 9 от 23.06.2020); УДэф-07-33/уч

Научно-методическим советом заочного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 5 от 04.06.2020); УДз-117-20у

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 5 от 25.06.2020).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Целью изучения дисциплины является формирование знаний о существующих перспективных физических и химических методах обработки воды на тепловых станциях, о применяемой и разрабатываемой аппаратуре и связи между качеством воды и надежной работой оборудования. Дисциплина изучается в неразрывной связи с планами развития энергетики, проблемами защиты окружающей среды.

После изучения дисциплины студент должен быть компетентен решать следующие профессиональные задачи:

- усвоить теоретические основы различных методов обработки воды;
- выполнять расчет аппаратов;
- осуществлять выбор рациональных схем водоподготовительных установок;
- производить экономическое обоснование водоподготовительных схем;
- осуществлять выбор мер по охране окружающей среды от вредных выбросов ТЭС.

В результате изучения дисциплины «Водоподготовка и водный режим котельных установок» студент должен знать:

- существующие перспективные физические и химические методы обработки воды на тепловых станциях;
- связь между качеством воды и надежностью работы оборудования;
- теоретические основы различных методов обработки воды;
- схемы водоподготовительных установок;
- показатели качества природных и технологических вод (технологические, органолептические, санитарно-гигиенические);

уметь:

- производить расчет водоподготовительных установок;
- проектировать рациональные схемы водоподготовительных установок;
- экономически обосновывать выбранные схемы водоподготовки.
- эксплуатировать оборудование водоподготовительной установки;
- осуществлять необходимый химический и технологический контроль за работой водоподготовительного оборудования;
- правильно организовывать водно-химический режим работы котла с высокой степенью надежности и экономичности;
- производить химическую очистку теплоэнергетического оборудования и его консервацию при выводе в ремонт или резерв.

После изучения дисциплины у студента должны формироваться следующие компетенции:

- уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
- владеть системным и сравнительным анализом;
- владеть исследовательскими навыками;

- уметь работать самостоятельно;
- быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью);
- владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
- иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
- обладать навыками устной и письменной коммуникации;
- уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни;
- быть способным к социальному взаимодействию;
- обладать способностью к межличностным коммуникациям;
- владеть навыками здоровьесбережения;
- быть способным к критике и самокритике;
- уметь работать в команде;
- производить патентно-информационный поиск, оценивать патентоспособность и патентную чистоту технических решений;
- в составе группы специалистов разрабатывать технологическую документацию, принимать участие в создании стандартов и нормативной базы;
- пользоваться контрольно-измерительной аппаратурой для контроля правильности и качества монтажных операций;
- подбирать соответствующее оборудование, аппаратуру, приборы и инструменты и использовать их при проведении наладочных работ теплоэнергетического и теплотехнологического оборудования;

Дисциплина «Водоподготовка и водный режим котельных установок» базируется на материалах курса «Химия» и является базовой для изучения дисциплины «Котельные установки промышленных предприятий».

Для оценки достижений студента используется следующий диагностический инструментарий:

- проведение текущих контрольных опросов по отдельным темам;
- защита выполненных практических работ;
- защита выполненных лабораторных работ;
- тестирование по модулям дисциплины;
- доклады и презентации по отдельным темам;
- сдача зачета.

Количество часов всего и аудиторных часов по формам получения образования: всего часов по дисциплине – 128, аудиторных часов: по дневной форме – 64, по заочной форме – 14 часов; по заочной форме на основе среднего специального образования – 6 часов; трудоемкость учебной дисциплины – 3,5 зачетных единиц.

Распределение аудиторного времени по видам занятий

Специальность	Форма получения образования	Курс	Семестр	Количество аудиторного времени, часов				
				Ауд.	Лекции	Лабор.	Практ.	Зач ед.
1–43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика»	Дневная форма	3	5	64	32	16	16	3,5
	Заочная форма	4, 5	8, 9	14	6	4	4	3,5
	Заочная форма на основе среднего специального образования	3	5, 6	6	4	2	–	3,5

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине

Специальность	Форма получения образования	Формы текущей аттестации, семестр			
		Экзамен	Зачет	Тест	Курсовая работа
1–43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика»	Дневная форма	–	5	–	–
	Заочная форма	–	9		
	Заочная форма на основе среднего специального образования	–	6	–	–

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Назначение химводоочистки на ТЭС

Тема 1. Применение воды в качестве теплоносителя

Назначение воды на ТЭС. Вода как технологическое сырье: для регенерации пара, как теплоноситель в тепловых сетях и охладитель в конденсаторах паровых турбин.

