

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Технология воды и топлива в энергетике

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Мембранные технологии очистки воды**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Громов С.Л.
	Идентификатор	Rb7dd97ab-GromovSL-e5b96e3b

С.Л. Громов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f

Ю.В.
Шацких

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f

Ю.В.
Шацких

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-2 Способность участвовать в проектировании водоподготовительных и водоочистительных установок и систем с использованием серийного оборудования
- ИД-1 Выбирает современные технологии подготовки воды и топлива для использования в энергетических установках

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Смешанная форма

1. Защита расчетного задания по программе ROSA (Коллоквиум)

Форма реализации: Устная форма

1. Коллоквиум. Мембранная дегазация (Коллоквиум)
2. Коллоквиум. Основные представления о мембранных технологиях в водоподготовке. Обратный осмос и нанофильтрация (Коллоквиум)
3. Коллоквиум. Ультрафильтрация (Коллоквиум)
4. Коллоквиум. Электродиализ и Электродеионизация (Коллоквиум)

БРС дисциплины

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Коллоквиум. Основные представления о мембранных технологиях в водоподготовке. Обратный осмос и нанофильтрация (Коллоквиум)
- КМ-2 Коллоквиум. Ультрафильтрация (Коллоквиум)
- КМ-3 Коллоквиум. Мембранная дегазация (Коллоквиум)
- КМ-4 Коллоквиум. Электродиализ и Электродеионизация (Коллоквиум)
- КМ-5 Защита расчетного задания по программе ROSA (Коллоквиум)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	8	10	12	14
Основные представления о мембранных технологиях в водоподготовке, очистке стоков, схемах с повторным использованием воды в технологическом цикле					

Основные представления о мембранных технологиях в водоподготовке, очистке стоков, схемах с повторным использованием воды в технологическом цикле	+	+	+	+	+
Обратный осмос и нанофильтрация: закономерности, возможности и ограничения, характеристики мембран и мембранных элементов, принципы конструирования установок					
Обратный осмос и нанофильтрация: закономерности, возможности и ограничения, характеристики мембран и мембранных элементов, принципы конструирования установок	+	+		+	+
Ультра- и микрофильтрация: закономерности, возможности и ограничения, характеристики мембран и мембранных элементов, принципы конструирования установок					
Ультра- и микрофильтрация: закономерности, возможности и ограничения, характеристики мембран и мембранных элементов, принципы конструирования установок	+	+		+	
Интегрированные мембранные технологии и их сочетания с ионным обменом					
Интегрированные мембранные технологии и их сочетания с ионным обменом	+	+	+	+	+
Осадкообразование в рулонных мембранных элементах и способы борьбы с ним					
Осадкообразование в рулонных мембранных элементах и способы борьбы с ним	+	+		+	+
Электромембранные процессы и мембранная дегазация					
Электромембранные процессы и мембранная дегазация	+		+	+	
Технологические расчеты, моделирование и проектирование мембранных установок с использованием компьютерных расчетных программ (на примере ROSA)					
Технологические расчеты, моделирование и проектирование мембранных установок с использованием компьютерных расчетных программ (на примере ROSA)	+	+		+	+
Вес КМ:	40	25	10	10	15

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-2	ИД-1ПК-2 Выбирает современные технологии подготовки воды и топлива для использования энергетических установках в	Знать: области рационального применения традиционных и мембранных технологий очистки воды, а также ограничения им присущие основные принципы реализации интегрированных мембранных технологий для задач водоподготовки и очистки сточных вод терминологию в области мембранного разделения; основные типы мембран и мембранных элементов и их базовые свойства основные показатели, характеризующие качество воды и их изменение по ступеням обработки на установках водоподготовки и очистки сточных вод Уметь:	КМ-1 Коллоквиум. Основные представления о мембранных технологиях в водоподготовке. Обратный осмос и нанофильтрация (Коллоквиум) КМ-2 Коллоквиум. Ультрафильтрация (Коллоквиум) КМ-3 Коллоквиум. Мембранная дегазация (Коллоквиум) КМ-4 Коллоквиум. Электродиализ и Электродеионизация (Коллоквиум) КМ-5 Защита расчетного задания по программе ROSA (Коллоквиум)

