

**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**

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

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

## 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 гидрокинематики 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><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные представления о мембранных технологиях в водоподготовке, очистке стоков, схемах с повторным использованием воды в технологическом цикле"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 24-46 [2], 308-456,472-534</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													<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 47-106,179-246 [2], 308-409,494-534
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	-		<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Ультра- и микрофильтрация: закономерности, возможности и ограничения, характеристики мембран и мембранных элементов, принципы конструирования установок" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 107-178,301-370 [2], 317-347
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	-		<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> 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	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 301-370 [2], 494-534
5	Осадкообразование в рулонных мембранных элементах и способы борьбы с ним	4	-	-	2	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> 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	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 398-410
6	Электромембранные процессы и мембранная дегазация	4	-	-	1	-	-	-	-	-	3	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Электромембранные процессы и мембранная дегазация"
6.1	Электромембранные процессы и мембранная дегазация	4	-	-	1	-	-	-	-	-	3	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 247-370 [2], 410-435
7	Технологические расчеты, моделирование и проектирование мембранных установок с использованием компьютерных расчетных программ (на примере ROSA)	56	16	-	1	-	-	-	-	-	39	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> 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	16	-	1	-	-	-	-	-	39	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 308-456,494-534

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

**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. Технологии мембранного разделения. Представление об осмосе и обратном осмосе. Ограничения в обратном осмосе. Осмотическое давление. Солесодержание 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. 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 ступени. 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 «пилы» 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)

Основные процессы корректировки солевого состава воды. Осмос. Обратный осмос. Осмотическое давление. Основные представления об обратноосмотических явлениях. 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). Примеры внедрения систем обратного осмоса на предприятиях..

### 3.3. Темы практических занятий

1. Требования к технологическому проектированию интегрированных мембранных систем водоподготовки. Алгоритм корректного технологического проектирования «с хвоста» цепочки. Выбор линейки оборудования. Балансовые уравнения потоков;
2. Экспериментальное исследование работы обратноосмотической установки (с рулонным мембранным элементом типоразмера 2540). Изучение влияния исходных параметров на качество фильтрата и производительность установки, сравнительная оценка данных, полученных экспериментальным путем с данными, полученными теоретически при моделировании в компьютерной программе Rosa 9.1 (Dow Chemical)/Wafe (Du Pont);
3. Подготовка к расчетному заданию по проектированию обратноосмотической установки с помощью программного обеспечения Rosa 9.1 (Dow Chemical)/Wafe (Du Pont);
4. Исследование принципов работы обратноосмотической системы на экспериментально-обучающей установке (с рулонным мембранным элементом типоразмера 1812). Изучение влияния рабочего давления на качество фильтрата и производительность установки;
5. Проектирование систем обратного осмоса. Исходные данные для проектирования, основные требования к исходной воде для установок обратного осмоса, подготовка для установок обратного осмоса. Схема установки обратного осмоса, конструкция мембранного блока;
6. Гидродинамика, вывод основных зависимостей. Типы насосов, нагрузочные характеристики насосов.;
7. Основные источники водоснабжения, классификация вод. Основные физико-химические показатели воды.

### 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		
<b>Знать:</b>										
области рационального применения традиционных и мембранных технологий очистки воды, а также ограничения им присущие	ИД-1 <sub>ПК-2</sub>	+			+			+		Коллоквиум/Коллоквиум. Мембранная дегазация. Электродиализ и Электродеионизация
основные показатели, характеризующие качество воды и их изменение по ступеням обработки на установках водоподготовки и очистки сточных вод	ИД-1 <sub>ПК-2</sub>	+	+		+	+			+	Коллоквиум/Коллоквиум. Мембранная дегазация. Электродиализ и Электродеионизация
основные принципы реализации интегрированных мембранных технологий для задач водоподготовки и очистки сточных вод	ИД-1 <sub>ПК-2</sub>	+	+	+	+					Коллоквиум/Коллоквиум. Ультрафильтрация
терминологию в области мембранного разделения; основные типы мембран и мембранных элементов и их базовые свойства	ИД-1 <sub>ПК-2</sub>	+	+	+	+	+			+	Коллоквиум/Основные представления о мембранных технологиях в водоподготовке. Обратный осмос и нанофильтрация
<b>Уметь:</b>										
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-1 <sub>ПК-2</sub>	+	+	+	+	+			+	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-1 <sub>ПК-2</sub>	+			+				+	Коллоквиум/Коллоквиум. Мембранная дегазация. Электродиализ и Электродеионизация
выбирать экономически эффективную схему с использованием интегрированных мембранных	ИД-1 <sub>ПК-2</sub>	+	+	+	+					Коллоквиум/Коллоквиум. Ультрафильтрация

технологий для задач водоподготовки в энергетике в конкретных условиях эксплуатации									
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. Электродиализ и Электродеионизация (Коллоквиум)
2. Коллоквиум. Ультрафильтрация (Коллоквиум)
3. Основные представления о мембранных технологиях в водоподготовке. Обратный осмос и нанофильтрация (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](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. Ультрафильтрация (Коллоквиум)  
 КМ-2 Коллоквиум. Мембранная дегазация. Электродиализ и Электродеионизация (Коллоквиум)  
 КМ-3 Основные представления о мембранных технологиях в водоподготовке. Обратный осмос и нанофильтрация (Коллоквиум)  
 КМ-4 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
		Неделя КМ:	8	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, %:		50	20	5	25