

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

**Москва 2021**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Орлов К.А.
	Идентификатор	R24178de8-OrlovKA-0ab64072

(подпись)

К.А. Орлов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

Ю.В. Шацких

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Орлов К.А.
	Идентификатор	R24178de8-OrlovKA-0ab64072

(подпись)

К.А. Орлов

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение основных понятий, технологий и оборудования очистки воды и сточных вод мембранными методами

### Задачи дисциплины

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	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- основные требования, предъявляемые к исходной воде, поступающей на разные ступени интегрированной мембранной установки;</li><li>- основные принципы работы интегрированных мембранных систем водоподготовки и очистки сточных вод;</li><li>- области применения традиционных и мембранных технологий очистки воды;</li><li>- основные показатели, характеризующие качество воды и их изменение по ступеням обработки на установках водоподготовки и очистки сточных вод.</li></ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- вычислять долю отбора фильтрата, выход фильтрата (recovery), удельную производительность обратноосмотической установки, фактор концентрирования;</li><li>- рассчитывать технико-экономические показатели водоподготовительной установки (основанной на интегрированных мембранных технологиях);</li><li>- выбирать количество и тип мембран для систем водоподготовки, в зависимости от производительности, качества исходной воды, требуемого качества продукта;</li><li>- рассчитать параметры обратноосмотической системы с применением программного обеспечения Rosa 9.1/Wafe.</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.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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	Введение в мембранные технологии	14	2	2	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Введение в мембранные технологии"</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Введение в мембранные технологии" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 5-11, 34-41 [3], 5-8, 24-37</p>	
1.1	Введение в мембранные технологии	14		2	-	4	-	-	-	-	-	8	-		
2	Типы и виды мембран для различных мембранных технологий	10		2	-	3	-	-	-	-	-	-	5	-	<p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Типы и виды мембран для различных мембранных технологий" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка</p>
2.1	Типы и виды мембран для различных мембранных технологий	10		2	-	3	-	-	-	-	-	-	5	-	

														домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Типы и виды мембран для различных мембранных технологий" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 47-98
3	Физико-химические основы мембранных процессов	14	2	-	4	-	-	-	-	-	8	-		<b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Физико-химические основы мембранных процессов" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.
3.1	Физико-химические основы мембранных процессов	14	2	-	4	-	-	-	-	-	8	-		профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Физико-химические основы мембранных процессов" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Физико-химические основы мембранных процессов" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 264-269, 272-281, 308-311 [3], 30-35, 179-184
4	Мембранные элементы и аппараты	12	2	-	4	-	-	-	-	-	6	-		<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Мембранные элементы и аппараты"
4.1	Мембранные элементы и аппараты	12	2	-	4	-	-	-	-	-	6	-		<b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Мембранные элементы и аппараты" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать

													<p>примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 72-98</p>
5	Микрофильтрация. Ультрафильтрация	14	2	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Микрофильтрация. Ультрафильтрация" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p>
5.1	Микрофильтрация. Ультрафильтрация	14	2	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<p>на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Микрофильтрация. Ультрафильтрация" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Микрофильтрация. Ультрафильтрация"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 168-176 [3], 107-175</p>
6	Системы обратного осмоса	16	2	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Системы обратного осмоса" материалу.</p>
6.1	Системы обратного осмоса	16	2	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<p>Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Системы обратного осмоса"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p>

													<b><u>источников:</u></b> [2], 168-176 [3], 179-224
7	Электромембранные процессы. Мембранная дегазация	8	2	-	3	-	-	-	-	-	3	-	<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения задач по разделу. Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: Спроектировать систему обратного осмоса с использованием программного комплекса ROSA 9.1 (Dow Chemical). Качество исходной воды для расчета и производительность установки выбирается по вариантам
7.1	Электромембранные процессы. Мембранная дегазация	8	2	-	3	-	-	-	-	-	3	-	<b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Электромембранные процессы" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 182-209 [3], 247-301
8	Установки мембранного разделения	20	2	-	6	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы
8.1	Установки мембранного разделения	20	2	-	6	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Установки мембранного разделения" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях



													<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [3], 301-352
	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>0.5</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. Введение в мембранные технологии

#### 1.1. Введение в мембранные технологии

Требования к современным методам водоподготовки. Преимущества мембранных технологий по сравнению с традиционными технологиями водоподготовки и водоочистки. Классификация примесей в природной воде, методы их удаления. Классификация и краткое описание технологий мембранного разделения жидкостей. Основные понятия мембранного разделения. История возникновения и современное состояние мембранных технологий в России и в мире. Феноменологические уравнения. Движущие силы мембранных процессов.

