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

«Физико-химические основы водоподготовки»

Направление подготовки
13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Профиль
«Энергообеспечение предприятий»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Заочная

Москва
2022

1. Цели освоения дисциплины

К **основным целям** освоения дисциплины «Физико-химические основы водоподготовки» следует отнести формирование знаний о:

- современных методах 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 технологиях очистки теплоносителя и обеспечении оптимального водно-химического режима на ТЭС и АЭС.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Физико-химические основы водоподготовки» следует отнести:

- знакомство с технологическими процессами при подготовке добавочной воды на ТЭС и АЭС;
- знакомство с современными методами исследования свойств теплоносителя 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 «Физико-химические основы водоподготовки» относится к числу профессиональных учебных дисциплин вариативной части базового цикла образовательной программы бакалавриата.

«Физико-химические основы водоподготовки» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- Физика
- Химия
- Гидрогазодинамика
- Техническая термодинамика
- Оборудование и установки водоподготовительных систем

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:** • основные нормативные и правовые документы используемые при водоподготовке • типовые методики для проектирования технологического оборудования • основы освоения и доводки технологических процессов водоподготовки **уметь:** • использовать нормативные и правовые документы при подборе методов подготовки и очистки воды и при подборе оборудования • проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование • осваивать и доводить технологические процессы водоподготовки **владеть:** • методами подбора необходимого оборудования для водоподготовки котельных, тепловых сетей и тепловых электростанций • 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 126 часов – самостоятельная работа студентов).

Разделы дисциплины «Физико-химические основы водоподготовки» изучаются на третьем курсе.

Девятый семестр: лекции – 8 часов, практические и семинарские работы – 10 часов, форма контроля – экзамен.

Структура и содержание дисциплины «Физико-химические основы водоподготовки» 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.

2. Водно-химические режимы теплогенерирующей установки (ТГУ).

Примеси природных и контурных вод. Причины загрязнения воды, циркулирующей в теплоэнергетических установках. Классификация и характеристика примесей природных вод. Характеристика качества контурных вод. Показатели качества воды. Жесткость воды. Щелочность воды.

3. Предварительная очистка воды методами коагуляции и осаждения.

Предварительная очистка воды. Общая характеристика методов предочистки. Обработка воды реагентами - осадителями. Коагуляция коллоидных примесей. Оборудование предварительной очистки с осветлителями и его эксплуатация.

4. Осветление воды методами фильтрования.

Общие положения. Технология осветления воды на насыпных фильтрах. Очистка конденсатов электромагнитными фильтрами.

5. Обработка воды по методу ионного обмена.

Общие сведения об ионитах и закономерностях ионообменных процессов. Технологические характеристики ионитов. Технология ионного обмена. Оборудование ионитной части водоподготовительных установок. Технологические схемы ионитных установок. Эксплуатация фильтров.

6. Мембранная технология водообработки.

Общие положения мембранных методов очистки воды. Сравнение с другими методами водообработки.

7. Очистка воды от растворенных газов.

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

8. Магнитные методы обработки воды и обработка воды реагентами.

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

9. Процессы коррозии металлов.

Виды коррозионных процессов. Химическая и электрохимическая коррозия. Образование защитных оксидных пленок как решающий фактор пассивации металлов. Виды коррозионных повреждений различных сталей и сплавов. Характеристика основных методов защиты металла при эксплуатации и простоях оборудования, выбор типа водно-химического режима. Основы коррозионных процессов на оборудовании районных тепловых станций (РТС) и квартальных котельных. Химическая защита теплоэнергетического оборудования. Условия применения. Химические материалы.

10. Промышленные сточные воды.

Классификация промышленных сточных вод. Особенности их очистки. Методы очистки промышленных стоков от нефтепродуктов. Методы обработки вод после консервации оборудования и кислотной очистки. Пути сокращения промышленных стоков.

5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Физико-химические основы водоподготовки» 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 «Физико-химические основы водоподготовки» и в целом по дисциплине составляет 50% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 50% 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;
- круглый стол;
- реферат по теме: «Физико-химические основы водоподготовки» (индивидуально для каждого обучающегося);
- подготовка и выступление на семинарском занятии с презентацией и обсуждением на тему «Физико-химические основы водоподготовки» (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, круглый стол 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	способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

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: основные нормативные и правовые документы используемые при водоподготовке	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: Основных нормативных и правовых документов используемых при водоподготовке.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: Основных нормативных и правовых документов используемых при водоподготовке. 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 следующих знаний: Основных нормативных и правовых документов используемых при водоподготовке, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: Основных нормативных и правовых документов используемых при водоподготовке, свободно оперирует приобре-тенными знаниями.
уметь: использовать нормативные и правовые	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: выполнять	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих

документы при подборе методов подготовки и очистки воды и при подборе оборудования	умеет выполнять расчеты натрий-катионной установки, Н-катионитного фильтра, ионитных фильтров	расчеты натрий-катионной установки, Н-катионитного фильтра, ионитных фильтров. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	умений: выполнять расчеты натрий-катионной установки, Н-катионитного фильтра, ионитных фильтров. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	умений: выполнять расчеты по натрий-катионной установки, Н-катионитного фильтра, ионитных фильтров. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: методами подбора необходимого оборудования для водоподготовки котельных, тепловых сетей и тепловых электростанций	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами расчета натрий-катионной установки, Н-катионитного фильтра, ионитных фильтров	Обучающийся владеет методами и методиками расчета Na-катионной установки, Н-катионитного и ионитных фильтров 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 и методиками расчета натрий-катионной установки, Н-катионитного фильтра, ионитных фильтров, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет методами и методиками расчета натрий-катионной установки, Н-катионитного фильтра, ионитных фильтров, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: 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».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Физико-химические основы водоподготовки» (защитили реферат, выполнили РГР, выступили с докладом и на круглом столе)

Шкала оценивания	**Описание**
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, свободно 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 частичное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, хорошо оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, хорошо 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.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах

	показателей, удовлетворительно оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками. При этом допускаются значительные ошибки, обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.
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 приложении 2 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. Тест-системы НПО ЗАО “Крисмас+” для проведения экспериментов по определению общего железа в воде и ее вододородного показателя
4. Макет системы химводоподготовки на ТЭЦ ОАО "ВТИ"
5. 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 6		
Тема 1-10	Реферат	Защита реферата
Тема 1	*Самостоятельное изучение.* Изучение принципиальных тепловых схем котельных и схем водоподготовки в котельных.	Устный опрос
Тема 2	*Самостоятельное изучение*. Физико-химические и технологические показатели качества воды. Требования к качеству воды для различных элементов ТЭУ. Причины поступления примесей в воду.	Устный опрос
Тема 3	*Самостоятельное изучение.* Коагуляция коллоидных примесей воды. Снижение щелочности и умягчение воды известкованием.	Устный опрос
Тема 4	*Самостоятельное изучение.* Устройство осветлителя и принцип его работы на насыпных фильтрах	Устный опрос
Тема 5	*Самостоятельное изучение.* Очистка конденсатов на намывных фильтрах. Схема и принцип работы Na - катионитового фильтра. Влияние параметров на остаточную жесткость фильтрата при Na-катионировании.	Устный опрос
Тема 6	*Самостоятельное изучение.* Мембранные дегазаторы	Устный опрос
Тема 7	*Самостоятельное изучение.* Вред кислорода и диоксида углерода, находившихся в воде, для ВПУ.	Устный опрос
Тема 8	*Самостоятельное изучение.* Автоматизация водоподготовительных установок.	Устный опрос
Тема 9	*Самостоятельное изучение.* Физико-химические основы коррозии	Дискуссия на лекции, устный опрос
Тема 10	*Самостоятельное изучение.* Консервация энергетического оборудования. Классификация сточных вод	Дискуссия на лекции, устный опрос
Тема 1-10	Круглый стол	Оценка умений аргументировать собственную точку зрения
Тема 1-10	Докладов с презентацией	Оценка умений аргументировать собственную точку зрения

10.

11. 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 дискуссии.	Свободный обмен мнениями	Оценка степени участия в обсуждении
Тема 3	Практическое занятие	Педагогический рассказ, показ, предъявление алгоритма решения	Разделение студенческой группы на подгруппы по вариантам. Межгрупповой диалог.	Выполнение РГР, устный опрос

		задач, выполнения методик и др.		
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 7	Лекции	Чтение лекции с использованием демонстрационных материалов и презентациии.	Информационная лекция. Содержание непосредственно передается преподавателем в готовом виде через монолог.	Устный опрос

Тема 7	Практическое занятие	Педагогический рассказ, показ, предъявление алгоритма решения задач, выполнения методик и др.	Разделение студенческой группы на подгруппы. Межгрупповой диалог.	Выполнение РГР, устный опрос
Тема 8	Лекции	Чтение лекции с использованием демонстрационных материалов и презентациии.	Информационная лекция. Содержание непосредственно передается преподавателем в готовом виде через монолог.	Устный опрос
Тема 8	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 9	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 9	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 10	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 10	Практическое занятие	Педагогический рассказ, показ, предъявление алгоритма решения задач, выполнения методик и др.	Разделение студенческой группы на подгруппы. Межгрупповой диалог.	Выполнение РГР, устный опрос
Тема	Семенар	Круглый стол	Свободный обмен	Оценка

