

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

Рабочая программа дисциплины
МЕМБРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.12.02.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	2 семестр - 32 часа;
Практические занятия	2 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	2 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	2 семестр - 93,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Коллоквиум	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	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	Очков В.Ф.
	Идентификатор	Rd91184b2-OchkovVF-1531e2ff

В.Ф. Очков

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

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: определение круга задач водоподготовки, для решения которых целесообразно использовать технологии мембранного разделения; изучение методов применения оборудования для мембранного разделения и разработки рациональных технологических схем водоподготовки для тепловых и атомных станций; овладение алгоритмами проведения оценочных и детальных технологических расчетов с использованием современных программ компьютерного моделирования процессов и оборудования для обратноосмотического разделения; формирование базы знаний для изучения курса «Проектирование водоподготовительных систем».

Задачи дисциплины

- изучение основных областей применения процессов мембранного разделения в современных условиях; их (процессов) возможностей и ограничений, достоинств и недостатков;
- формирование представлений о комплексе и взаимосвязи свойств обратноосмотических, нано- и ультрафильтрационных мембран;
- изучение влияния свойств мембран и мембранных элементов на показатели экономической эффективности и эксплуатационной надежности водоподготовительных установок;
- формирование представлений об основных закономерностях обратного осмоса и ультрафильтрации;
- формирование навыков оптимизации технологических схем при использовании мембранного разделения для задач водоподготовки в энергетике;
- формирование понимания неразрывности взаимосвязи технологического процесса и его аппаратного оформления для оптимизации эксплуатационных показателей;
- выработка навыков поиска решений проблем, которые могут возникать при эксплуатации мембранных технологий и оборудования;
- освоение алгоритма упрощенного (оценочного) технологического расчета процессов обратноосмотического разделения и приобретение навыков использования программы ROSA для компьютерного моделирования.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-2 Способность участвовать в проектировании водоподготовительных и водоочистительных установок и систем с использованием серийного оборудования	ИД-1 _{ПК-2} Выбирает современные технологии подготовки воды и топлива для использования в энергетических установках	знать: - терминологию в области мембранного разделения; основные типы мембран и мембранных элементов и их базовые свойства; - основные принципы реализации интегрированных мембранных технологий для задач водоподготовки и очистки сточных вод; - основные показатели, характеризующие качество воды и их изменение по ступеням обработки на установках водоподготовки и очистки сточных вод; - области рационального применения традиционных и мембранных технологий очистки воды, а также ограничения им присущие.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить оценочные и комплексные технологические расчеты процессов обратного осмоса с использованием программы ROSA; - выбирать экономически эффективную схему с использованием интегрированных мембранных технологий для задач водоподготовки в энергетике в конкретных условиях эксплуатации; - выбирать оптимальную архитектуру обратноосмотической установки и тип мембранных элементов в зависимости от качества исходной воды и требований к производительности оборудования и качеству пермеата; - анализировать свойства мембран и мембранных элементов, а также методов их применения; проводить выбор оптимального решения путем сравнения характеристик в зависимости от условий поставленной задачи.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Технология воды и топлива в энергетике (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: на программе бакалавриата, а также курсах дисциплин «Основы гидродинамики и гидромеханические процессы разделения», «Основы технологии воды и топлива» и «Специальные главы физико-химических процессов» программы магистратуры. Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин «Проектирование водоподготовительных систем», «Очистка и повторное использование сточных вод энергетических предприятий» при выполнении выпускной квалификационной работы.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Основные представления о мембранных технологиях в водоподготовке, очистке стоков, схемах с повторным использованием воды в технологическом цикле	3	2	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные представления о мембранных технологиях в водоподготовке, очистке стоков, схемах с повторным использованием воды в технологическом цикле"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 308-456, 472-534 [2], 24-46</p>
1.1	Основные представления о мембранных технологиях в водоподготовке, очистке стоков, схемах с повторным использованием воды в технологическом цикле	3		1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
2	Обратный осмос и нанофильтрация: закономерности, возможности и ограничения, характеристики мембран и мембранных	24		16	-	-	-	-	-	-	-	-	8	