Тема 2. Источники загрязнения теплоносителей

Влияние примесей воды на надежность работы теплоэнергетического оборудования

Раздел 2. Круговорот воды в природе. Примеси природных вод и показатели качества воды

Тема 3. Поступление примесей в воду

Тема 4. Выбор и характеристика источника водоснабжения

Тема 5. Классификация, характеристика вод и их примесей

Классификация примесей природных вод (по степени дисперсности, по химическому характеру, по ионному составу).

Тема 6. Технологические и качественные показатели воды

Технологические показатели качества. Органо-лептические и санитарно-гигиенические показатели качества воды.

Раздел 3. Предварительная очистка воды

Тема 7. Очистка воды методом коагуляции

Свойства коллоидных систем. Физико-химический процесс коагуляции. Характеристика и условия применения основных коагулянтов. Факторы, влияющие на эффективность процесса коагуляции. Контактная и объемная коагуляция. Электрокоагуляция.

Тема 8. Удаление накипеобразователей методами осаждения

Умягчение воды методами осаждения. Изветкование, содоизвестковый, едко-натровый, термический, магнитный методы и метод внутриводопроводной обработки.

Тема 9. Осветление воды фильтрованием

Фильтрование пленочное и адгезионное. Основы теории работы фильтрующего слоя. Фильтрующие материалы и их характеристики. Типы осветлительных фильтров. Эксплуатация осветлительного фильтра. Схема предочистки.

Раздел 4. Обессоливание воды

Тема 10. Физико-химические основы ионного обмена

Тема 11. Ионообменные материалы и их характеристики

Ионообменные материалы и их характеристики. Марки ионитов. Эквивалентность и обратимость процесса обмена ионов. Селективность и селективные ряды для ионов. Обменная емкость ионита.

Тема 12. Технология ионного обмена

Процессы водород и натрий катионирования воды. Особенности регенерации и эксплуатации H и Na-катионированных фильтров. Технологические схемы умягчения воды (двухступенчатое натрий-катионирование, па-

параллельное и последовательное H-Na-катионирование, совместное H-Na-катионирование, катионирование в режиме «голодной» регенерации). NaCl-ионирование воды. Химическое обессоливание воды, OH-ионирование воды. Процесс совместного H-OH - ионирования воды. Технологические схемы обессоливания (упрощенная, двуступенчатая, трехступенчатая). Качество воды, получаемой по этим схемам. Полный цикл работы ионитного фильтра. Способы регенерации. Особенности регенерации анионитных фильтров. Конструкции ионитных фильтров. Основные мероприятия по повышению эффективности работы ионитных фильтров.

Раздел 5. Термический метод очистки воды

Тема 13. Метод дистилляции

Тема 14. Предотвращение накипеобразования в испарительных установках

Типы испарительных установок (испарители кипящего типа, с вынесенной зоной кипения, испарители мгновенного вскипания). Обработка питательной воды для испарителей различного типа. Одно- и многоступенчатые установки. Основы расчета испарительных установок.

Раздел 6. Очистка высокоминерализованных вод

Тема 15. Обратный осмос

Обратный осмос. Обратноосмотические мембраны. Элементы и модули. Аппараты и установки обратного осмоса.

Тема 16. Электродиализ

Схема процесса электродиализа. Электродиализные мембраны и установки.

Раздел 7. Очистка воды от растворенных газов

Тема 17. Удаление свободной углекислоты и кислорода физико-химическими методами

Удаление растворенных в воде газов. Растворимость газов в воде. Закон Генри. Способы удаления растворенных газов. Кинетика десорбции газов. Конструкции декарбонизаторов.

