МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

УТВЕРЖДАЮ
Декан Факультета урбанистики и
городского хозяйства
_____ / Л.А. Марюшин/

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Оборудование и установки водоподготовительных систем»

Направление подготовки
13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Заочная

Москва
2022

1. Цели освоения дисциплины

К **основным целям** освоения дисциплины «Оборудование и установки водоподготовительных систем» следует отнести формирование знаний о:

- современном оборудование обработки воды для различных условий работы теплоэнергетического оборудования;
- методах составления общей схемы технологического процесса при применении различных методов обработки воды для котельных и тепловых электростанций;
- современных установках очистки теплоносителя и обеспечении оптимального водно-химического режима на ТЭС и АЭС.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Оборудование и установки водоподготовительных систем» следует отнести:

- знакомство с технологическим оборудованием при подготовке добавочной воды на ТЭС и АЭС;
- знакомство с информацией об организации оптимальных водно-химических режимов на ТЭС и АЭС;
- научить принимать и обосновывать конкретные технические решения при последующем проектировании и эксплуатации установок по очистке добавочной воды и обеспечению оптимального водно-химического режима на ТЭС и АЭС.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Оборудование и установки водоподготовительных систем» относится к числу профессиональных учебных дисциплин вариативной части базового цикла образовательной программы бакалавриата.

«Оборудование и установки водоподготовительных систем» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

В базовой части базового цикла:

- Физика
- Химия
- Гидрогазодинамика
- Техническая термодинамика

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-2	способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	**знать:** • типовые методики для проектирования технологического оборудования; • основы освоения и доводки технологических процессов водоподготовки **уметь:** • проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование; • осваивать и доводить технологические процессы водоподготовки **владеть:** • типовыми методиками для проектирования технологического оборудования; • основами освоения и доводки технологических процессов водоподготовки

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **4** зачетных единицы, т.е. **144** академических часов (из них 124 часов – самостоятельная работа студентов).

Разделы дисциплины «Оборудование и установки водоподготовительных систем» изучаются на третьем курсе.

Пятый семестр: лекции – 8 часов, практические и семинарские работы **–** 12 часов, форма контроля – экзамен.

Структура и содержание дисциплины «Оборудование и установки водоподготовительных систем» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

Содержание разделов дисциплины.

1. Общая характеристика дисциплины.

Основные понятия. Использование воды в теплоэнергетике. Значение водоподготовки тепловых электростанций. Типичные схемы обращения воды в котельных и на ТЭЦ. Примеси природных и контурных вод. Причины загрязнения воды, циркулирующей в теплоэнергетических установках.

2. Оборудование для предварительной очистки воды методами коагуляции и осаждения.

Предварительная очистка воды. Общая характеристика методов предочистки. Оборудование предварительной очистки с осветлителями и его эксплуатация.

3. Оборудование для светления воды методами фильтрования.

Общие положения. Осветление воды на насыпных фильтрах. Очистка конденсатов электромагнитными фильтрами.

4. Оборудование для обработки воды по методу ионного обмена и мембранная технология водообработки.

Общие сведения об ионитах и закономерностях ионообменных процессов. Оборудование ионитной части водоподготовительных установок. Технологические схемы ионитных установок. Эксплуатация фильтров. Общие положения мембранных методов очистки воды. Сравнение с другими методами водообработки.

5. Оборудование для чистки воды от растворенных газов.

Общие положения процессов выделения газов из воды. Технология удаления диоксида углерода в декарбонизаторе. Удаления газов из воды в деаэраторах.

6. Оборудование для магнитных методов обработки воды и обработки воды реагентами.

Обработка воды для получения неприкипающего шлама: обработка воды фосфатами, комплексообразующими веществами, антинакипинами. Оборудование для магнитныого метода обработки воды. Электромагнитные и магнитные фильтры для обезжелезивания воды.

5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Оборудование и установки водоподготовительных систем» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

1. проведение мультимедийных лекций;
2. выполнение расчетно-графических работ;
3. защита рефератов по дисциплине;
4. подготовка, представление и обсуждение презентаций на семинарских занятиях;
5. организация и проведение текущего контроля знаний студентов;
6. проведение мастер-классов экспертов и специалистов по методам и средствам измерений и контроля на территории ТЭЦ.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Оборудование и установки водоподготовительных систем» и в целом по дисциплине составляет 50%

аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 33,3% от объема аудиторных занятий.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- дискуссия на лекции;
- выполнение РГР;
- реферат по теме: «Оборудование и установки водоподготовительных систем» (индивидуально для каждого обучающегося);
- подготовка и выступление на семинарском занятии с презентацией и обсуждением на тему «Оборудование и установки водоподготовительных систем» (индивидуально для каждого обучающегося).