### 2. Типы и виды мембран для различных мембранных технологий

#### 2.1. Типы и виды мембран для различных мембранных технологий

Основные термины и определения. Требования к полупроницаемым мембранам. Виды мембран. Полимерные мембраны, методы получения полимерных мембран. Трековые мембраны. Химическая стойкость мембран из различных материалов. Изготовление мембран. Методы получения мембран из растворов полимеров. Полые волокна, методы получения.

### 3. Физико-химические основы мембранных процессов

#### 3.1. Физико-химические основы мембранных процессов

Движущая сила мембранного процесса. Принцип прямого осмоса. Понятие осмотического давления. Расчет осмотических давлений для различных водных растворов. Принцип действия обратного осмоса. «Тупиковое» и тангенциальное фильтрование. Понятие концентрационной поляризации. Основные формулы расчета концентрационной поляризации. Способы снижения концентрационной поляризации. Понятие коллоидного индекса (SDI), методика определения SDI.

### 4. Мембранные элементы и аппараты

#### 4.1. Мембранные элементы и аппараты

Виды мембранных элементов. Тупиковые одноразовые легкозаменяемые патроны или картриджи для микрофльтрации. Плоскорамные аппараты типа фильтр-пресса. Трубчатые элементы. Половолоконные элементы. Рулонные элементы. Сравнение различных вариантов аппаратного оформления мембранных процессов.

### 5. Микрофльтрация. Ультрафльтрация

#### 5.1. Микрофльтрация. Ультрафльтрация

Общие положения. Понятие микрофльтрации. Тупиковая фльтрация. Стандартные размеры картриджей для микрофльтрации. Тупиковые одноразовые легкозаменяемые патроны или картриджи для микрофльтрации. Основные характеристики. Однопатронные и многопатронные фильтры. Ультрафльтрация, основные понятия – селективность, проницаемость. Типы мембран для ультрафльтрации. Варианты проведения процесса фльтрации – изнутри-наружу и снаружи-вовнутрь. Ультрафльтрация вакуумная и напорная. Схема установки ультрафльтрации, работающей в режиме тангенциальной фльтрации. Режимы работы ультрафльтрационной установки. Пилотные испытания ультрафльтрации. Примеры использования ультрафльтрации в технологии водоподготовки.

## 6. Системы обратного осмоса

### 6.1. Системы обратного осмоса

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 полуволоконного 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, pH). Схема обратноосмотической установки (2-х каскадной по концентрату). Примеры внедрения систем обратного осмоса на предприятиях.

## 7. Электромембранные процессы. Мембранная дегазация

### 7.1. Электромембранные процессы. Мембранная дегазация

Электродиализ. Сравнение процессов электродиализа и обратного осмоса. Требования к ионитным мембранам для электродиализа. Схема процесса электродиализа. Общие требования к электромембранным установкам. Электродеионизация. Принципиальная схема организации процесса электродеионизации. Требования к исходной воде при электродеионизации. Влияние растворенных газов на электропроводность воды. Конструкции модулей электродеионизации. Принципиальная гидравлическая схема установки электродеионизации. Примеры внедрения систем электродеионизации на промышленных предприятиях. Основные методы декарбонизации. Химическая декарбонизация, пленочная декарбонизация, мембранная дегазация. Механизм удаления газов. 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. Типичная схема установки дегазации на базе мембранных контакторов. Примеры практического применения..

## 8. Установки мембранного разделения

### 8.1. Установки мембранного разделения

Основные тенденции в мировой практике водоподготовки. Интегрированные мембранные системы. Преимущества интегрированных мембранных технологий по сравнению с традиционными технологиями обработки воды. Экономическая эффективность от внедрения мембранных технологий на промышленных предприятиях. Результаты внедрения мембранных технологий на объектах. Примеры промышленного использования интегрированных мембранных технологий.

## **3.3. Темы практических занятий**

1. Основные источники водоснабжения, классификация вод. Основные физико-химические показатели воды;
2. Гидродинамика, вывод основных зависимостей. Типы насосов, нагрузочные характеристики насосов.;
3. 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;

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. Подготовка к расчетному заданию по проектированию обратноосмотической установки с помощью программного обеспечения Rosa 9.1 (Dow Chemical)/Wafe (Du Pont);
6. 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);
7. Требования к технологическому проектированию интегрированных мембранных систем водоподготовки. Алгоритм корректного технологического проектирования «с хвоста» цепочки. Выбор линейки оборудования. Балансовые уравнения потоков.

### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Введение в мембранные технологии"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Типы и виды мембран для различных мембранных технологий"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Физико-химические основы мембранных процессов"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Мембранные элементы и аппараты"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Микрофильтрация. Ультрафильтрация"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Системы обратного осмоса"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Электромембранные процессы"
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Установки мембранного разделения"

#### *Текущий контроль (ТК)*

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Системы обратного осмоса"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Электромембранные процессы"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Установки мембранного разделения"

### **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	8		
<b>Знать:</b>											
основные показатели, характеризующие качество воды и их изменение по ступеням обработки на установках водоподготовки и очистки сточных вод	ИД-1ПК-2	+									Тестирование/Показатели качества воды. Способы выражения концентраций растворов
области применения традиционных и мембранных технологий очистки воды	ИД-1ПК-2		+								Контрольная работа/Основные термины и определения мембранной технологии
основные принципы работы интегрированных мембранных систем водоподготовки и очистки сточных вод	ИД-1ПК-2			+							Проверочная работа/Основные контрольно-измерительные приборы мембранных установок
основные требования, предъявляемые к исходной воде, поступающей на разные ступени интегрированной мембранной установки	ИД-1ПК-2					+					Домашнее задание/Методика определения коллоидного индекса воды
<b>Уметь:</b>											
рассчитать параметры обратноосмотической системы с применением программного обеспечения Rosa 9.1/Wafe	ИД-1ПК-2				+						Домашнее задание/Проектирование систем обратного осмоса с использованием программного комплекса ROSA (Dow Chemical) / Wafe (DuPont)
выбирать количество и тип мембран для систем водоподготовки, в зависимости от производительности, качества исходной воды, требуемого качества продукта	ИД-1ПК-2							+			Домашнее задание/Нагрузочные характеристики насосов для мембранных установок. Гидродинамика
рассчитывать технико-экономические показатели водоподготовительной установки (основанной на интегрированных мембранных технологиях)	ИД-1ПК-2								+		Перекрестный опрос/Защита расчетного задания по программе ROSA (Dow Chemical) / Wafe (DuPont)
вычислять долю отбора фильтрата, выход	ИД-1ПК-2									+	Перекрестный опрос/Защита лабораторно-

фильтрата (recovery), удельную производительность обратноосмотической установки, фактор концентрирования											практических работ
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------------------

#### **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: Защита задания

1. Защита лабораторно-практических работ (Перекрестный опрос)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Проектирование систем обратного осмоса с использованием программного комплекса ROSA (Dow Chemical) / Wafe (DuPont) (Домашнее задание)

Форма реализации: Письменная работа

1. Методика определения коллоидного индекса воды (Домашнее задание)
2. Нагрузочные характеристики насосов для мембранных установок. Гидродинамика (Домашнее задание)
3. Основные контрольно-измерительные приборы мембранных установок (Проверочная работа)
4. Основные термины и определения мембранной технологии (Контрольная работа)
5. Показатели качества воды. Способы выражения концентраций растворов (Тестирование)

Форма реализации: Проверка задания

1. Защита расчетного задания по программе ROSA (Dow Chemical) / Wafe (DuPont) (Перекрестный опрос)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

##### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Экзамен (Семестр №2)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

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

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. "Мембраны и мембранные технологии", Издательство: "Научный мир", Москва, 2013 - (611 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468334>;
2. Копылов А.С. , Лавыгин В.М. , Очков В.Ф. - "Водоподготовка в энергетике", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2016 - (310 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72208](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72208);
3. 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 ..

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office;
2. Windows;
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-303, 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 Показатели качества воды. Способы выражения концентраций растворов (Тестирование)
- КМ-2 Нагрузочные характеристики насосов для мембранных установок. Гидродинамика (Домашнее задание)
- КМ-3 Основные термины и определения мембранной технологии (Контрольная работа)
- КМ-4 Методика определения коллоидного индекса воды (Домашнее задание)
- КМ-5 Основные контрольно-измерительные приборы мембранных установок (Проверочная работа)
- КМ-6 Проектирование систем обратного осмоса с использованием программного комплекса ROSA (Dow Chemical) / Wafe (DuPont) (Домашнее задание)
- КМ-7 Защита расчетного задания по программе ROSA (Dow Chemical) / Wafe (DuPont) (Перекрестный опрос)
- КМ-8 Защита лабораторно-практических работ (Перекрестный опрос)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
		Неделя КМ:	4	6	8	9	10	12	13	15
1	Введение в мембранные технологии									
1.1	Введение в мембранные технологии		+							
2	Типы и виды мембран для различных мембранных технологий									
2.1	Типы и виды мембран для различных мембранных технологий				+					
3	Физико-химические основы мембранных процессов									
3.1	Физико-химические основы мембранных процессов						+			
4	Мембранные элементы и аппараты									
4.1	Мембранные элементы и аппараты							+		
5	Микрофильтрация. Ультрафильтрация									
5.1	Микрофильтрация. Ультрафильтрация					+				

6	Системы обратного осмоса								
6.1	Системы обратного осмоса		+						
7	Электромембранные процессы. Мембранная дегазация								
7.1	Электромембранные процессы. Мембранная дегазация							+	
8	Установки мембранного разделения								
8.1	Установки мембранного разделения								+
Вес КМ, %:		10	10	10	15	10	10	15	20