Тема 18. Химические методы удаления газов из воды

Химическая деаэрация. Классификация деаэраторов и их конструкции. Эффективность термической деаэрации. Химическое обескислороживание и декарбонизация воды.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«Промышленная теплоэнергетика»
(Дневная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Раздел 1. Назначение химводоочистки на ТЭС	2						Зачет
1.1	Тема 1. Применение воды в качестве теплоносителя	1						
1.2	Тема 2. Источники загрязнения теплоносителей	1						
2	Раздел 2. Круговорот воды в природе. Примеси природных вод и показатели качества воды	6	2		8			Зачет
2.1	Тема 3. Поступление примесей в воду	1						
2.2	Тема 4. Выбор и характеристика источника водоснабжения	1						
2.3	Тема 5. Классификация, характеристика вод и их примесей	2						
2.4	Тема 6. Технологические и качественные показатели воды	2	2		8			
3	Раздел 3. Предварительная очистка воды	6	2		4			Зачет
3.1	Тема 7. Очистка воды методом коагуляции	2						
3.2	Тема 8. Удаление накипеобразователей методами осаждения	2			2			
3.3	Тема 9. Осветление воды фильтрованием	2	2		2			
4	Раздел 4. Обессоливание воды	8	12		2			Зачет
4.1	Тема 10. Физико-химические основы ионного обмена	2	4					
4.2	Тема 11. Ионообменные материалы и их характеристики	2						
4.3	Тема 12. Технология ионного обмена	4	8		2			

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	Раздел 5. Термический метод очистки воды	3						Зачет
5.1	Тема 13. Метод дистилляции	1						
5.2	Тема 14. Предотвращение накипеобразования в испарительных установках	2						
6	Раздел 6. Очистка высокоминерализованных вод	3			2			Зачет
6.1	Тема 15. Обратный осмос	2			2			
6.2	Тема 16. Электродиализ	1						
7	Раздел 7. Очистка воды от растворенных газов	4						Зачет
7.1	Тема 17. Удаление свободной углекислоты и кислорода физико-химическими методами	2						
7.2	Тема 18. Химические методы удаления газов из воды	2						
	ВСЕГО	32	16		16			

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«Промышленная теплоэнергетика»
(Заочная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Раздел 1. Назначение химводоочистки на ТЭС	0,5						Зачет
1.1	Тема 1. Применение воды в качестве теплоносителя	0,5						
2	Раздел 2. Круговорот воды в природе. Примеси природных вод и показатели качества воды	1	1		2			Зачет
2.1	Тема 5. Классификация, характеристика вод и их примесей	0,5						
2.2	Тема 6. Технологические и качественные показатели воды	0,5	1		2			
3	Раздел 3. Предварительная очистка воды	0,5						Зачет
3.1	Тема 9. Осветление воды фильтрованием	0,5						
4	Раздел 4. Обессоливание воды	2	3		2			Зачет
4.1	Тема 10. Физико-химические основы ионного обмена	0,5						
4.2	Тема 11. Ионообменные материалы и их характеристики	0,5						
4.3	Тема 12 Технология ионного обмена	1	3		2			
5	Раздел 6. Очистка высокоминерализованных вод	0,5						Зачет
5.1	Тема 15. Обратный осмос	0,5						
6	Раздел 7. Очистка воды от растворенных газов	1,5						Зачет
6.1	Тема 17. Удаление свободной углекислоты и кислорода физико-химическими методами	1						
6.2	Тема 18. Химические методы удаления газов из воды	0,5						
	ВСЕГО	6	4		4			

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«Промышленная теплоэнергетика»
(Заочная форма получения образования на основе среднеспециального)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Раздел 1. Назначение химводоочистки на ТЭС	0,5						Зачет
1.1	Тема 1. Применение воды в качестве теплоносителя	0,5						
2	Раздел 2. Круговорот воды в природе. Примеси природных вод и показатели качества воды	1			1			Зачет
2.1	Тема 5. Классификация, характеристика вод и их примесей	0,5						
2.2	Тема 6. Технологические и качественные показатели воды	0,5			1			
3	Раздел 3. Предварительная очистка воды	0,5						Зачет
3.1	Тема 9. Осветление воды фильтрованием	0,5						
4	Раздел 4. Обессоливание воды	1			1			Зачет
4.1	Тема 12 Технология ионного обмена	1			1			
5	Раздел 6. Очистка высокоминерализованных вод	0,5						Зачет
5.1	Тема 15. Обратный осмос	0,5						
6	Раздел 7. Очистка воды от растворенных газов	0,5						Зачет
6.1	Тема 17. Удаление свободной углекислоты и кислорода физико-химическими методами	0,5						
	ВСЕГО	4			2			