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания, для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины, защита рефератов, доклады с презентациями, сдача РГР и дискуссия на лекции.

Образцы тестовых заданий, контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля, экзаменационных билетов, приведены в приложении 2.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ОПК-2	способностью проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе

освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

ОПК-2 – способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач				
Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
знать: типовые методики для проектирования технологическог о оборудования	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний о типовых методиках для проектирования технологическог о оборудования.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний о типовых методиках для проектирования технологическог о оборудования. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие знаний о типовых методиках для проектирования технологическог о оборудования, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний о типовых методиках для проектирования технологическог о оборудования, свободно оперирует приобре-тенными знаниями.
уметь: проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет выполнять расчеты по типовым методикам и проектировать технологическое оборудование	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: выполнять расчеты по типовым методикам и проектировать технологическое	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: выполнять расчеты по типовым методикам и проектировать технологическое	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: выполнять расчеты по типовым методикам и проектировать технологическое

		оборудование. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	оборудование. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	оборудование. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: типовыми методиками для проектирования технологическог о оборудования	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами расчета по типовым методикам и проектировать технологическое оборудование	Обучающийся владеет методами расчета по типовым методикам и проектировать технологическое оборудование в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет методами расчета по типовым методикам и проектировать технологическое оборудование, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет методами расчета по типовым методикам и проектировать технологическое оборудование, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации:

5 семестр - экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

Шкала оценивания	**Описание**
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в приложениях к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Котельные установки. Т. IV-18 / Ю.А. Рундыгин, Е.Э. Гильде, А.В. Судаков и др.; под ред. Ю.С. Васильева, Г.П. Поршнева. – М.: Машиностроение, 2009. – 400 с.
2. А.Н. Сергеева, С.П. Харченко. Внедрение новых технологий водоподготовки на ТЭС. Вестник инновационного евразийского университета – 2014г. №1.
3. Вергунов А.И., Фесенко Л.Н. Очистка воды р. Дон с использованием биосорбционно-мембранной технологии. Научный потенциал регионов на службу модернизации – 2013г. №3(6) Том 1.
4. Нерезько А.В., Карницкий Н.Б., Чиж В.А. Теплофизические свойства и структура отложений на поверхностях нагрева энергетического оборудования. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика – 2007г. №1.
5. Адамов Е.О., Драгунов Ю.Г., Орлов В.В., Абагян Л.П. Машиностроение ядерной техники. Том IV-25. В двух книгах. Книга 1. – М.: Машиностроение, 2005. – 960 с.
6. Андреев П.В., Антипов С.А., Аржаев А.И., Астафуров В.И. Машиностроение ядерной техники. Том IV-25. В 2-х книгах. Книга 2. – М.: Машиностроение, 2005. – 944 с.

б) дополнительная литература:

1. Водоподготовка: Справочник. / Под ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С.Е. Беликова. – М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Программное обеспечение Windows.

Интернет-ресурсы включают:

1. Учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте (http://lib.mami.ru/ebooks/ в разделе «Библиотека».
2. Библиотека теплоэнергетика (http://teplolib.ucoz.ru/load/vodopodgotovka/15)
3. Компания Водные Проектные Решения (ВПР). (http://www.awatereng.ru/)
4. Отраслевой журнал “Автоматизация и IT в энергетике”. (http://www.avite.ru/)
5. ООО “УК ФЭТРОМ”. (http://www.fetrom.ru/)
6. Группа Best Water Technology (BWT). (http://www.bwt.ru/)
7. Журнал “Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение.” (vvv.id-

orion.ru)
8. Журнал “Энергосбережение и водоподготовка.” (https://enivpress.jimdo.com)
9. Журнал “Теплоэнергетика.” (http://www.tepen.ru)
10. Журнал “Водоочистка.” (panor.ru/maqazines/vodoochistka.html)
11. Сайт ЗАО «НПК Медиана-фильтр» (http://www.mediana-filter.ru/energy_vodopodgotovka.html), (http://www.medfilter.ru/st_jadan.html)
12. Сибирская экологическая компания (http://www.sibecolog.ru/rabochiy-proekt-vpu-dlya-tets/)