		анализировать свойства мембран и мембранных элементов, а также методов их применения; проводить выбор оптимального решения путем сравнения характеристик в зависимости от условий поставленной задачи выбирать оптимальную архитектуру обратноосмотической установки и тип мембранных элементов в зависимости от качества исходной воды и требований к производительности оборудования и качеству пермеата выбирать экономически эффективную схему с использованием интегрированных мембранных технологий для задач водоподготовки в энергетике в конкретных условиях эксплуатации проводить оценочные и комплексные технологические расчеты процессов обратного	
--	--	---	--

		осмоса с использованием программы ROSA	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Коллоквиум. Основные представления о мембранных технологиях в водоподготовке. Обратный осмос и нанофильтрация

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 40

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проведение коллоквиума в аудитории.

Краткое содержание задания:

Перечислите и кратко охарактеризуйте основные технологии мембранного разделения, применяемые для очистки жидких сред.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: области рационального применения традиционных и мембранных технологий очистки воды, а также ограничения им присущие	1.Перечислите и кратко охарактеризуйте основные технологии мембранного разделения, применяемые для очистки жидких сред.
Знать: основные показатели, характеризующие качество воды и их изменение по ступеням обработки на установках водоподготовки и очистки сточных вод	1.Что является движущей силой процесса обратного осмоса?
Знать: основные принципы реализации интегрированных мембранных технологий для задач водоподготовки и очистки сточных вод	1.В чем состоит явление осмоса и что такое обратный осмос? 2.Чем определяется значение осмотического давления в теории и на практике?
Знать: терминологию в области мембранного разделения; основные типы мембран и мембранных элементов и их базовые свойства	1.Какой метод обеспечивает более глубокую деминерализацию воды: обратный осмос или ионный обмен? 2. Можно ли удалить из воды растворенные газы методом обратного осмоса? 3.Какие мембраны использовались в промышленных установках обратного осмоса первоначально? Какие используются сейчас? 4.В чем разница рабочих параметров ацетат-целлюлозных и тонкопленочных композитных мембран на основе полиамида? 5.Назовите основные параметры (всего – четыре), влияющие на показатели работы установок обратного осмоса. 6.Назовите основные узлы и комплектующие установок обратного осмоса.

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	7. Какие конструкции мембранных элементов использовались в технологии обратноосмотического разделения? 8. Что представляет собой мембранный модуль с рулонными (спиральнонамотанными) элементами? 9. В чем отличие между тупиковым и тангенциальным принципами организации процесса фильтрации? Какой принцип фильтрации реализуется в обратном осмосе и нанофильтрации? 10. От чего зависят показатели надежности при эксплуатации установок обратного осмоса в первую очередь? 11. Что такое селективность и гидравлический КПД мембранного элемента? Как соотносятся эти показатели для элемента и установки? От чего зависит селективность? 12. Как классифицируются мембранные элементы? 13. Назовите основных производителей мембранных элементов для обратного осмоса, представленных на отечественном рынке. 14. В чем отличие мембранных элементов для водопроводной и солоноватой воды? 15. Каким значением «молекулярной отсечки» в углеродных единицах принято характеризовать обратный осмос и нанофильтрацию? 16. Каков температурный диапазон работы обратноосмотических элементов. Почему он такой? 17. Что такое фактор температурной коррекции? 18. Назовите наиболее важный показатель, превышение допустимого значения которого неизбежно приводит к возникновению проблем при эксплуатации и снижению показателей экономической эффективности установок обратного осмоса. 19. Что такое концентрационная поляризация? 20. Каков допустимый диапазон регулирования производительности блока обратноосмотической установки в процентах от расчетного номинала. Почему? 21. Что такое индекс SDI? Может ли данный показатель рассматриваться как «единственно достоверный и абсолютно объективный»? 22. Какую функцию выполняет микрофильтр перед установкой обратного осмоса? 23. Какие компоненты, вещества представляют угрозу осадкообразования на мембранах? Что такое индекс LSI? Что такое “scaling” и “fouling”? Какие мембранные элементы в установке наиболее подвержены формированию каждого из указанных видов осадков?