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Громогласов, А. А. Водоподготовка: процессы и аппараты: учебное пособие для вузов по спец. "Технология воды и топлива на тепловых электростанциях" / А. А. Громогласов, А. С. Копылов, А. П. Пильщиков; под ред. О. И. Мартыновой. - Москва: Энергоатомиздат, 1990. - 272 с.
2. Копылов А. С. Водоподготовка в энергетике : учеб. пособие. - 2-е изд., стер. - Москва: МЭИ, 2006. - 309с. УДК [621.311.22+621.182.12](075.8)
3. Лапотышкина Н. П. Водоподготовка и воднохимический режим тепловых сетей. - Москва : Энергоиздат, 1982. - 201с.
4. Маргулова Т. Х. Водные режимы тепловых и атомных электростанций: учебник для вузов. - Москва: Высшая школа, 1981. - 320с.
5. Стоянов, Н.И. Водоподготовка: курс лекций / Н.И. Стоянов, Е.И. Беляев, Й.Я. Куклите; Северо-Кавказский федеральный университет. – Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет (СКФУ), 2018. – 109 с.: схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub/ru/index.php?page=book&id=494813>. – Текст: электронный.
6. Чиж, В. А. Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС и АЭС: учебное пособие для вузов / В. А. Чиж, Н. Б. Карницкий, А. В. Нерезько. - Минск : Вышэйшая школа, 2010. – 350с.

Дополнительная литература

7. Белан, Ф.И. Водоподготовка/ Ф. И. Белан – М.: «Энергия», 1979.
8. Вихрев В.Ф., Шпроб М.С. Водоподготовка. - М. Л. Энергия, 1978.
9. Дойников В.Б. В помощь персоналу по организации водного режима котлов и очистки их от накипи (в вопросах и ответах)/ В. Б. Дойников, Ю. П. Прохнич. – Минск: БОИМ, 2001. – 186 с.
10. Кострикин , Ю. М. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления: справочник / Ю. М. Кострикин, Н. А. Мещерский, О. В. Коровина. - Москва: Энергоатомиздат , 1990. - 252 с.
11. Лифшиц О.В. Справочник по водоподготовке котельных установок малой мощности». М. «Энергия», 1973.

Учебно-методические комплексы

1. Овсянник, Н. В. Водоподготовка и водный режим котельных установок: электронный учебно-методический комплекс дисциплины / Н. В. Овсянник, Е. Н. Волкова, Д. С. Трошев. - Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2012.
Режим доступа: <http://elib.gstu.by/handle/220612/2079>

Перечень компьютерных программ, наглядных и других пособий, методических указаний и материалов и технических средств обучения

1. Водоподготовка и водный режим котельных установок: пособие по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» дневной и заочной форм обучения / авт.-сост.: Н. В. Овсянник. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2005. – 31 с.
Режим доступа: <http://elib.gstu.by/handle/220612/1506>
2. Водоподготовка и водный режим котельных установок: Практическое руководство по выполнению контрольных работ по одноименному курсу для студентов специальности 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» (Т.01.02.00) заочной формы обучения /авт.-сост.: Н. В. Овсянник, Е. М. Иванова. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2005. – 55 с.
Режим доступа: <http://elib.gstu.by/handle/220612/396>
3. Водоподготовка и водный режим котельных установок: лабораторный практикум по одноименному курсу для студентов специальности 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» и 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» дневной и заочной форм обучения /авт.-сост.: Н. В. Овсянник, Е. Н. Волкова, Д. С. Трошев. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2011. – 40 с. Режим доступа: <http://elib.gstu.by/handle/220612/622>
4. Водоподготовка и водный режим котельных установок : практикум по одноименному курсу для студентов специальностей 1-43 01 05 "Промышленная теплоэнергетика" и 1-43 01 07 "Техническая эксплуатация энергооборудования организаций" дневной и заочной форм обучения / составители: Н. В. Овсянник, Ю. А. Степанишина, Е. Н. Макеева; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Промышленная теплоэнергетика и экология". - Гомель: ГГТУ, 2016. - 48 с. УДК <https://elib.gstu.by/handle/220612/14374>.
5. Водоподготовка и водный режим котельных установок : практикум по одноименному курсу для студентов специальностей 1-43 01 05 "Промышленная теплоэнергетика" и 1-43 01 07 "Техническая эксплуатация энергооборудования организаций" дневной и заочной форм обучения / Н. В. Овсянник, Е. Н. Макеева, Ю. А. Степанишина; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Промышленная теплоэнергетика и экология". - Гомель: ГГТУ, 2016. - 52 с.
<https://elib.gstu.by/handle/220612/14173>.