1-10	ское занятие		мнениями, позволяющий находить точки соприкосновения для поиска общих выводов.	степени участия в обсуждении и оценка умений аргументировать собственную точку зрения
Тема 1-10	Семенарское занятие	Докладов с презентацией	Общедоступный доклад с участием слушателей в обмене мнениями. Проводится для включения обучающихся в процесс обсуждения и организации интенсивной обратной связи (Студент-Аудитория).	Оценка умений аргументировать собственную точку зрения

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки бакалавров **13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**.

Программу составил:

доцент, к.т.н. /Марюшин Л.А./

доцент, к.т.н. /Рязанцева А.В./

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

Руководитель образовательной программы /Чугаев Е.А./

Приложение 1.

Структура и содержание дисциплины «Физико-химические основы водоподготовки» 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.**							+			+			
1.2	Определение производительности водоподготовительной установки							+		+				
1.3	**Типичные схемы обращения воды в котельных и на ТЭЦ. Потери пара и конденсата.**							+			+	+		
1.4	*Расчет концентраций примесей в воде.*							+		+				
1.5	**Примеси природных и контурных вод. Причины загрязнения воды, циркулирующей в теплоэнергетических установках. Классификация и характеристика примесей природных вод.**							+			+			
1.6	Удаление примесей из воды							+		+				
1.7	**Характеристика качества контурных вод. Показатели качества воды. Жесткость воды. Щелочность воды.**							+			+			
1.8	Удаление примесей из воды							+		+				
1.9	**Предварительная очистка воды. Общая характеристика**							+			+	+		

	методов предочистки. Коагуляция коллоидных примесей.													
1.10	*Определение общей щелочности и жесткости*							+		+				
1.11	**Обработка воды реагентами - осадителями. Оборудование предварительной очистки с осветлителями и его эксплуатация.**							+			+	+		
1.12	*Определение технико-экономических показателей водоподготовительной установки.*							+		+				
1.13	**Осветление воды методами фильтрования. Общие положения. Технология осветления воды на насыпных фильтрах**. *Очистка конденсатов электромагнитными фильтрами.*							+			+	+		
1.14	*Фильтровальные установки*							+		+				
1.15	**Обработка воды по методу ионного обмена. Общие сведения об ионитах и закономерностях ионообменных процессов. Технологические характеристики ионитов.**							+			+	+		
1.16	Семинарское занятие с докладами							+						
1.17	**Технология ионного обмена. Оборудование ионитной части водоподготовительных установок. Технологические схемы ионитных установок. Эксплуатация фильтров.**							+			+	+		
1.18	Семинарское занятие с докладами							+		+				
1.19	**Мембранная технология водообработки. Общие положения мембранных методов очистки воды. Сравнение с другими методами водообработки.**							+			+	+		
1.20	Семинарское занятие с докладами							+		+				
1.21	**Очистка воды от растворенных газов. Общие положения процессов выделения газов из воды.**							+			+	+		
1.22	Семинарское занятие с докладами							+		+				
1.23	**Технология удаления диоксида углерода в декарбонизаторе. Технология удаления газов из воды в деаэраторах.**							+			+			
1.24	Семинарское занятие с докладами							+		+				
1.25	**Магнитные методы обработки воды и обработка воды**							+			+	+		

	реагентами. Обработка воды для получения неприкипающего шлама: обработка воды фосфатами, комплексообразующими веществами, антинакипинами. Магнитный метод обработки воды. Электромагнитные и магнитные фильтры для обезжелезивания воды.													
1.26	Семинарское занятие с докладами							+		+				
1.27	**Процессы коррозии металлов. Виды коррозионных процессов. Химическая и электрохимическая коррозия. Образование защитных оксидных пленок как решающий фактор пассивации металлов.**							+			+			
1.28	Семинарское занятие с докладами							+		+				
1.29	**Виды коррозионных повреждений различных сталей и сплавов. Характеристика основных методов защиты металла при эксплуатации и простоях оборудования, выбор типа водно-химического режима.**							+			+			
1.30	Семинарское занятие с докладами							+		+				
1.31	**Основы коррозионных процессов на оборудовании районных тепловых станций (РТС) и квартальных котельных. Химическая защита теплоэнергетического оборудования. Условия применения. Химические материалы.**							+			+			
1.32	*Предотвращение биологичесих обрастаний в системах охлаждения*							+		+				
1.33	**Промышленные сточные воды. Классификация промышленных сточных вод. Особенности их очистки. Методы очистки промышленных стоков от нефтепродуктов.**							+			+			
1.34	Семинарское занятие – круглый стол.							+						
1.35	**Методы обработки вод после консервации оборудования и кислотной очистки. Пути сокращения промышленных стоков.**							+			+			