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	24. Может ли обратный осмос обеспечить 100%-ю селективность и 100%-ю долю отбора (гидравлический КПД)? 25. Когда надо прибегать к проведению реагентной мойки установки обратного осмоса? Какие реагенты применяются в общем случае? В какой последовательности? Почему? 26. В чем опасность простоев установок обратного осмоса? Какие меры необходимо предпринимать? 27. Какие подходы, имеющие целью повышение устойчивости мембранных элементов к засорению/отравлению, известны? В чем отличие мембран, используемых в элементах «стойких к отравлению/засорению» (“Fouling Resistant”), от аналогов? 28. Какой механизм переноса растворителя и растворенных веществ положен в основу математического моделирования процессов обратноточного разделения? 29. Можно ли в наше время посредством обратного осмоса опреснить 26% раствор хлорида натрия? Почему? 30. Какой из двух методов разделения (обратный осмос или ионный обмен) следует применить, чтобы добиться максимального удаления SiO_2 из исходной воды, pH которой равен 11? 31. В чем заключается практическая разница между нанофильтрационными мембранами на основе полиамида и на основе пиперазина по условиям эксплуатации и возможностям математического моделирования? 32. С каким из возможных видов загрязнений труднее всего бороться при эксплуатации установок с мембранными рулонными элементами? Почему? 33. Можно ли эксплуатировать установки обратного осмоса или нанофильтрации без предподготовки обрабатываемой воды? 34. При каком значении солесодержания исходной воды при выборе основной стадии обработки сравнительный анализ экономической эффективности обратного осмоса и противоточного ионного обмена является обязательным условием? 35. Какой способ исследования является наиболее достоверным и информативным при анализе проблем, возникающих при эксплуатации установок с рулонными мембранными элементами? 36. Какие известны способы снижения негативного воздействия концентрационной поляризации? 37. С какими рисками сопряжено применение рециркуляции концентрата в ОО и НФ?

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	38. Что означает термин «внутримагистральный дизайн» (ISD)? Кем и с какой целью предложено его применение? Его достоинства и недостатки. 39. Для чего применяются двухступенчатые установки ОО? Как можно снизить кап. затраты на вторую ступень ОО? 40. В чем заключаются достоинства автоматического рулонирования мембранных элементов? 41. Варианты стыковки рулонных мембранных элементов в модуле: их достоинства и недостатки. 42. Достоинства и недостатки «коротколистковых» и «длиннолистковых» мембранных конвертов в рулонных элементах. 43. Конструкции и особенности концентратных сеток и пути их оптимизации. 44. Что подразумевается под «нормализацией» данных в ОО и НФ? Для чего к ней прибегают? 45. Можно ли заменять в ОО и НФ установках мембранные элементы одного производителя элементами другого? Если Да, то при соблюдении каких условий? 46. Алгоритм определения необходимого количества рулонных мембранных элементов в установках ОО и НФ. 47. В чем состоит принципиальный подход к архитектуре многостадийной (многоступенчатой) ОО/НФ установки? Каковы типичные значения доли отбора (гидравлического КПД – Recovery) для одно-, двух- и трехстадийных установок? 48. Какой режим эксплуатации наиболее благоприятен для ОО/НФ-установок с рулонными мембранными элементами? Почему? 49. Для чего используются индексы LSI и S&DSI? Их физико-химический смысл и области применения. 50. При каком значении солесодержания (TDS) раствора выпарные методы обессоливания/опреснения/обработки становятся экономически оправданными в современных условиях? 51. В чем отличие тонкопленочных нанокомпозитных обратноосмотических мембран от тонкопленочных аналогов? 52. С какими целями и посредством чего модифицируют барьерный слой тонкопленочных обратноосмотических мембран? 53. Каковы основные типоразмеры обратноосмотических мембранных элементов, применяемых в промышленных установках? 54. Допустимы ли отклонения рабочих параметров установок обратного осмоса/нанофильтрации от