Примерный перечень тем практических занятий:

1. Вводное занятие. Значение водоподготовки и водного режима котельных установок.
2. Примеси природных вод и показатели качества воды.
3. Предочистка воды.
4. Обработка воды методами ионного обмена.
5. Стабилизация воды, удаление растворенных газов. Термическая деаэрация.
6. Мембранные методы обработки воды. Термическое обессоливание воды.
7. Выбор и расчет схемы водоподготовительной установки.

Примерный перечень лабораторных работ:

1. Определение водородного показателя (рН) и солесодержания воды.
2. Определение прозрачности и мутности воды.
3. Определение щелочности воды.
4. Определение жесткости воды.
5. Определение содержания общего железа в воде.
6. Дегазация технической воды. Определение содержания свободного кислорода в воде.
7. Определение содержания нитратов и хлоридов в воде.
8. Определение содержания фосфатов.
9. Изучение схемы очистки воды методом ионного обмена.
10. Очистка воды методом обратного осмоса.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Классификация природных вод.
2. Вода как технологическое сырье: для регенерации пара, как теплоноситель в тепловых сетях и охладитель в конденсаторах паровых турбин.
3. Назначение химводоочистки на ТЭС.
4. Выбор и характеристика источника водоснабжения.
5. Классификация природных вод.
6. Классификация примесей природных вод (по степени дисперсности, по химическому характеру, по ионному составу).
7. Органолептические и санитарно-гигиенические показатели качества воды.
8. Технологические показатели качества воды.
9. Свойства коллоидных систем.
10. Физико-химический процесс коагуляции.
11. Характеристика и условия применения основных коагулянтов. Факторы, влияющие на эффективность процесса коагуляции.

12. Контактная и объемная коагуляция. Электрокоагуляция.
13. Основы теории работы фильтрующего слоя. Фильтрующие материалы и их характеристики.
14. Осветление воды фильтрованием. Фильтрование пленочное и адгезионное.
15. Типы осветлительных фильтров. Эксплуатация осветлительного фильтра.
16. Умягчение воды методами осаждения. Изветкование, содоизвесткование, едко-натровый метод, термический, магнитный метод.
17. Обработка воды методами ионного обмена. Физико-химические основы процесса ионного обмена.
18. Эквивалентность и обратимость процесса обмена ионов. Селективность и селективные ряды для ионов. Обменная емкость ионита.
19. Ионообменные материалы и их характеристики. Марки ионитов.
20. Умягчение воды методами ионного обмена. Процессы водород- и натрий-катионирования воды.
21. Конструкции ионитных фильтров.
22. Полный цикл работы ионитного фильтра.
23. Регенерационные растворы и способы регенерации отработанного ионита.
24. NaCl-ионирование воды.
25. Химическое обессоливание воды, OH-ионирование воды. Процесс совместного H-OH-ионирования воды.
26. Физические методы обработки воды. Магнитная обработка воды.
27. Обратный осмос. Обратноосмотические мембраны. Элементы и модули. Аппараты и установки обратного осмоса.
28. Электродиализ. Схема процесса электродиализа. Электродиализные мембраны и установки.
29. Обработка воды ультразвуком.
30. Удаление растворенных в воде газов. Растворимость газов в воде. Закон Генри.
31. Химическое обескислороживание и декарбонизация воды.
32. Конструкции декарбонизаторов.
33. Химическая деаэрация.
34. Классификация деаэраторов и их конструкции.
35. Термическое обессоливание воды.
36. Типы испарительных установок (испарители кипящего типа, с вынесенной зоной кипения, испарители мгновенного вскипания).

Организация самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

- выполнение студентами индивидуальных заданий во время проведения лабораторных и практических занятий;
- подготовка к тестированию по каждому модулю дисциплины;
- изучение справочной и нормативной литературы;
- подготовка докладов и презентаций по актуальным темам, в том числе не выносимым на лекционные занятия.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Наименование учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1	2	3	4
Котельные установки промышленных предприятий	«Промышленная теплоэнергетика и экология»	Согласовано	Рекомендовать представленную учебную программу к утверждению

Зав. кафедрой «ПТЭ и Э»,
к.т.н., доцент

А.В. Шаповалов