8.Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Мультимедийные аудитории АВ 2415, оснащенная оргтехникой и мультимедиа средствами (проектор, ПК и др.)
2. Демонстрационные материалы: фильтры с проточной промывкой, фильтры с обратной промывкой, клапаны понижения давления, устройства предотвращения противотока, стенды-плакаты
3. Макет системы химводоподготовки на ТЭЦ ОАО "ВТИ"
4. Раздаточный материал для проведения расчетов по заданной методике на практических занятиях

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Раздел дисциплины (тема)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля
Семестр 5		
Тема 1-6	Реферат	Защита реферата
Тема 1	*Самостоятельное изучение.* Значение водоподготовки ТЭС. Причины поступления примесей в воду.	Устный опрос
Тема 2	*Самостоятельное изучение.* Коагуляция коллоидных примесей воды. Снижение щелочности и умягчение воды известкованием.	Устный опрос
Тема 3	*Самостоятельное изучение.* Устройство осветлителя и принцип его работы на насыпных фильтрах	Устный опрос
Тема 4	*Самостоятельное изучение.* Технологические характеристики ионитьв. Технология ионного обмена.	Устный опрос
Тема 5	*Самостоятельное изучение.* Вред кислорода и диоксида углерода, находившихся в воде, для ВПУ.	Устный опрос
Тема 6	*Самостоятельное изучение.* Обработка воды для получения неприкипающего	Устный опрос

	шлама: обработка воды фосфатами, комплексообразующими веществами, антинакипинами.	
Тема 1-6	Докладов с презентацией	Оценка умений аргументировать собственную точку зрения

10. Методические рекомендации для преподавателя

Тема занятий	Виды учебных занятий	Средства обучения	Методы обучения	Формы текущего контроля
Тема 1	Лекции	Чтение лекции с использованием демонстрационных материалов и презентациии.	Информационная лекция. Содержание непосредственно передается преподавателем в готовом виде через монолог.	Устный опрос
		Проведение дискуссии.	Свободный обмен мнениями	Оценка степени участия в обсуждении
Тема 1	Практическое занятие	Педагогический рассказ, показ, предъявление алгоритма решения задач, выполнения методик и др.	Разделение студенческой группы на подгруппы по вариантам. Межгрупповой диалог.	Выполнение РГР, устный опрос
Тема 2	Лекции	Чтение лекции с использованием демонстрационных материалов и презентациии.	Информационная лекция. Содержание непосредственно передается преподавателем в готовом виде через монолог.	Устный опрос
		Проведение дискуссии.	Свободный обмен мнениями	Оценка степени участия в обсуждении
Тема 2	Практическое занятие	Педагогический рассказ, показ, предъявление алгоритма решения задач, выполнения методик и др.	Разделение студенческой группы на подгруппы по вариантам. Межгрупповой диалог.	Выполнение РГР, устный опрос
Тема 3	Лекции	Чтение лекции с использованием демонстрационных материалов и презентациии.	Информационная лекция. Содержание непосредственно передается преподавателем в готовом виде через монолог.	Устный опрос
		Проведение	Свободный обмен	Оценка

		дискуссии.	мнениями	степени участия в обсуждении
Тема 3	Практическое занятие	Педагогический рассказ, показ, предъявление алгоритма решения задач, выполнения методик и др.	Разделение студенческой группы на подгруппы по вариантам. Межгрупповой диалог.	Выполнение РГР, устный опрос
Тема 4	Лекции	Чтение лекции с использованием демонстрационных материалов и презентациии.	Информационная лекция. Содержание непосредственно передается преподавателем в готовом виде через монолог.	Устный опрос
Тема 4	Практическое занятие	Педагогический рассказ, показ, предъявление алгоритма решения задач, выполнения методик и др.	Разделение студенческой группы на подгруппы по вариантам. Межгрупповой диалог.	Выполнение РГР, устный опрос
Тема 5	Лекции	Чтение лекции с использованием демонстрационных материалов и презентациии.	Информационная лекция. Содержание непосредственно передается преподавателем в готовом виде через монолог.	Устный опрос
		Проведение дискуссии.	Свободный обмен мнениями	Оценка степени участия в обсуждении
Тема 5	Практическое занятие	Педагогический рассказ, показ, предъявление алгоритма решения задач, выполнения методик и др.	Разделение студенческой группы на подгруппы по вариантам. Межгрупповой диалог.	Выполнение РГР, устный опрос
Тема 6	Лекции	Чтение лекции с использованием демонстрационных материалов и презентациии.	Информационная лекция. Содержание непосредственно передается преподавателем в готовом виде через монолог.	Устный опрос
Тема 6	Практическое занятие	Педагогический рассказ, показ, предъявление алгоритма решения задач, выполнения методик и др.	Разделение студенческой группы на подгруппы по вариантам. Межгрупповой диалог.	Выполнение РГР, устный опрос
Тема 1-6	Семенарское занятие	Докладов с презентацией	Общедоступный доклад с участием слушателей в обмене мнениями.	Оценка умений аргументиров