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	номинальных (расчетных) значений? Если Да, то в каком диапазоне? Почему? 55.Классификация биоцидов, применяемых в обратном осмосе, по механизму действия. Их преимущества и недостатки. 56.До какого значения LSI эффективны современные ингибиторы солей отложений? В чем их достоинства и недостатки по сравнению с другими методами предотвращения отложений? 57.Как правильно организовать химическую мойку оборудования, используемого в мембранных технологиях? 58.В какой из технологий мембранного разделения отсутствует стандартизация типоразмеров мембранных элементов? 59.Какие из мембранных технологий требуют обязательного проведения пилотных испытаний с целью выбора работоспособного или оптимального решений? 60.Применение какой из мембранных технологий обеспечивает минимизацию эксплуатационных затрат водоподготовительной установки в общем случае?
Уметь: анализировать свойства мембран и мембранных элементов, а также методов их применения; проводить выбор оптимального решения путем сравнения характеристик в зависимости от условий поставленной задачи	1.Используя программу ROSA, выполнить технологический расчет установки обратного осмоса для исходной воды из поверхностного источника с температурой 20оС после традиционной предподготовки, обеспечив долю отбора не менее 75% (производительность установки и состав исходной воды задаются индивидуальным вариантом)

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-2. Коллоквиум. Ультрафильтрация

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: В аудитории проводится коллоквиум.

Краткое содержание задания:

Какие загрязнения удаляются из воды в процессе ультрафильтрации?

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основные показатели, характеризующие качество воды и их изменение по ступеням обработки на установках водоподготовки и очистки сточных вод	1.Какие загрязнения удаляются из воды в процессе ультрафильтрации? 2.Какие основные показатели характеризуют свойства полупроницаемых мембран?
Знать: основные принципы реализации интегрированных мембранных технологий для задач водоподготовки и очистки сточных вод	1.Какова молекулярная масса веществ, удаляемых из воды ультрафильтрационными мембранами в задачах водоподготовки? 2.В каких технологиях мембранного разделения, применяемых на ВПУ отсутствует стандартизация типоразмеров мембранных элементов? 3.Какие из мембранных технологий требуют обязательного проведения пилотных испытаний с целью выбора оптимального решения для задач водоподготовки? 4.В чем разница между микро- и ультрафильтрацией? 5.Из каких материалов изготавливаются МФ- и УФ-мембраны? 6.Из каких материалов изготавливаются МФ- и УФ-мембраны? 7.Основные области применения МФ и УФ 8.По какому механизму происходит очистка жидкой среды в МФ и УФ? 9.Какие режимы фильтрования применяются в МФ и УФ? Почему? 10.Какая физическая модель наиболее близко соответствует структуре УФ-мембран? 11.Можно ли снизить содержание растворенной органики в воде, используя УФ-мембраны? 12.Производительность какой УФ-мембраны будет выше: имеющей больший диаметр пор или меньший? 13.Перечислить области применения УФ в водоподготовке и очистке стоков.

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	14.Перечислить основные типы УФ элементов, применяемые в промышленности. 15.Достоинства и недостатки керамических УФ элементов. 16.В чем особенность строения асимметричной УФ-мембраны? 17.В чем разница между одноканальным и многоканальным полым волокном? 18.Какие варианты УФ различают по способу создания перепада давления на мембране? 19.Какие варианты реализации УФ известны по направлению фильтрации для половолоконных мембран? 20.Возможен ли корректный технологический расчет УФ без проведения пилотных испытаний? Почему? 21.Достоинства и недостатки фильтрации «изнутри-наружу» для половолоконных элементов. 22.Достоинства и недостатки фильтрации «снаружи-вовнутрь» для половолоконных элементов. 23.При реализации какого из вариантов фильтрации (напорного или «безнапорного») формируется наиболее плотный слой осадка в УФ? Почему? 24.Что такое трансмембранное давление в УФ? 25.Перечислить основные технологические операции при использовании установок с половолоконными УФ-элементами, работающими в направлении «изнутри-наружу» 26.Перечислить основные технологические операции при использовании установок с половолоконными УФ-элементами, работающими в направлении «снаружи-вовнутрь». 27.Теоретический и практический вид «пилы ТМД». 28.Как влияет режим рециркуляции на вид «пилы ТМД»? 29.Достоинства и недостатки вертикального и горизонтального расположения УФ-модулей. 30.Возможна ли замена УФ-модулей одного изготовителя на модули аналогичного типа другого изготовителя в общем случае? Почему? 31.Какой вид фильтрации реализуется в УФ при использовании режима рециркуляции? 32.Достоинства и недостатки режима рециркуляции в УФ. 33.Принципиальная технологическая схема УФ-установки 34.Каков усредненный диапазон значений допустимого удельного съема для УФ? 35.Какие реагенты используются в УФ? 36.Почему пилотные испытания – обязательное требование в случае применения УФ? 37.Какие флокулянты нельзя применять в случае использования УФ? Почему? 38.Какой показатель обычно контролируют в фильтрате после УФ? 39.Как применение УФ на стадии предочистки сказывается на работе установок обратного осмоса? Почему? 40.Как применение УФ на стадии предочистки сказывается на