	элементов, принципы конструирования установок													<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 308-409, 494-534 [2], 47-100, 179-246
2.1	Обратный осмос и нанофильтрация: закономерности, возможности и ограничения, характеристики мембран и мембранных элементов, принципы конструирования установок	24	16	-	-	-	-	-	-	-	8	-		
3	Ультра- и микрофильтрация: закономерности, возможности и ограничения, характеристики мембран и мембранных элементов, принципы конструирования установок	14	10	-	-	-	-	-	-	-	4	-		<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Ультра- и микрофильтрация: закономерности, возможности и ограничения, характеристики мембран и мембранных элементов, принципы конструирования установок" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 317-347 [2], 107-178, 301-370
3.1	Ультра- и микрофильтрация: закономерности, возможности и ограничения, характеристики мембран и мембранных элементов, принципы конструирования установок	14	10	-	-	-	-	-	-	-	4	-		
4	Интегрированные мембранные технологии и их	3	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-		<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу

	сочетания с ионным обменом											"Интегрированные мембранные технологии и их сочетания с ионным обменом"
4.1	Интегрированные мембранные технологии и их сочетания с ионным обменом	3	1	-	-	-	-	-	-	2	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 494-534 [2], 301-370
5	Осадкообразование в рулонных мембранных элементах и способы борьбы с ним	4	2	-	-	-	-	-	-	2	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Осадкообразование в рулонных мембранных элементах и способы борьбы с ним"
5.1	Осадкообразование в рулонных мембранных элементах и способы борьбы с ним	4	2	-	-	-	-	-	-	2	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 398-410
6	Электромембранные процессы и мембранная дегазация	4	1	-	-	-	-	-	-	3	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Электромембранные процессы и мембранная дегазация"
6.1	Электромембранные процессы и мембранная дегазация	4	1	-	-	-	-	-	-	3	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 410-435 [2], 247-370
7	Технологические расчеты, моделирование и проектирование мембранных установок с использованием компьютерных расчетных программ (на примере ROSA)	56	1	-	16	-	-	-	-	39	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Технологические расчеты, моделирование и проектирование мембранных установок с использованием компьютерных расчетных программ (на примере ROSA)"
7.1	Технологические расчеты, моделирование и	56	1	-	16	-	-	-	-	39	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 308-456, 494-534

	проектирование мембранных установок с использованием компьютерных расчетных программ (на примере ROSA)												
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	32	-	16	-	2	-	-	0.5	60	33.5	
	Итого за семестр	144.0	32	-	16		2		-	0.5		93.5	

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Основные представления о мембранных технологиях в водоподготовке, очистке стоков, схемах с повторным использованием воды в технологическом цикле

1.1. Основные представления о мембранных технологиях в водоподготовке, очистке стоков, схемах с повторным использованием воды в технологическом цикле

Предподготовка. Основная обработка. Финишная очистка. ИМТ. Стоки промышленные. Стоки хоз.бытовые. Повторное использование и «нулевой жидкий сброс».

2. Обратный осмос и нанофильтрация: закономерности, возможности и ограничения, характеристики мембран и мембранных элементов, принципы конструирования установок

2.1. Обратный осмос и нанофильтрация: закономерности, возможности и ограничения, характеристики мембран и мембранных элементов, принципы конструирования установок

Основные процессы разделения. Спектр процессов фильтрования. Основные процессы корректировки солевого состава воды. Технологии мембранного разделения. Представление об осмосе и обратном осмосе. Осмотическое давление. Ограничения в обратном осмосе. Солеосодержание и осмотическое давление. Принципы фильтрования. Концентрационная поляризация. Технология ВМР. Механизмы переноса в баромембранных процессах. Основные понятия и определения. Области применения ОО и НФ. Современные мембраны: материалы, структура, свойства. Возможности для питьевого водоснабжения. Конструкция современной тонкопленочной композитной мембраны на основе полиамида. Обратный осмос и нанофильтрация – типы мембранных элементов. Конструкции рулонного и полволоконного мембранных элементов. Механизм переноса в обратном осмосе и нанофильтрации. Основные характеристики процесса мембранного разделения. Процессы концентрирования в мембранных системах. Селективность мембран. Основные зависимости селективности мембран (от концентрации, давления, температуры, рН). Схема обратноосмотической установки (2-х каскадной по концентрату). Типы мембранных элементов и их сравнение. Технологии рулонирования и конструкция рулонных элементов. Виды рулонных элементов. Примеры обозначения. Фильтродержатели и модули. Элементы с байонетными затворами. Схемные решения при создании установок ОО и НФ. Основные понятия и термины. Одно- и двухступенчатые установки. Одно- и многостадийные установки. Основные закономерности ОО и НФ. Подходы к сравнению элементов разных производителей. Направления развития. Промышленные установки на рулонных элементах. Критические факторы. Способы предподготовки. Требования к качеству исходной воды. Факторы, влияющие на работу установок с рулонными элементами. Осадкообразование на поверхности мембран. Подходы к проведению СР. Моделирование и расчеты: возможности и ограничения. Оценки и алгоритмы при проектировании. Принципы грамотной эксплуатации. Качественная оценка работы установки..