1.36	Обзорное семинарское занятие.							+						
	Форма аттестации												**Э**	
	Всего часов по дисциплине в шестом семестре			8	10		126	+		+	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

«Физико-химические основы водоподготовки»

1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Перечень расчетно-графических работ
3. Перечень тем для дискуссии на лекции
4. Темы лдя круглого стола
5. Перечень тем для презентации
6. Перечень тем для промежуточной аттестации
7. Перечень тем для реферата
8. Примеры задач
9. Экзаменнационные билеты

Москва
2022

Таблица 1
к приложению 2

1. Паспорт фонда оценочных средств

Физико-химические основы водоподготовки					
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:** основные нормативные и правовые документы используемые при водоподготовке **уметь:** использовать нормативные и правовые документы при подборе методов подготовки и очистки воды и при подборе оборудования **владеть:** методами подбора необходимого оборудования для водоподготовки котельных, тепловых сетей и тепловых электростанции	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, работа на круглом столе, защита реферата, выступление на семинарском занятии с презентацией.	Базовый уровень: способен использовать нормативные и правовые документы при подборе методов подготовки и очистки воды и при подборе оборудования в стандартных производственных ситуациях Повышенный уровень: способен использовать нормативные и правовые документы при подборе методов подготовки и очистки воды и при подборе оборудования 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	Анализ качества исходной воды	Практические работы направлена на формирование умений и навыков по расчету основного и вспомогательного оборудования и оценке качества воды.	На одну работу отводится одно занятие. Студенту предлагаются варианты заданий для решение 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 производительности водоподготовительной установки		
3	Расчет концентраций примесей в воде		
4	Удаление примесей из воды		
5	Определение общей щелочности и жесткости		
6	Определение технико-экономических показателей водоподготовительной установки		
7	Фильтровальные установки		
8	Предотвращение биологичесих обрастаний в системах охлаждения		

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 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.	На дискуссию отводится не более 15 минут. Студенту предлагается одна из тем. Для оценки результатов используется двухуровневая шкала: компетенции освоены и компетенции не освоены.
2	Показатели качества воды.		
3	Предворительная очистка воды.		
4	Схемы ионообменной части ВПУ.		
5	Коррозия металлов.		
6	Классификация промышленных сточных вод.		
7	Пути сокращения промышленных стоков.		

Таблица 4
к приложению 2

4. Темы для круглого стола по дисциплине

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонд
1	Особенности водоподготовки в различных регионах страны (каждому студенту по одному региону). Обсуждение водоподготовки на ТЭЦ после экскурсии.	Свободный обмен мнениями, позволяющий находить точки соприкосновения для поиска общих выводов. Проводится для включения 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.	На круглый стол отводится 90 минут. Студенту предлагается несколько тем. К одной из них он готовиться самостоятельно зарание. По другим темам он должен участвовать в обсуждении. Для оценки результатов используется двухуровневая шкала: компетенции освоены и компетенции не освоены.

Таблица 5
к приложению 2

5. Перечень тем для презентации по дисциплине

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонд
1	Физико-химические основы коагуляции	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 докладов 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	Процесс известкования воды		
3	Поведение взвешенного слоя в осветлителе		
4	Основные закономерности ионного обмена		
5	Технология катионирования		
6	Технология ионитного (химического) обессоливания воды		
7	Технология дистилляции воды в испарителях различных типов		
8	Причины загрязнения пара: капельный унос, избирательный унос.		
9	Диализ. Обратный осмос. Процессы, протекающие в установках.		
10	Требования к качеству исходной воды, обрабатываемой мембранными способами.		
11	Магнитный метод обработки воды.		
12	Воднохимические режимы (ВХР) теплотехнических объектов.		
13	Нормы качества добавочной (обработанной) воды.		
14	Нормы качества прямой и обратной воды теплосети.		
15	Нормы качества котловой воды и пара паровых котлов.		
16	Система химико-технологического мониторинга для теплоэнергетических объектов.		
17	Технология деаэрации воды.		
18	Технология декарбонизации воды.		
19	Пути поступления примесей в циклы паротурбинной установки.		

Таблица 6
к приложению 2

6. Перечень тем для промежуточной аттестации по дисциплине

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонд
1	Жесткость, щелочность, pH, окисляемость, концентрация ионов, концентрация грубодисперсных примесей, сухой остаток, прокаленный остаток.	Проведение экзамена	На написание отводится 45 минут. Студенту предлагается 3 вопроса (из 63). Написание оценивается по шкале от 2 до 5 баллов. Освоение компетенций зависит от результата написания: 5 баллов - компетенции считаются освоенными на высоком уровне; 4 балла - компетенции считаются освоенными на базовом уровне; 3 балла - компетенции считаются освоенными на удовлетворительном уровне; 2 балла -
2	Естественный химический состав поверхностных и подземных природных вод.		
3	Загрязнение природных водоемов стоками промышленных, сельскохозяйственных и коммунальных предприятий.		
4	Удаление грубодисперсных и коллоидных примесей из природных вод.		
5	Физико-химические основы коагуляции природной воды.		
6	Изменение химического состава воды при коагуляции.		
7	Принципиальные технологические схемы коагуляционных установок.		
8	Химические реакции, протекающие при известковании воды.		
9	Применяемые в химводоподготовке реагенты.		
10	Процесс известкования воды. Расчет дозы извести.		
11	Принцип работы осветлителя воды.		
12	Поведение взвешенного слоя в осветлителе.		
13	Принципиальные технологические схемы установок для обработки воды методами осаждения.		
14	Пленочное и объемное фильтрование, механизм задержания грубодисперсных примесей.		
15	Работа насыпных и намывных сорбционных фильтров.		
16	Требования, предъявляемые к фильтрующим материалам для фильтров насыпного и намывного типа.		
17	Ионообменные материалы, применяемые на водоподготовительных установках.		
18	Основные закономерности ионного обмена.		

19	Технология катионирования.		компетенции считаются не освоенными.
20	Na-катионирование.		
21	Н-катионирование.		
22	Технология ионитного (химического) обессоливания воды.		
23	Процессы последовательного Н-ОН-ионирования воды.		
24	Принципиальные схемы ионитного обессоливания воды с одной и несколькими ступенями раздельного Н-ОН-ионирования.		
25	Процесс совместного Н-ОН-ионирования воды.		
26	Конструкции современных фильтров: прямоточных, противоточных, фильтров смешанного действия с регенерацией внутри и вне корпуса фильтра.		
27	Эксплуатация ионитных фильтров (установок).		
28	Технология дистилляции воды в испарителях различных типов.		
29	Область применения термического обессоливания воды.		
30	Принцип работы испарителей. Зависимость качества пара от продувки испарителей.		
31	Причины загрязнения пара: капельный унос, избирательный унос.		
32	Особенности ионного обмена и процессов в ионообменных мембранах.		
33	Принципиальные схемы электродиализных аппаратов.		
34	Диализ. Обратный осмос. Процессы, протекающие в установках.		
35	Характеристики мембран.		
36	Требования к качеству исходной воды, обрабатываемой мембранными способами.		
37	Процессы абсорбции и десорбции газов.		
38	Технология деаэрации воды.		
39	Технология декарбонизации воды.		
40	Химические методы удаления из воды коррозионно-агрессивных газов.		
41	Обработка воды для получения неприкипающего шлама: обработка воды фосфатами, комплексообразующими веществами, антинакипинами.		
42	Магнитный метод обработки воды.		
43	Электромагнитные и магнитные фильтры для обезжелезивания воды.		
44	Воднохимические режимы (ВХР) теплотехнических объектов.		

45	Пути поступления примесей в циклы паротурбинной установки.		
46	Поведение примесей водного теплоносителя в пароводяном тракте.		
47	Нормы качества технологических вод: добавочной (обработанной) воды, прямой и обратной воды теплосети, котловой воды и пара паровых котлов.		
48	Химический контроль рабочей среды технологических контуров.		
49	Система химико-технологического мониторинга для теплоэнергетических объектов.		
50	Виды коррозионных процессов.		
51	Химическая и электрохимическая коррозия.		
52	Образование защитных оксидных пленок как решающий фактор пассивации металлов.		
53	Виды коррозионных повреждений различных сталей и сплавов.		
54	Характеристика основных методов защиты металла при эксплуатации и простоях оборудования, выбор типа водно-химического режима.		
55	Основы коррозионных процессов на оборудовании районных тепловых станций (РТС) и квартальных котельных.		
56	Химическая защита теплоэнергетического оборудования. Условия применения. Химические материалы.		
57	Воднохимические режимы систем охлаждения конденсаторов.		
58	Основные физико-химические процессы, протекающие в водном теплоносителе.		
59	Типы и условия образования отложений в прямоточных и барабанных котлах.		
60	Классификация промышленных сточных вод. Особенности их очистки.		
61	Методы очистки промышленных стоков от нефтепродуктов.		
62	Методы обработки вод после консервации оборудования и кислотной очистки.		
63	Пути сокращения объема промышленных стоков.		

Таблица 7
к приложению 2

7. Перечень тем для реферата по дисциплине

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонд
1	Расчет производительности водоподготовительной установки.	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 уровне. Компетенции не освоены если вышеперечисленные требования не
2	Виды коррозии; основные факторы, влияющие на коррозию поверхностей нагрева		
3	Снижение образования коррозии трубных систем теплоэнергетического оборудования химическим способом		
4	Исследование эффективности режимов работы ингибиторов коррозии		
5	Определение скорости коррозии с помощью коррозиметра «Эксперт 104»		
6	Химическая и электрохимическая коррозия.		
7	Образование защитных оксидных пленок как решающий фактор пассивации металлов.		
8	Характеристика основных методов защиты металла при эксплуатации и простоях оборудования, выбор типа водно-химического режима.		
9	Основы коррозионных процессов на оборудовании районных тепловых станций (РТС) и квартальных котельных.		
10	Химическая защита теплоэнергетического оборудования. Условия применения. Химические материалы.		
11	Воднохимические режимы систем охлаждения конденсаторов.		
12	Основные физико-химические процессы, протекающие в водном теплоносителе.		
13	Типы и условия образования отложений в прямоточных котлах.		
14	Типы и условия образования отложений в барабанных котлах.		
15	Классификация промышленных сточных вод. Особенности их очистки.		
16	Методы очистки промышленных стоков от нефтепродуктов.		
17	Методы обработки вод после консервации оборудования и кислотной очистки.		
18	Пути сокращения объема промышленных стоков.		

19	Химические методы удаления из воды коррозионно-агрессивных газов.		выполняются.
20	Обработка воды для получения неприкипающего шлама: обработка воды фосфатами.		
21	Обработка воды для получения неприкипающего шлама: комплексообразующими веществами.		
22	Обработка воды для получения неприкипающего шлама: антинакипинами.		
23	Конструкции современных прямоточных фильтров		
24	Конструкции современных противоточных фильтров		
25	Конструкции современных фильтров смешанного действия с регенерацией внутри и вне корпуса фильтра.		

8. 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 концентрацию ионов водорода и pH воды, в которой содержится $C_{OH^-} = 3 \times 10^{-4}$Моль/л, а коэффициент активности $f_{OH^-} = 0{,}8$

Решение: Активность ионов OH^-

$$a_{OH^-} = C_{OH^-} \times f_{OH^-} = 3 \times 10^{-4} \times 0{,}8 = 2{,}4 \times 10^{-4}$$

Показатель ионов OH^-

$$pOH = -lg\, a_{OH^-} = -lg(2{,}4 \times 10^{-4}) = 3{,}62$$

Водородный показател

$$pH = 14 - pOH = 14 - 3{,}62 = 10{,}38$$

Активность ионов H^+

$$a_{H^+} = 10^{-pH} = 10^{-10{,}38} = 4{,}17 \times 10^{-11}$$

Концентрация ионов водорода

$$C_{H^+} = \frac{a_{H^+}}{f_{H^+}} = \frac{4{,}17 \times 10^{-11}}{0{,}8} = 5{,}21 \times 10^{-11}\ \text{Моль/л} = 5{,}21 \times 10^{-8}\ \frac{\text{мг} - \text{экв}}{\text{л}}$$

Задача 4: Определите размер продувки системы оборотного охлаждения, стабилизирующей циркуляционную воду, и расход добавочной воды при следующих условиях ее работы: $Ж_0 = 3{,}0$ мг-экв/дм^3; $Ж_к$

= 2,2 мг- экв/дм^3; ОК = 16 мгO_2 /дм^3; t = 42 °С; Δt = 12 °С; $P_{ун}$ = 0,5 %.

Решение: Для предотвращения биологических обрастаний в системах охлаждения, а также в целях удаления сформировавшихся отложений применяются очистка конденсаторных трубок резиновыми шариками и обработка воды сильными окислителями. Методом снижения минерализации охлаждающей воды является продувка СОО, т.е. отвод части циркулирующей воды с заменой ее свежей. При продувке происходит общее понижение концентраций всех примесей, в том числе, кроме ионов Ca^{2+} и HCO_3^-, ионов Cl^- и SO_4^{2-}, что способствует ослаблению процессов коррозии в оборотной системе. Вывод солей из оборотной системы осуществляется за счет организованной продувки и потерь при капельном уносе из градирни. Так как основным назначением продувки является поддержание карбонатной жесткости циркуляционной воды ниже предельно допустимой $Ж_{к.пред}$, значение требуемой продувки можно определить из модифицированных уравнений:

$$Ж_{к.пред}(Р_{ун} + Р_{прод}) = Ж_{к.доб}(Р_{исп} + Р_{ун} + Р_{прод})$$

откуда

$$Р_{прод} = \frac{Р_{исп} \times Ж_{к.доб}}{Ж_{к.пред} - Ж_{к.доб}} - Р_{ун}$$

где $Ж_{к.доб}$ – карбонатная жесткость воды, добавляемой для восполнения потерь в СОО, мг-экв/дм^3.

Значения $Ж_{к.пред}$ обычно определяются опытным путем для конкретных условий работы СОО. На основе обобщения опытных данных для добавочных природных вод с окисляемостью до 25 мгO_2/дм^3 в интервале температур от 30 до 60 °С Г.Е. Крушелем была предложена формула

$$0{,}28 \times Ж_{к.пред} = 8 + \frac{ОК}{3} - \frac{t - 40}{5{,}5 - \frac{OK}{7}} - \frac{0{,}28 \times Ж_{нк}}{6 - \frac{ОК}{7} + \left(\frac{t - 40}{10}\right)^3}$$

где ОК – окисляемость воды, мгO_2/дм;

$Ж_{нк}$ – некарбонатная жесткость воды, мг-экв/дм^3;

t – максимальная температура воды в системе, °С (при t < 40 °С в уравнение подставляют t = 40 °С).

Таблица

Потери воды с капельным уносом

Тип охлаждающих устройств	***ν*, %**
Брызгальные бассейны производительностью более 4000	1,5 – 1,2
Открытие градирни с решетками	1,0 – 3,0
Башенные градирни с площадью орошения, м^2 до150 более 150 более 150 (с каплеуловителями)	 0,5 – 1,0 0,5 0,05
Вентиляторные градирни с каплеуловителями	0,2 – 0,3

Потери воды на испарение в градирнях, %, определяются в виде

$$P_{исп} = 0{,}16 \times x \times \Delta t,$$

где x – доля теплоты, отдаваемой охлаждающей водой за счет ее испарения в градирне (летом – 1,0, зимой – 0,5, весной и осенью – 0,75);

Δt – снижение температуры в градирне.

Потери воды в результате уноса капель колеблются от 0,25–0,5 до 1,5–3,5% в зависимости от скорости ветра и типа градирни, а также зависят от наличия и эффективности работы брызгоуловителей в градирнях.

1) находим $Ж_{к.пред}$

$$0{,}28 \times Ж_{к.пред} = 8 + \frac{16}{3} - \frac{42-40}{5{,}5 - \frac{16}{7}} - \frac{2{,}8 \times (3 - 2{,}2)}{6 - \frac{16}{7} + \left(\frac{42-40}{10}\right)^3} = 11{,}2 \ \frac{мг-экв}{дм^3}$$

$$Ж_{к.пред} = \frac{11{,}2}{2{,}8} = 4{,}0 \ \frac{мг-экв}{дм^3}$$

2) определяем $P_{исп}$ для осенне-весеннего периода:

$$P_{исп} = 0{,}16 \times 0{,}75 \times 12 = 1{,}44\%;$$

3) вычисляем $P_{прод}$

$$P_{прод} = \frac{1{,}44 \times 2{,}2}{4 - 2{,}2} - 0{,}5 = 1{,}26\ \%$$

4) рассчитываем $P_{доб}$ для осенне-весеннего периода:

$$P_{доб} = 1{,}44 + 0{,}5 + 1{,}26 = 3{,}20\ \%;$$

5) в летний период при $x = 1{,}0$

$$P_{исп} = 0{,}16 \times 1{,}0 \times 12 = 1{,}92\%;$$

$$Р_{прод} = \frac{1{,}92 \times 2{,}2}{4 - 2{,}2} - 0{,}5 = 1{,}85\ \%$$

$$Р_{доб} = Р_{исп} + Р_{ун} + Р_{прод} = 1{,}92 + 0{,}5 + 1{,}85 = 4{,}27\ \%$$

Отметим, что чем меньше разность $Ж_{к.пред} - Ж_{к.доб}$, тем больше должно быть значение продувки. Обычно для добавочной воды с $Ж_к$ > 2,0 мг-экв/дм^3 стабилизацию циркуляционной воды проводят комплексным методом, совмещающим продувку и обработку циркуляционной воды химическими реагентами, к последней относят подкисление, фосфатирование, рекарбонизацию дымовыми газами.

Подкисление циркуляционной воды проводится в целях частичного снижения $Ж_к$ до значения, равного или несколько ниже $Ж_{к.пред}$, с использованием H_2SO_4 в качестве наиболее дешевого и доступного реагента. Введенная в воду кислота разлагает гидрокарбонат кальция по реакции

$$Ca(HCO_3)_2 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + 2H_2O + 2CO_2$$

В дополнение к разрушению потенциального накипеобразователя $Ca(HCO_3)_2$ при подкислении выделяется CO_2, который стабилизирует оставшуюся часть гидрокарбоната кальция ($Ж_{к.ост}$). Последний служит буфером, предохраняющим систему от перекисления воды и соответственно от интенсификации коррозии. Значение $Ж_{к.ост}$ находится из соотношения

$$Ж_{к.ост} = Ж_{к.пред} \times \frac{Р_{ун} + Р_{прод}}{Р_{исп} + Р_{ун} + Р_{прод}} = 4 \times \frac{1 + 1{,}26}{1{,}44 + 1 + 1{,}26} = 0{,}244\ \frac{мг - экв}{дм^3}$$

Расход технической серной кислоты $\sigma_к$ г/ч, на обработку охлаждающей воды подсчитывается по найденному значению $Ж_{к.ост}$ в виде

$$\sigma_к = \frac{49 \times Q_{цирк} \times Р_{доб}}{100 \times К} \times (Ж_{к.доб} - Ж_{к.ост}) = \frac{49 \times 28000 \times 4{,}27}{100 \times 0{,}93} \times (2{,}2 - 0{,}244) = 123216{,}068\ г/ч$$

где $Q_{цирк}$ – расход охлаждающей воды в системе, м^3/ч;

$Р_{доб}$ – добавка в систему охлаждающей воды, %;

К – содержание H_2SO_4 в техническом продукте, доли единицы.

Ответ: $\sigma_к$= 123216,068 г/ч; Цена H_2SO_4 = 3300руб/т,
тогда $\frac{123216,068}{1000000} \times 3300 = 406,6$ руб/ч

к приложению 2

9. Экзаменационные билеты

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

Факультет урбанистики и городского хозяйства, кафедра «Промышленная теплоэнергетика»
Дисциплина «Физико-химические основы водоподготовки»
Образовательная программа 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»
Курс 3, семестр 6

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1.

1. Естественный химический состав поверхностных и подземных природных вод.
2. Технология ионитного (химического) обессоливания воды.
3. Электромагнитные и магнитные фильтры для обезжелезивания воды.

Утверждено на заседании кафедры «Промышленная теплоэнергетика» 20 г., протокол № .

Зав. кафедрой _____ /Л.А. Марюшин/

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

Факультет урбанистики и городского хозяйства, кафедра «Промышленная теплоэнергетика»
Дисциплина «Физико-химические основы водоподготовки»
Образовательная программа 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»
Курс 3, семестр 6

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2.

1. Жесткость, щелочность, pH, окисляемость, концентрация ионов, концентрация грубодисперсных примесей, сухой остаток, прокаленный остаток.
2. Процессы последовательного Н ОН ионирования воды.
3. Воднохимические режимы (ВХР) теплотехнических объектов.

Утверждено на заседании кафедры «Промышленная теплоэнергетика» 20 г., протокол № .

Зав. кафедрой _____ /Л.А. Марюшин/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет урбанистики и городского хозяйства, кафедра «Промышленная теплоэнергетика»
Дисциплина «Физико-химические основы водоподготовки»
Образовательная программа 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»
Курс 3, семестр 6

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3.

1. Загрязнение природных водоемов стоками промышленных, сельскохозяйственных и коммунальных предприятий.

2. Принципиальные схемы ионитного обессоливания воды с одной и несколькими ступенями раздельного Н ОН ионирования.

3. Пути поступления примесей в циклы паротурбинной установки.

Утверждено на заседании кафедры «Промышленная теплоэнергетика» 20 г., протокол № .

Зав. кафедрой _____ /Л.А. Марюшин/