			Проводится для включения обучающихся в процесс обсуждения и организации интенсивной обратной связи (Студент-Аудитория).	ать собственную точку зрения

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций ПрООП ВО по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и профилю «Энергообеспечение предприятий»

Автор:

Доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика»
к.т.н., доцент А.В. Рязанцева

Программа обсуждена на заседании кафедры «Промышленная теплоэнергетика». Протокол от 26 мая 2022 г. № 11.

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика»
к.т.н., доцент Л.А. Марюшин

Руководитель ООП Е.А. Чугаев

Приложение 1.

Структура и содержание дисциплины «Оборудование и установки водоподготовительных систем» по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (бакалавр)

n/n	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов				Формы аттестации	
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.П.	РГР	Реферат	През. с докл.	Э	З
1.1	**Основные понятия. Использование воды в теплоэнергетике.** Значение водоподготовки тепловых электростанций. **Типичные схемы обращения воды в котельных и на ТЭЦ. Примеси природных и контурных вод.** Причины загрязнения воды, циркулирующей в теплоэнергетических установках.	**5**		**1**			18	+			+			
1.2	*Определение производительности водоподготовительной установки*	5						+		+				
1.3	Семинарское занятие с докладами	5			2			+						
1.4	**Оборудование для предварительной очистки воды. Общая характеристика методов предочистки. Оборудование предварительной очистки с осветлителями и его эксплуатация.**	**5**		**1**			18	+			+	+		
1.5	*Определение технико-экономических показателей водоподготовительной установки.*	5						+		+				
1.6	Семинарское занятие с докладами	5			2			+						
1.7	**Оборудование для осветления воды методами фильтрования. Общие положения. Технология осветления воды на насыпных фильтрах**. Очистка конденсатов электромагнитными фильтрами.	**5**		**1**			18	+			+	+		
1.8	*Фильтровальные установки*	5						+		+				
1.9	Семинарское занятие с докладами	5			2			+						

1.10	**Оборудование для обработки воды по методу ионного обмена. Общие сведения об ионитах и закономерностях ионообменных процессов. Оборудование ионитной части водоподготовительных установок.**	**5**		**1**			**18**	+			+	+		
1.11	*Расчет ионитных фильтров*	5						+		+				
1.12	Семинарское занятие с докладами	5						+						
1.13	**Технологические схемы ионитных установок. Эксплуатация фильтров.**	**5**					18	+			+	+		
1.14	*Расчет натрий-катионной установки*	5						+		+				
1.15	Семинарское занятие с докладами	5						+		+				
1.16	**Оборудование для мембранной технологии водообработки. Общие положения мембранных методов очистки воды. Сравнение с другими методами водообработки.**	**5**		**1**			**18**	+			+	+		
1.17	*Расчет Н-катионитного фильтра*	5						+		+				
1.18	Семинарское занятие с докладами	5			2			+						
1.19	**Оборудование для очистки воды от растворенных газов. Общие положения процессов выделения газов из воды. Удаления диоксида углерода в декарбонизаторе. Удаления газов из воды в деаэраторах.**	**5**		1			18	+			+	+		
1.20	*Расчет фильтровальной установки с определенной производительностью.*	5						+		+				
1.21	Семинарское занятие с докладами	5			2			+						
1.22	**Оборудование для магнитных методов обработки воды и обработка воды реагентами.** Обработка воды для получения неприкипающего шлама: обработка воды фосфатами, комплексообразующими веществами, антинакипинами. **Магнитный метод обработки воды.**	**5**		**1**			18	+			+	+		
1.23	*Расчет натрий-катионитного фильтра*	5						+		+				
1.24	Семинарское занятие с докладами	5			2			+						