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	работе установок противоточного ионного обмена? Почему? 41.Какой показатель оказывает основное влияние на себестоимость фильтрата УФ? 42.Что представляет собой типичная предподготовка перед ультрафильтрацией? 43.Для чего прибегают к механической очистке воды, подаваемой на установку УФ? 44.Для чего нужна коагуляция перед УФ? Можно ли отказаться от коагуляции 45.С какими рисками сопряжено использование флокуляции перед УФ? 46.Назовите типы самопромывных фильтров, применяемых перед УФ 47.В чем принципиальное различие между сетчатыми и дисковыми самопромывными фильтрами? 48.Изобразите упрощенную принципиальную схему УФ-установки. 49.Изобразите принципиальную технологическую схему УФ-установки 50.Перечислите основные возможные операции при эксплуатации УФ-установки 51.Каковы основные рекомендации по проектированию УФ-установок для водоподготовки? 52.Перечислите основные эксплуатационные параметры/показатели работы УФ. 53.Что такое МБР? 54.В чем заключаются преимущества МБР по сравнению с традиционной биологической очисткой стоков? 55.Какие стоки имеет смысл направлять на МБР? Почему? 56.По каким параметрам можно классифицировать МБР? 57.По каким параметрам/показателям/опциям можно сравнивать модули для МБР?
Знать: терминологию в области мембранного разделения; основные типы мембран и мембранных элементов и их базовые свойства	1.По какому из показателей установка ультрафильтрации выводится на промывку обратным током в общем случае? 2.Какова молекулярная масса веществ, удаляемых из воды ультрафильтрационными мембранами?
Уметь: выбирать экономически эффективную схему с использованием интегрированных мембранных	1.Используя программу ROSA, выполнить технологический расчет установки обратного осмоса для исходной воды из поверхностного источника с температурой 20оС после традиционной предподготовки, обеспечив долю отбора не менее 75% (производительность установки и состав исходной воды задаются индивидуальным вариантом)

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
технологий для задач водоподготовки в энергетике в конкретных условиях эксплуатации	

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-3. Коллоквиум. Мембранная дегазация

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: В аудитории проводится коллоквиум.

Краткое содержание задания:

Перечислить наиболее часто встречающиеся газообразные вещества, растворенные в воде. Можно ли удалять из воды газообразные примеси мембранными методами?

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: области рационального применения традиционных и мембранных технологий очистки воды, а также ограничения им присущие	1.Какой из методов декарбонизации (атмосферный или вакуумный) позволяет минимизировать остаточное содержание растворенного углекислого газа в воде? Почему? 2.Можно ли добиться снижения содержания растворенного в воде кислорода, используя атмосферный декарбонизатор? Почему?