3. Ультра- и микрофильтрация: закономерности, возможности и ограничения, характеристики мембран и мембранных элементов, принципы конструирования установок

3.1. Ультра- и микрофильтрация: закономерности, возможности и ограничения, характеристики мембран и мембранных элементов, принципы конструирования установок

Определение. Хронология применения. Виды мембран. Виды полволоконных мембран. Механизм переноса. Механизм фильтрования. Почему УФ – искусство? Основные определения. Типы мембранных элементов. Области применения. Сравнение с микрофильтрацией. Виды волокон. Варианты организации процесса фильтрования. Основные операции в рабочем режиме. Сравнение вариантов УФ. Режимы фильтрования. Конструкция полволоконных модулей и принципы их работы. «Пила» ТМД.

Последовательности операций. Принципиальная технологическая схема УФ-установки. Подходы к проектированию. Виды модулей УФ. Сравнение модулей. Виды УФ-установок и их сравнение. Типовые конструкции и компоновочные решения. Пилотные установки. Проблемы унификации. Коагуляция: за и против. Характер изменения «пилю» ТМД на практике. Сравнение УФ с осветлителями и мехфильтрами. Окисляемость и цветность. Пилотные испытания разных типов УФ мембран. Оценки себестоимости воды после УФ и ее структура. Возможные проблемы. Показатели для оценки качества.

4. Интегрированные мембранные технологии и их сочетания с ионным обменом

4.1. Интегрированные мембранные технологии и их сочетания с ионным обменом

Ретроспектива технологий водоподготовки. Проблемы при эксплуатации. Основные тенденции развития и осложняющие факторы. Что такое ИМТ? Схемные решения. Ориентировочные технико-экономические показатели. Себестоимость обессоленной воды.

5. Осадкообразование в рулонных мембранных элементах и способы борьбы с ним

5.1. Осадкообразование в рулонных мембранных элементах и способы борьбы с ним

Механизмы осадкообразования в рулонных элементах. Виды отложений. Загрязнение коллоидами, органикой и микроорганизмами. Анализ вариантов предподготовки. Требования к качеству исходной воды. Факторы, влияющие на работу установок с рулонными элементами. Способы борьбы с осадкообразованием. Сравнение умягчения и ингибирования. Результаты экспериментальных исследований. Возможности современных ингибиторов и проблемы, ассоциированные с ними. Снижение рисков осадкообразования. Механизм работы ингибиторов. Эффекты применения УФ на стадии предподготовки. Способы проведения СР ОО и НФ установок. Принципиальная схема блока СР. Критерии выхода на СР. Технология и оборудование для ВМР.

6. Электромембранные процессы и мембранная дегазация

6.1. Электромембранные процессы и мембранная дегазация

Электродиализ. Сравнение процессов электродиализа и обратного осмоса. Требования к ионитным мембранам для электродиализа. Варианты изготовления биполярных мембран. Схема процесса электродиализа. Схемы установок электродиализа (одноступенчатая, повторная, деминерализация с периодическим оборотом, полупротивоточная ступенчатая). Общие требования к электромембранным установкам. Предотвращение образования отложений на мембранах. Виды конструкций электродиализных аппаратов. Электродеионизация. Принципиальная схема процесса. Достоинства и недостатки электродеионизации. Виды модулей (стэков) и их конструктив. Требования к исходной воде при электродеионизации. Понятие эквивалентной электропроводности воды. Принципиальные технологические схемы установок электродеионизации. Загрязнение модулей в процессе эксплуатации. Способы удаления растворенных газов из воды. Химическая декарбонизация, физическая декарбонизация (закон Генри), мембранная дегазация. Принцип работы мембранного дегазатора. Мембранный модуль дегазации (контактор). Схемы организации процесса дегазации. Требования, предъявляемые к воздуху и к инертному газу при использовании их в качестве рабочего тела. Сравнение установок мембранной и традиционной дегазации. Принципиальные схемы узла дегазации на базе мембранных контакторов..