1.25	**Электромагнитные и магнитные фильтры для обезжелезивания воды.**	**5**		**1**			**18**	+			+	+		
1.26	Семинарское занятие с докладами	5						+						
1.27	Обзорное семинарское занятие.	5						+						
	Форма аттестации													**З**
	Всего часов по дисциплине в пятом семестре	144		8	12		124	+		+	Один реферат	+		

Приложение 2

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
ОП (профиль): «Энергообеспечение предприятий»
Форма обучения: заочная

Кафедра: «Промышленная теплоэнергетика»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Оборудование и установки водоподготовительных систем»

1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Перечень расчетно-графических работ
3. Перечень тем для дискуссии на лекции
4. Перечень тем для презентации
5. Перечень тем для промежуточной аттестации
6. Перечень тем для реферата
7. Примеры задач

Москва
2022

Таблица 1
к приложению 2

1. Паспорт фонда оценочных средств

Оборудование и установки водоподготовительных систем					
ФГОС ВО **13.03.01 Теплотехника и теплоэнергетика**					
КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования**	**Форма оценочного средства**	**Степени уровней освоения компетенций**
ИНДЕКС	**ФОРМУЛИРОВКА**				
ОПК-2	способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	**знать:** типовые методики для проектирования технологического оборудования **уметь:** проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование **владеть:** типовыми методиками для проектирования технологического оборудования	Мультимедийные лекции, дискуссия на лекции, выполнение расчетно-графических работ, обсуждение и защита рефератов по дисциплине, подготовка, представление и обсуждение презентаций на семинарских занятиях, организация и проведение текущего контроля знаний студентов, проведение мастер-классов экспертов и специалистов по методам и средствам измерений и контроля на территории ТЭЦ.	Дискуссия на лекции, выполнение РГР, защита реферата, выступление на семинарском занятии с презентацией.	Базовый уровень: способен проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование в стандартных производственных ситуациях Повышенный уровень: способен проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование в нестандартных производственных ситуациях с их последующим анализом

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Таблица 2
к приложению 2

2. Перечень расчетно-графических работ по дисциплине

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонд
1	Определение производительности водоподготовительной установки	Практические работы направлена на формирование умений и навыков по расчету основного и вспомогательного оборудования.	На одну работу отводится одно занятие. Студенту предлагаются варианты заданий для решения задачи по зарание определенной методике. Работа оценивается по шкале от 2 до 5 баллов. Освоение компетенций зависит от результата решения задачи: 5 баллов - компетенции считаются освоенными на продвинутом уровне; 4 балла - компетенции считаются освоенными на базовом уровне; 3 балла - компетенции считаются освоенными на удовлетворительном уровне; 2 балла - компетенции считаются не освоенными.
2	Определение технико-экономических показателей водоподготовительной установки		
3	Фильтровальные установки		
4	Расчет натрий-катионной установки		
5	Расчет Н-катионитного фильтра		
6	Расчет ионитных фильтров		
7	Расчет фильтровальной установки с определенной производительностью		

Таблица 3
к приложению 2

3. Перечень тем для дискуссии на лекции по дисциплине

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонд
1	Использование воды в теплоэнергетике	Дискуссия представляет собой свободный обмен мнениями. Проводится для включения	На дискуссию отводится не более 15 минут. Студенту предлагается одна из тем. Для оценки результатов
2	Причины загрязнения воды		
3	Предворительная очистка воды.		

4	Схемы ионообменной части ВПУ	обучающихся в процесс обсуждения и организации интенсивной обратной связи (Преподаватель-Студент и Студент-Преподаватель и Студент-Студент). А также для оценки их умений аргументировать собственную точку зрения.	используется двухуровневая шкала: компетенции освоены и компетенции не освоены.
5	Эксплуатация фильтров		
6	Сравнение мембранных методов с другими		
7	Газы в воде		