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	3. Можно ли добиться снижения содержания растворенного в воде кислорода, используя вакуумный декарбонизатор? Почему? 4. Какое из устройств обеспечит более низкое остаточное значение растворенного в воде кислорода: вакуумный декарбонизатор или вакуумный деаэратор? Почему? 5. В чем специфика мембран, применяемых для мембранной дегазации? 6. Основные области применения мембранной дегазации 7. Назовите достоинства и недостатки мембранной дегазации. 8. Требования к качеству воздуха, применяемого в мембранной дегазации при удалении углекислого газа. 9. Где обычно располагается мембранная дегазация в технологической схеме? 10. Какие схемные решения применяют при размещении модулей мембранной дегазации? 11. Как влияет расход воды через мембранный контактор на значение остаточного содержания компонента, удаляемого из нее? 12. Как изменяется степень извлечения нежелательного газа из воды при переходе от одноступенчатой схемы обработки к многоступенчатой? 13. К какому типу относятся мембраны, применяемые в мембранной дегазации? 14. Почему в мембранных контакторах применяют полуволоконные мембраны? 15. Можно ли добиться снижения содержания растворенного в воде кислорода, подавая в «декарбонизатор» инертный газ? Почему? 16. Имеет ли смысл применять мембранную дегазацию в отечественной энергетике? Почему? 17. Какие методы удаления растворенных газов из водной среды используются в мембранной дегазации? 18. Можно ли сочетать вакуумирование с подачей инертного газа в мембранный контактор? 19. Имеет ли смысл применение углекислого газа для удаления кислорода из воды в мембранной дегазации? Почему? 20. Какая характеристика инертного газа, применяемого в мембранной дегазации, является критически важной для обеспечения требуемого результата?

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	21. Назовите компанию, занимающую лидирующие позиции на рынке мембранных контакторов. 22. Где (в каких отраслях) мембранная дегазация получила широкое распространение? Почему? 23. Существуют ли различия между принципами, на которых основано функционирование атмосферных декарбонизаторов и мембранных контакторов? 24. Какой параметр имеет критически важное значение для производительности и эффективности атмосферных декарбонизаторов и мембранных контакторов?
Уметь: выбирать оптимальную архитектуру обратноосмотической установки и тип мембранных элементов в зависимости от качества исходной воды и требований к производительности оборудования и качеству пермеата	1. Используя программу ROSA, выполнить технологический расчет установки обратного осмоса для исходной воды из поверхностного источника с температурой 20оС после традиционной предподготовки, обеспечив долю отбора не менее 75% (производительность установки и состав исходной воды задаются индивидуальным вариантом)

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-4. Коллоквиум. Электродиализ и Электродеионизация

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: В аудитории проводится коллоквиум.

Краткое содержание задания:

Что представляют собой электромембранные процессы? Какие электромембранные процессы применяются в водоподготовке?

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: области рационального применения традиционных и мембранных технологий очистки воды, а также ограничения им присущие	1.Что является целевым продуктом в электродиализе? Проходит ли он через мембрану? 2.Область солесодержания воды, благоприятствующая применению электродиализа для целей опреснения? 3.В чем отличие электродеионизации от электролиализа: по конструкции рабочей ячейки и по области применения? 4.Какие три «механизма» работают в электродеионизации? 5.Какую функцию выполняет ионообменная загрузка в электродеионизации? 6.С какой целью заполняют ионитами концентратные камеры в ЭДИ-модулях? 7.Для каких задач применяется смешанная загрузка ионитов в дилуатной камере, а для каких – трехслойная? 8.Требования, предъявляемые к качеству воды, направляемой на ЭДИ? 9.Достоинства и недостатки ЭДИ. 10.Как влияет сила тока на достигаемые показатели очистки? 11.Как влияет содержание углекислого газа на достигаемые показатели очистки? 12.«Эквивалентная электропроводность» - что это такое? 13.Перечислить основные типы электродеионизационных модулей (стэков). 14.Можно ли утверждать, что ЭДИ – «безреагентный» метод водоподготовки? 15.В чем состоит риск применения электромембранных процессов? 16.Какая технология сопряжена с более высокими рисками при эксплуатации: электродиализ или электродеионизация? Почему? 17.Может ли ЭДИ компенсировать издержки качества обработки на предшествующей стадии? 18.Какая технология (ионный обмен или ЭДИ) обладает более высокой технологической устойчивостью и надежностью при эксплуатации на ВПУ? Почему? 19.Какая компания впервые получила ионселективные мембраны и предложила

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	использовать электродиализ в водоподготовке? 20.Какая компания занимает лидирующие позиции на рынке модулей для электродеионизации? 21.В чем отличие электродиализа от обратного осмоса? 22.В чем принципиальное отличие между ионным обменом и ЭДИ по показателям остаточного содержания лимитируемых примесей в обессоленной воде?
Знать: основные показатели, характеризующие качество воды и их изменение по ступеням обработки на установках водоподготовки и очистки сточных вод	1.Что представляет собой электродиализ? Что такое обратимый электродиализ? 2.Что представляет собой ионселективная мембрана? Какие они бывают? 3.Может ли катион пройти через анионселективную мембрану, а анион – через катионселективную?
Знать: основные принципы реализации интегрированных мембранных технологий для задач водоподготовки и очистки сточных вод	1.Общие требования к электромембранному оборудованию. 2. Какие процессы протекают одновременно при электродеионизации?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-5. Защита расчетного задания по программе ROSA

Формы реализации: Смешанная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проверка выполненного расчетного задания и устный опрос.