7. Технологические расчеты, моделирование и проектирование мембранных установок с использованием компьютерных расчетных программ (на примере ROSA)

7.1. Технологические расчеты, моделирование и проектирование мембранных установок с использованием компьютерных расчетных программ (на примере ROSA)

Проектирование интегрированных мембранных технологий и их сочетаний с ионным обменом для водоподготовки. Алгоритм технологического проектирования «с хвоста» цепочки. Выбор основного технологического оборудования. Материальный баланс в технологиях мембранного разделения. Математическое моделирование обратного осмоса, нано- и ультрафильтрации. Возможности и ограничения. Алгоритмы оценочных расчетов и компьютерные программы для технологических расчетов. Практические рекомендации по проведению технологических расчетов обратного осмоса..

3.3. Темы практических занятий

1. Проектирование интегрированных мембранных технологий и их сочетаний с ионным обменом для водоподготовки. Алгоритм технологического проектирования «с хвоста» цепочки. Выбор основного технологического оборудования. Материальный баланс в технологиях мембранного разделения;;
2. Математическое моделирование обратного осмоса, нано- и ультрафильтрации. Возможности и ограничения. Почему программное обеспечение для технологических расчетов ультрафильтрации позволяет генерировать исходные данные для проектирования только на основе пилотных испытаний?;
3. Изучение компьютерной расчетной программы ROSA. Применение алгоритмов оценочных расчетов в технологическом проектировании обратноосмотического оборудования.;
4. Технологическое проектирование установок обратного осмоса. Исходные данные для проектирования водоподготовительных установок в энергетике. Практические рекомендации по проведению технологических расчетов обратного осмоса.;
5. Подготовка к выполнению расчетного задания по технологическому проектированию обратноосмотической установки с помощью программы ROSA..

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Текущий контроль (ТК)

1. Подготовка к выполнению КМ по разделу "Основные представления о мембранных технологиях в водоподготовке, очистке стоков, схемах с повторным использованием воды в технологическом цикле"
2. Подготовка к выполнению КМ по разделу "Обратный осмос и нанофильтрация: закономерности, возможности и ограничения, характеристики мембран и мембранных элементов, принципы конструирования установок"
3. Подготовка к выполнению КМ по разделу "Ультра- и микрофильтрация: закономерности, возможности и ограничения, характеристики мембран и мембранных элементов, принципы конструирования установок"
4. Подготовка к выполнению КМ по разделу "Электромембранные процессы и мембранная дегазация"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Технологические расчеты, моделирование и проектирование мембранных установок с использованием компьютерных расчетных программ (на примере ROSA)"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)							Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	7	
Знать:									
области рационального применения традиционных и мембранных технологий очистки воды, а также ограничения им присущие	ИД-1ПК-2	+			+			+	Коллоквиум/Коллоквиум. Мембранная дегазация Коллоквиум/Коллоквиум. Основные представления о мембранных технологиях в водоподготовке. Обратный осмос и нанофильтрация Коллоквиум/Коллоквиум. Электродиализ и Электродеионизация
основные показатели, характеризующие качество воды и их изменение по ступеням обработки на установках водоподготовки и очистки сточных вод	ИД-1ПК-2	+	+		+	+		+	Коллоквиум/Коллоквиум. Основные представления о мембранных технологиях в водоподготовке. Обратный осмос и нанофильтрация Коллоквиум/Коллоквиум. Ультрафильтрация Коллоквиум/Коллоквиум. Электродиализ и Электродеионизация
основные принципы реализации интегрированных мембранных технологий для задач водоподготовки и очистки сточных вод	ИД-1ПК-2	+	+	+	+				Коллоквиум/Коллоквиум. Основные представления о мембранных технологиях в водоподготовке. Обратный осмос и нанофильтрация Коллоквиум/Коллоквиум. Ультрафильтрация Коллоквиум/Коллоквиум. Электродиализ и Электродеионизация

терминологию в области мембранного разделения; основные типы мембран и мембранных элементов и их базовые свойства	ИД-1ПК-2	+	+	+	+	+	+	Коллоквиум/Коллоквиум. Основные представления о мембранных технологиях в водоподготовке. Обратный осмос и нанофильтрация Коллоквиум/Коллоквиум. Ультрафильтрация
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	ИД-1ПК-2	+	+	+	+	+	+	Коллоквиум/Коллоквиум. Основные представления о мембранных технологиях в водоподготовке. Обратный осмос и нанофильтрация
выбирать оптимальную архитектуру обратноосмотической установки и тип мембранных элементов в зависимости от качества исходной воды и требований к производительности оборудования и качеству пермеата	ИД-1ПК-2	+			+		+	Коллоквиум/Коллоквиум. Мембранная дегазация
выбирать экономически эффективную схему с использованием интегрированных мембранных технологий для задач водоподготовки в энергетике в конкретных условиях эксплуатации	ИД-1ПК-2	+	+	+	+			Коллоквиум/Коллоквиум. Ультрафильтрация
проводить оценочные и комплексные технологические расчеты процессов обратного осмоса с использованием программы ROSA	ИД-1ПК-2	+	+		+	+	+	Коллоквиум/Защита расчетного задания по программе ROSA

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

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)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №2)

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Технологии мембранного разделения в промышленной водоподготовке / А. А. Пантелеев, Б. Е. Рябчиков, О. В. Хоружий, и др. – М. : ДеЛи плюс, 2012 . – 429 с. - ISBN 978-5-905170-14-0 .;
2. Громов С. Л., Долгов Е. К., Орлов К. А., Очков В. Ф.- "Водоподготовка в энергетике", Издательство: "НИУ МЭИ", Москва, 2021 - (576 с.)
<https://e.lanbook.com/book/362513>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Acrobat Reader;
4. CADIX;
5. WAVE;
6. ROSA.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" -
http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red

2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
7. База данных диссертаций ProQuest Dissertations and Theses Global - <https://search.proquest.com/pqdtglobal/index>
8. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
9. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	В-411, Учебная лаборатория «Вычислительный центр ТВТ»	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	В-411, Учебная лаборатория «Вычислительный центр ТВТ»	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	В-411, Учебная лаборатория «Вычислительный центр ТВТ»	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	В-413/1, Кабинет сотрудников каф. "ТОТ"	стул, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный, холодильник
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	В-417, Помещение учебно-вспомогательного персонала каф. "ТОТ"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф для документов, шкаф для хранения инвентаря, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, многофункциональный центр, компьютер персональный, принтер, кондиционер

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Мембранные технологии очистки воды

(название 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.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	8	10	12	14	16
1	Основные представления о мембранных технологиях в водоподготовке, очистке стоков, схемах с повторным использованием воды в технологическом цикле						
1.1	Основные представления о мембранных технологиях в водоподготовке, очистке стоков, схемах с повторным использованием воды в технологическом цикле		+	+	+	+	+
2	Обратный осмос и нанофильтрация: закономерности, возможности и ограничения, характеристики мембран и мембранных элементов, принципы конструирования установок						
2.1	Обратный осмос и нанофильтрация: закономерности, возможности и ограничения, характеристики мембран и мембранных элементов, принципы конструирования установок		+	+		+	+
3	Ультра- и микрофильтрация: закономерности, возможности и ограничения, характеристики мембран и мембранных элементов, принципы конструирования установок						
3.1	Ультра- и микрофильтрация: закономерности, возможности и ограничения, характеристики мембран и мембранных элементов, принципы конструирования установок		+	+		+	
4	Интегрированные мембранные технологии и их сочетания с ионным обменом						
4.1	Интегрированные мембранные технологии и их сочетания с ионным обменом		+	+	+	+	+

5	Осадкообразование в рулонных мембранных элементах и способы борьбы с ним					
5.1	Осадкообразование в рулонных мембранных элементах и способы борьбы с ним	+	+		+	+
6	Электромембранные процессы и мембранная дегазация					
6.1	Электромембранные процессы и мембранная дегазация	+		+	+	
7	Технологические расчеты, моделирование и проектирование мембранных установок с использованием компьютерных расчетных программ (на примере ROSA)					
7.1	Технологические расчеты, моделирование и проектирование мембранных установок с использованием компьютерных расчетных программ (на примере ROSA)	+	+		+	+
Вес КМ, %:		40	25	10	10	15