Таблица 4
к приложению 2

4. Перечень тем для презентации по дисциплине

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонд
1	Установка подготовки питательной воды на Шатурской ГРЭС	Докладов с презентацией представляет собой общедоступный доклад с участием слушателей в обмене мнениями. Проводится для включения обучающихся в процесс обсуждения и организации интенсивной обратной связи (Студент-Аудитория). А также для оценки их умений аргументировать собственную точку зрения	На доклады с презентацией отводится не более 15 минут. Студенту предлагается одна из тем. Для оценки результатов используется двухуровневая шкала: компетенции освоены и компетенции не освоены.
2	Реконструкция ВПУ на Ростовской ТЭЦ-2		
3	ВПУ для пароггазовой электростанции г. Ноябрьска (Ямало-Ненецкого АО) – первое использование интегрированных мембранных технологий в отечественной энергетике		
4	Система водоподготовки ОАО «Ивановские ПГУ»		
5	ВПУ Новочеркасской ГРЭС		
6	ВПУ Первомайской ТЭЦ-14		
7	Водоподготовительная установка на Ставропольской ГРЭС		
8	Водоподготовительная установка ТЭЦ-21 ОАО «Мосэнерго»		
9	Водоподготовительная установка Казанской ТЭЦ-3		
10	Водоподготовительная установка Белгородской ТЭЦ		
11	Водоподготовка для Балаковской АЭС		
12	Водоподготовительная установка Ростовской АЭС		
13	Реконструкция системы водоподготовки Заинской ГРЭС в Татарстане		

14	Подготовка воды на ядерной станции Брайдвуд (Иллинойс, США)		
15	Технологическая схема ВПУ на ТЭЦ-16 до и после реконструкции		
16	Модернизации тепловой схемы ВПУ филиала ОАО «Волжская ТГК» и «Ульяновская ТЭЦ-1»		
17	Успешным пример реализации ИМТ в системе водоподготовки на Путиловской ТЭЦ		

Таблица 5
к приложению 2

5. Перечень тем для промежуточной аттестации по дисциплине

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонд
1	Удаление грубодисперсных и коллоидных примесей из природных вод.	Проведение зачета	На написание отводится 45 минут. На написание отводится 45 минут. Студенту предлагается 2 вопроса (из 41). Для оценки результатов используется двухуровневая шкала: компетенции освоены и компетенции не освоены.
2	Принципиальные технологические схемы коагуляционных установок.		
3	Принцип работы осветлителя воды.		
4	Поведение взвешенного слоя в осветлителе.		
5	Принципиальные технологические схемы установок для обработки воды методами осаждения.		
6	Пленочное и объемное фильтрование, механизм задержания грубодисперсных примесей.		
7	Работа насыпных и намывных сорбционных фильтров.		
8	Требования, предъявляемые к фильтрующим материалам для фильтров насыпного и намывного типа.		
9	Ионообменные материалы, применяемые на водоподготовительных установках.		
10	Основные закономерности ионного обмена.		
11	Na-катионирование.		
12	H-катионирование.		
13	Принципиальные схемы ионитного обессоливания воды с одной ступенью раздельного H-OH-ионирования.		

14	Принципиальные схемы ионитного обессоливания воды с несколькими ступенями раздельного Н-ОН-ионирования.		
15	Процесс совместного Н-ОН-ионирования воды.		
16	Конструкции современных прямоточных фильтров		
17	Конструкции современных противоточных фильтров		
18	Конструкции современных фильтров смешанного действия с регенерацией внутри и вне корпуса фильтра.		
19	Эксплуатация ионитных фильтров (установок).		
20	Область применения термического обессоливания воды.		
21	Принцип работы испарителей. Зависимость качества пара от продувки испарителей.		
22	Особенности ионного обмена и процессов в ионообменных мембранах.		
23	Принципиальные схемы электродиализных аппаратов.		
24	Диализ. Обратный осмос. Процессы, протекающие в установках.		
25	Характеристики мембран.		
26	Процессы абсорбции и десорбции газов.		
27	Технология деаэрации воды.		
28	Технология декарбонизации воды.		
29	Химические методы удаления из воды коррозионно-агрессивных газов.		
30	Обработка воды для получения неприкипающего шлама фосфатами		
31	Обработка воды для получения неприкипающего шлама комплексообразующими веществами		
32	Обработка воды для получения неприкипающего шлама антинакипинами		
33	Магнитный метод обработки воды.		
34	Электромагнитные фильтры для обезжелезивания воды.		
35	Магнитные фильтры для обезжелезивания воды.		
36	Воднохимические режимы (ВХР) теплотехнических объектов.		
37	Пути поступления примесей в циклы паротурбинной установки.		
38	Поведение примесей водного теплоносителя в пароводяном тракте.		
39	Нормы качества технологических вод: добавочной (обработанной) воды, прямой		

	и обратной воды теплосети, котловой воды и пара паровых котлов.		
40	Химический контроль рабочей среды технологических контуров.		
41	Система химико-технологического мониторинга для теплоэнергетических объектов.		

Таблица 6
к приложению 2

6. Перечень тем для реферата по дисциплине

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонд
1	Составление принципиальных схем технологического процесса водоподготовки в котельных, при применении различных методов обработки воды.	Защита реферата	Компетенции освоены если реферат оформлен соответствующим образом, в реферате представлено достаточно обширное рассмотрение выбранной темы, изложение материала последовательное и не содержит грубых ошибок, студент способен самостоятельно изложить материал реферата на достаточно высоком
2	Расчет производительности водоподготовительной установки.		
3	Составление циклограммы работы фильтров в зависимости от режимов работы теплоэнергетического оборудования		
4	Определение расходов воды на собственные нужды водоподготовительного оборудования, определение годового расхода соли, с учетом циклограммы работы фильтров		
5	Реконструкция встроенных и подвальных газовых котельных с установкой современного оборудования и переводом их в автоматический режим работы "на замке"		
6	Реконструкция и укрупнение малых угольных котельных с переводом их на более квалифицированные виды топлива (газ: сжиженный и природный и др.)		
7	Развитие теплофикации на базе перспективных парогазовых, паротурбинных и газогенераторных установок		
8	Перевод при комплексной реконструкции объектов централизованного теплоснабжения на работу по независимой схеме, с одновременным решением проблемы холодного водоснабжения и аккумулированию горячей воды		
9	Внедрение прогрессивных технологий при транспортировке теплоносителя от источника к потребителю путем использования труб с высокоэффективными типами изоляции, установкой сильфонных компенсаторов, надежной водосберегающей		

	арматуры, автоматизированной системы обнаружения разгерметизации теплопроводов и других методов неразрушающего контроля		уровне. Компетенции не освоены если вышеперечисленные требования не выполняются.
10	Реконструкция внутренних систем отопления и горячего водоснабжения с широким использованием автоматического регулирования режимов теплопотребления, внедрением высокоэффективных отопительных и санитарно-технических приборов		
11	Оснащение приборами учета тепловой энергии, регулирующей арматурой и автоматикой центральных и индивидуальных тепловых пунктов, а также отдельных потребителей		
12	Внедрение автоматизированной системы регулирования и оптимизации режимов выработки, распределения и потребления тепловой энергии		
13	Внедрение систем автоматического управления частотно-регулируемых приводных электродвигателей насосного и тягодутьевого оборудования на ТЭЦ, в котельных, тепловых пунктах и насосных перекачивающих станциях		
14	Образование защитных пленок на поверхности металла, изменение свойств теплоносителя, загрязнение насыщенного пара		
15	Модернизация водоподготовительной установки химического цеха электростанции безреагентными методами		
16	Расчет оптимального режима работы мембранных обратноосмотических элементов		
17	Сравнительный экономический анализ водоподготовительных схем		
18	Моделирование режимов работы электродиализной установки		
19	Программные продукты для расчета химико-технологических процессов		
20	Расчет оптимального режима работы мембранных ультрафильтрационных элементов		
21	Расчет оптимального режима работы мембранных микрофильтрационных элементов		
22	Технологии снижения сточных вод на основе электромембранных методов		
23	Определение структуры потоков при создании экологически безопасных ТЭС		
24	Современные методы подготовки добавочной воды		
25	Портативные контрольно-измерительные приборы для определения солесодержания		
26	Портативные контрольно-измерительные приборы для определения остаточного кислорода в питательной воде и конденсате		

7. Примеры задач для практических занятий

Задача 1: Определить производительность ВПУ для КЭС, работающей на твердом топливе, мощностью 3100 МВт при удельном расходе пара 4 т/МВт для блоков сверхкритического давления.

Решение: Исходя из суммы потерь отопительных ТЭЦ устанавливается расчетная производительность ВПУ равная 3% суммарной номинальной паропроизводительности установленных котлов.
$Q_{ВПУ} = 4 \cdot 3100 \cdot 0{,}03 = 372$ т/ч.

Ответ: $Q_{ВПУ} = 372$ т/ч.

Задача 2: Определить количество кислой воды $q_к$, м^3, выдаваемое Н-катионитным фильтром за фильтроцикл, если количество исходной воды характеризуется следующими данными: концентрация, мг-экв/л, натрия C_{Na}, кальция C_{Ca} (условно считаем всю жесткость кальциевой, что в данном случае можно допустить). Фильтр диаметром 2,0 м с высотой слоя катионита 2,5 м при обработке воды следующего состава, мг-экв/л: жесткость 3,3; щелочность 2,0.

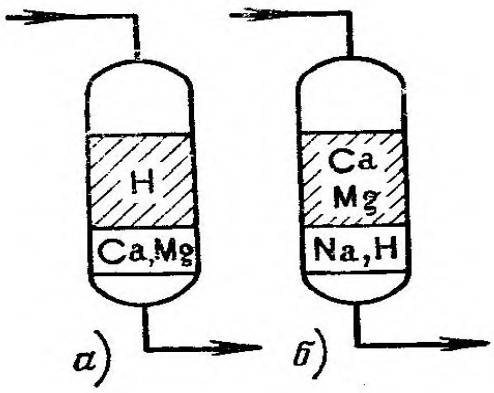


Рис. 1. Примерная схема расположения катионов в слое катионита.

а – после «голодной» регенерации,
б – отработавшего.

Решение. Слой катионита можно изобразить как бы состоящим из двух слоев (рис. 1): верхнего основного, истощенного кальцием и магнием, и нижнего, содержащего в основном катионы натрия и водорода. Снижение кислотности наступает в момент вытеснения натрия в фильтрат. Таким образом, количество полученной кислой воды определяется равенством

$$q_к \times C_{Na} + q_к \times C_{Ca} = h_{Na} \times e_p^{Na} \times f \times \sigma + h_{Ca} \times e_p^{Ca} \times f$$

откуда

$$q_к = \frac{h_{Na} \times e_p^{Na} \times f \times \sigma + h_{Ca} \times e_p^{Ca} \times f}{\mathrm{C}_{Na} + \mathrm{C}_{Ca}}$$

где h_{Na}, h_{Ca}– высота слоя катионита, истощенного натрием и (условно) кальцием, м;
e_p^{Na}, e_p^{Ca}– обменная емкость катионита по натрию и кальцию, г-экв/м^3;
f – площадь сечения фильтра, м^2;
σ – доля слоя h_{Na}, истощенного натрием (0,5–0,6).

Из уравнения выше можно получить:

$$\frac{h_{Na} \times e_p^{Na} \times f \times \sigma}{h_{Ca} \times e_p^{Ca} \times f} = \frac{\mathrm{C}_{Na}}{\mathrm{C}_{Ca}}$$

или

$$h_{Na} = \frac{\mathrm{C}_{Na}}{\mathrm{C}_{Ca} \times \beta \times \sigma} \times h_{Ca} = \frac{\mathrm{B}}{\beta \times \sigma} \times h_{Ca}$$

где

$$\mathrm{B} = \frac{\mathrm{C}_{Na}}{\mathrm{C}_{Ca}}; \quad \beta = \frac{e_p^{Na}}{e_p^{Ca}}; \qquad h_0 = h_{Na} + h_{Ca}$$

Заменив h_{Na} в этом уравнении выражением выше, а также подставив

$$q_к = \frac{\beta \times (\mathrm{B} + 1) \times \sigma}{\mathrm{B} + \beta \times \sigma} \times \frac{e_p^{Ca} \times f \times h_0}{\mathrm{C}_{Na} + \mathrm{C}_{Ca}}$$

$$\mathrm{C}_{Na^+} = 1{,}3; \quad e_p^{Ca} = 260 \ \frac{\text{г–экв}}{\text{м}^3} \quad \text{для сульфоугля}$$

$$e_p^{Ca} = 650 \ \frac{\text{г–экв}}{\text{м}^3} \quad \text{для КУ-2}$$

Подставив эти значения в уравнение, получим: для сульфоугля

$$q_к = \frac{0{,}3 \times 1{,}4}{0{,}7} \times \frac{260 \times 3{,}14 \times 2{,}5}{4{,}6} = 264 \text{ м}^3$$

для КУ-2

$$q_к = \frac{1{,}4 \times 0{,}5}{1{,}3} \times \frac{650 \times 3{,}14 \times 2{,}5}{4{,}6} = 600 \text{ м}^3$$

При скорости фильтрования обрабатываемой воды 10 и 15 м/ч межрегенерационный период сульфоугольного фильтра составит соответственно 8,4 и 5,6 ч, при использовании катионита КУ-2 19,0 и 12,8 ч. Таким образом, для воды данного качества скорость фильтрования при сульфоугле допустима не более 10 м/ч, при замене его КУ-2 ее можно увеличить до 20 м/ч.