Краткое содержание задания:

Выполнение расчетного задания

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: проводить оценочные и комплексные технологические расчеты процессов обратного осмоса с использованием программы ROSA	1.Используя программу ROSA, выполнить технологический расчет установки обратного осмоса для исходной воды из поверхностного источника с температурой 20оС после традиционной предподготовки, обеспечив долю отбора не менее 75% (производительность установки и состав исходной воды задаются индивидуальным вариантом)

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Теоретический вопрос 1. Основные мембранные технологии, применяемые для водоподготовки, и задачи, реализуемые с их помощью в технологических схемах
2. Теоретический вопрос 2. Осадкообразование в рулонных обратноосмотических элементах: причины, механизмы, следствия, идентификация, способы устранения и предотвращения
3. Задача. Используя программу ROSA, выполнить технологический расчет установки обратного осмоса для исходной воды из поверхностного источника с температурой 20оС после традиционной предподготовки, обеспечив долю отбора не менее 75% (производительность установки и состав исходной воды задаются индивидуальным вариантом)

Процедура проведения

Устный экзамен

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-2} Выбирает современные технологии подготовки воды и топлива для использования в энергетических установках

Вопросы, задания

1. Основные мембранные технологии, применяемые для водоподготовки, и задачи, реализуемые с их помощью в технологических схемах
2. Осадкообразование в рулонных обратноосмотических элементах: причины, механизмы, следствия, идентификация, способы устранения и предотвращения
3. Используя программу ROSA, выполнить технологический расчет установки обратного осмоса для исходной воды из поверхностного источника с температурой 20оС после традиционной предподготовки, обеспечив долю отбора не менее 75% (производительность установки и состав исходной воды задаются индивидуальным вариантом)
4. Интегрированные мембранные технологии: достоинства и недостатки, принципиальные технологические схемы с использованием ИМТ
5. Технология вибрационного мембранного разделения: принцип работы ВМР, достоинства и недостатки, области применения
6. Интегрированные мембранные технологии в комбинации с ионным обменом: достоинства, принципиальные технологические схемы, недостатки при проектировании
7. Реагентные (химические) мойки мембранного оборудования: показатели для проведения, принципы организации, состав оборудования, применяемые реагенты, условия реализации

8. Понятие концентрационной поляризации: эффекты, следствия и способы ее преодоления
9. Осмос и обратный осмос. Осмотическое давление, его зависимость от солевого содержания
10. Обратный осмос и нанофильтрация: определения, области применения, основные ограничения и закономерности
11. Понятие точки «экономического равновесия» по себестоимости обработанной воды между обратным осмосом и ионным обменом: как определяется, от чего зависит, в каких пределах находится

Материалы для проверки остаточных знаний

1.1. Как рассчитать эквивалентную электропроводность воды, подаваемой на установку электродеионизации (ЭДИ)?

Ответы:

- 1) показания кондуктометра умножить на два
- 2) показания кондуктометра разделить на два
- 3) по формуле $C = C_1 + 2,71A + 1,94B$, где C – эквивалентная электропроводность, C_1 – показания кондуктометра, мкСм/см, A – концентрация свободного углекислого газа, мг/дм³, B – концентрация кремниевой кислоты, мг/дм³
- 4) просуммировать значения солевого содержания пермеата, мг/дм³, концентрация свободного углекислого газа, мг/дм³ и остаточного содержания органики в пермеате, мг/дм³

Верный ответ: 3

2. С какими рисками сопряжено размещение электродеионизации (ЭДИ) после ионного обмена в технологической схеме?

Ответы:

- 1) риски отсутствуют
- 2) аккумулярование фрагментов разрушенных зерен ионитов слоями ионообменной загрузки в установках ЭДИ вплоть до полного блокирования каналов между ионселективными мембранами
- 3) рост электропроводности обессоленной воды
- 4) снижение pH обессоленной воды

Верный ответ: 2

3. Основной технологический недостаток ЭДИ -

Ответы:

- 1) энергозатраты
- 2) частота проведения реагентных (химических) моек оборудования
- 3) низкая производительность оборудования
- 4) отсутствие возможности компенсировать снижение качества воды на предшествующей стадии обработки

Верный ответ: 4

4. Какие лимитируемые примеси удаляются из воды при использовании обратного осмоса и/или нанофильтрации лучше, чем посредством ионного обмена?

Ответы:

- 1) хлориды и сульфаты
- 2) соли жесткости и карбонаты
- 3) органика и коллоидная кремневка
- 4) аммиак и углекислый газ

Верный ответ: 3

5. Какие загрязнения удаляются из воды в процессе ультрафильтрации?

Ответы:

- 1) вещества, находящиеся во взвешенном состоянии
- 2) растворенные соли и микроорганизмы
- 3) растворенные газы и микроорганизмы
- 4) все вышеперечисленные

Верный ответ: 1

6. Какие основные показатели характеризуют свойства полупроницаемых мембран?

Ответы:

- 1) способ получения, технология сушки, прочность, методика испытаний
- 2) материал, проницаемость, гидравлическое сопротивление, селективность, химическая и термостойкость

3) структура барьерного слоя, размеры пор, площадь сечения пор в единице площади поверхности мембраны

- 4) все вышеперечисленные

Верный ответ: 2

7. По какому из показателей установка ультрафильтрации выводится на промывку обратным током в общем случае?

Ответы:

- 1) установленному времени
- 2) окисляемости обработанной воды
- 3) значению трансмембранного давления
- 4) объему обработанной воды

Верный ответ: 3

8. В каких пределах должен находиться показатель SDI 15 воды, поступающей на УОО?

Ответы:

- 1) до 1
- 2) до 5
- 3) 2 – 4
- 4) до 3

Верный ответ: 2

9. Как меняется значение допустимого удельного съема пермеата (л/м²·ч) для рулонных обратноосмотических мембранных элементов при уменьшении показателя SDI обрабатываемой воды?

Ответы:

- 1) остается постоянным
- 2) уменьшается
- 3) увеличивается

4) ведет себя произвольно

Верный ответ: 3

10. Как изменяется продолжительность интервала между химическими очистками (мойками) УОО при увеличении показателя SDI в питающей воды?

Ответы:

1) увеличивается

2) уменьшается

3) остается постоянным

4) продолжительность межмоечного интервала не зависит от показателя SDI

Верный ответ: 2

11. Как влияет увеличение температуры исходной воды (в пределах, допускаемых для тонкопленочных композитных мембран на основе полиамида) на производительность УОО?

Ответы:

1) производительность УОО увеличивается

2) производительность УОО уменьшается

3) производительность УОО не
меняется

4) производительность УОО не зависит от температуры

Верный ответ: 1

12. Как меняется селективность обратноосмотических мембран при увеличении в допустимых пределах температуры обрабатываемой воды?

Ответы:

1) остается постоянной

2) увеличивается

3) уменьшается

4) селективность не зависит от температуры

Верный ответ: 3

13. Какова молекулярная масса веществ, удаляемых из воды обратноосмотическими мембранами?

Ответы:

1) более 1000 Да

2) 200-400 Да

3) более 100 Да

4) 120000 – 180000 Да

Верный ответ: 3

14. Какова молекулярная масса веществ, удаляемых из воды нанофильтрационными мембранами?

Ответы:

1) более 100 Да

2) 200-400

Да

3) более 1000 Да

4) 120000 – 180000 Да

Верный ответ: 2

15. Какова молекулярная масса веществ, удаляемых из воды ультрафильтрационными мембранами в общем случае?

Ответы:

1) более 100 Да

2) 200-400 Да

3) более 1000 Да

4) 120000 – 180000 Да

Верный ответ: 3

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу