



Министерство науки  
и высшего образования РФ  
ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»  
Институт дистанционного  
и дополнительного образования



УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ИДДО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шиндина Т.А.
	Идентификатор	Rd0ad64b2-ShindinaTA-e12224c9

(подпись)

Т.А. Шиндина  
(расшифровка подписи)

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА**  
*повышения квалификации*

<b>Наименование программы</b>	Мембранные технологии в водоподготовке
<b>Форма обучения</b>	очная
<b>Выдаваемый документ</b>	удостоверение о повышении квалификации
<b>Новая квалификация</b>	не присваивается
<b>Центр ДО</b>	Кафедра "Теоретических основ теплотехники им. М.П. Вукаловича"

Зам. директора ИДДО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Усманова Н.В.
	Идентификатор	R3b653adc-UsmanovaNatV-90b3fa4

Н.В.  
Усманова

Начальник ОДПО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Крохин А.Г.
	Идентификатор	R6d4610d5-KrokhinAG-aa301f84

А.Г. Крохин

Начальник ФДО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Малич Н.В.
	Идентификатор	R13696f6e-MalichNV-45fe3095

Н.В. Малич

Руководитель ТОТ

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кондакова Г.Ю.
	Идентификатор	R1ad93039-KondakovaGY-98800d9

Г.Ю.  
Кондакова

Руководитель образовательной программы

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

С.Л. Громов

Москва



## **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ**

**Цель:** формирование профессиональных компетенций слушателей в области технологий и оборудования очистки воды и сточных вод мембранными методами..

**Программа составлена в соответствии:**

- с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утвержденным приказом Минобрнауки от 28.02.2018 г. № 14322.03.2018 г. № 50480.

**Форма реализации:** обучение в МЭИ.

**Форма обучения:** очная.

**Режим занятий:**

Расписание занятий по дополнительной образовательной программе может устанавливаться в зависимости от набора в группы. Конкретные даты проведения занятий указываются в договоре на оказание образовательных услуг. Данные расписания хранятся в электронной системе учета хода реализации программы. При любом графике занятий учебная нагрузка устанавливается не более 40 часов в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы слушателя.

**Требования к уровню подготовки слушателя, необходимые для освоения программы:** лица, желающие освоить дополнительную профессиональную программу, должны иметь высшее или среднее профессиональное образование.

**Выдаваемый документ:** при успешном прохождении программы и сдаче итоговой аттестации выдается удостоверение о повышении квалификации установленного образца.

**Срок действия итоговых документов**

Срок действия итоговых документов регламентируется на основе правил по работе с персоналом в сфере деятельности данной программы, устанавливается на основе содержания программы и составляет (в годах): 5.

## 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

### 2.1. Компетенции

В результате освоения дополнительной образовательной программы слушатель должен обладать компетенциями (табл. 1).

Таблица 1

Компетентностно-ориентированные требования к результатам освоения программы

Компетенция	Требования к результатам
ОПК-2: Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	Знать: - Современные методы контроля качества воды по этапам водоподготовки.
	Уметь: - Оценивать результаты с точки зрения эффективности конечных результатов своей деятельности, с последующей их коррекцией.
	Владеть: - Контроль соблюдения технологических процессов, действующих норм, правил и стандартов водоподготовки и фиксация результатов наблюдений в отчетной документации.

В результате освоения программы слушатель должен быть способен реализовывать трудовые функции в соответствии с профессиональным стандартом (табл. 2).

Уровень квалификации \_\_\_\_\_.

Таблица 2

Практико-ориентированные требования к результатам освоения программы

Трудовые функции	Требования к результатам
------------------	--------------------------

### 2.2. Характеристика нового вида профессиональной деятельности, новой квалификации

Не предусмотрено

## 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ (РАБОЧИЕ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИН (МОДУЛЕЙ))

### 3.1. Трудоемкость программы

Трудоемкость программы включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы составляет:

- **0,9** зачетных единиц;

**32** ак. ч.

Структура программы с указанием наименования дисциплин (модулей) и их трудоемкости представлена в табл. 3.

Учебный план дополнительной образовательной программы представлен в приложение А., являющийся неотъемлемой частью программы.



3	Ультрафильтрация	3	3	3							Нет	
3.3.	Ультрафильтрация: закономерности, возможности и ограничения, характеристики мембран и мембранных элементов, принципы конструирования установок	3	3	3								
4	Интегрированные мембранные технологии и их сочетания с ионным обменом	1	1	1							Нет	
4.4.	Интегрированные мембранные технологии и их сочетания с ионным обменом	1	1	1								
5	Осадкообразование в рулонных мембранных элементах и способы борьбы с ним	2	2	2							Нет	
5.5.	Осадкообразование в рулонных мембранных элементах и способы борьбы с ним	2	2	2								
6	Основные проблемы при эксплуатации мембранного оборудования	2	2	2							Нет	
6.6.	Основные проблемы при эксплуатации мембранного оборудования	2	2	2								
7	Способы снижения эксплуатационных затрат и повышения надежности установок с рулонными элементами	1	1	1							Нет	
7.7.	Некоторые способы снижения эксплуатационных	1	1	1								

	затрат и повышения надежности обратноосмотических и нанофильтрационных установок с рулонными элементами										
8	Методы предварительной оценки капитальных затрат и эксплуатационных показателей обратноосмотических установок	1	1	1						Нет	
8.8.	Методы предварительной оценки капитальных затрат и эксплуатационных показателей обратноосмотических установок	1	1	1							
9	Технологические расчеты	1 2	12	12						Нет	
9.9.	Технологические расчеты, моделирование и проектирование мембранных установок с использованием компьютерных расчетных программ (на примерах ROSA и WAVE)	1 2	12	12							
10	Итоговая аттестация	2	2				2				Итоговый зачет
	<b>ИТОГО:</b>	<b>3 2</b>	<b>32</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		

### 3.2. Содержание программы (рабочие программы дисциплин (модулей))

Содержание дисциплин (модулей) представлено в табл. 4.

Таблица 4

#### Содержание дисциплин (модулей)

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
1.	Основные представления о мембранных технологиях в водоподготовке, очистке стоков, схемах с повторным использованием воды в технологическом цикле	

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
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	
2.2.	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.	Ультрафильтрация	
3.3.	Ультрафильтрация: закономерности, возможности и	Определение. Хронология применения. Виды мембран. Виды половолоконных мембран. Механизм переноса. Механизм фильтрования. Почему УФ – искусство?

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
	ограничения, характеристики мембран и мембранных элементов, принципы конструирования установок	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 полуволоконных 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	
4.4.	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	
5.5.	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 СІР ОО и НФ установок. Принципиальная схема блока СІР. Критерии выхода на СІР. Технология и оборудование для ВМР
6.	Основные проблемы при эксплуатации мембранного оборудования	
6.6.	Основные проблемы при эксплуатации	Себестоимость обессоленной воды. Методы реализации проектов. Отечественная практика и возникающие

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
	мембранного оборудования	проблемы. Институт консультирования. Аналитика. Проблемы УФ. Проблемы ОО. Проблемы УФ и ОО для стоков. Возможности ВМР. Проблемы ИО. Проблемы ЭДИ. Интерпретация ТЭО. Безреагентная водоподготовка: миф или реальность?
7.	Способы снижения эксплуатационных затрат и повышения надежности установок с рулонными элементами	
7.7.	Некоторые способы снижения эксплуатационных затрат и повышения надежности обратноосмотических и нанофильтрационных установок с рулонными элементами	Аутопсия – ключ к успеху. Что это значит на практике? Как обеспечить мониторинг работы установки в процессе эксплуатации? ПМ № 141347 и ее достоинства. Как повысить эффективность СІР? Структура концентратного канала. Сетка – спейсер и ее роль в накоплении загрязнений. Патент РФ № 2545280 и его возможности. Совершенствование конструкции сетки в концентратном канале. Патент РФ № 2549846
8.	Методы предварительной оценки капзатрат и эксплуатационных показателей обратноосмотических установок	
8.8.	Методы предварительной оценки капзатрат и эксплуатационных показателей обратноосмотических установок	Методы предварительной оценки капзатрат и эксплуатационных показателей обратноосмотических установок
9.	Технологические расчеты	
9.9.	Технологические расчеты, моделирование и проектирование мембранных установок с использованием компьютерных расчетных программ (на примерах ROSA и WAVE)	9.1. Введение 9.1.1. Какие задачи решаются с использованием ТРМП 9.1.2. Области применения и существующие ограничения 9.1.3. История разработки ТРМП и принципы математического моделирования, на которых построены ТРМП 9.1.4. Вкладки и структура интерфейсов ТРМП 9.2. Работа с ТРМП 9.2.1. Информация о проекте 9.2.1.1. Требования к введению информации о проекте 9.2.1.2. Уточнение значения потерь напора на входе 9.2.1.3. Выбор размерностей (единиц измерения) основных параметров (расхода, давления температуры) 9.2.1.4. Выбор веществ для балансировки ионного состава водного раствора 9.2.1.5. Почему методика расчета «небольших коммерческих установок» отличается от подходов, применяемых к промышленному оборудованию? 9.3. Исходные данные для расчета 9.3.1. Состав исходной воды (водного раствора) 9.3.1.1. Выбор источника водоснабжения 9.3.1.2. Опции для расчета 9.3.1.3. Ввод данных, отражающих ионный состав воды, и его балансировка

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		9.3.1.4. Ввод основных параметров исходной воды (см. п. 9.1.3.) 9.3.2. Анализ условий, способствующих формирования осадков малорастворимых соединений 9.3.2.1. Параметры работы установки, влияющие на процессы формирования осадков малорастворимых соединений 9.3.2.2. Реагентные методы минимизации риска формирования осадков малорастворимых соединений 9.3.2.2.1. Подходы к выбору метода 9.3.2.2.2. Подходы к выбору реагента 9.3.2.3. Дополнительные возможности минимизации риска формирования осадков малорастворимых соединений, не учтенные в ТРМП 9.3.2.4. Анализ вероятности формирования осадков малорастворимых соединений; индексы Ланжелье, Стиффа и Дэвиса 9.3.3. Архитектура УОО 9.3.3.1. Одно – и двухступенчатые установки 9.3.3.1.1. Одноступенчатая УОО

Аннотации рабочих программ дисциплин (модулей) представлены в приложении Б.

#### 4. ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

Информация о практической подготовке в структуре дополнительной образовательной программы представлена в приложение В.

В рамках учебного плана дополнительной образовательной программы используются традиционные образовательные технологии, а также интерактивные технологии, представленные в табл. 5.

Таблица 5

Характеристика образовательной технологии

Наименование	Краткая характеристика
<i>Не предусмотрено</i>	

#### 5. ОЦЕНОЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

##### 5.1. Текущий контроль

Текущий контроль проводится в соответствии с характеристиками контрольных заданий и представлен в Таблице 1 приложения Г.

##### 5.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по программе проводится в форме зачета, экзамена или отчета о стажировке в соответствии с учебным планом. Характеристика заданий представлена в Таблице 2 приложения Г.

### **5.3. Итоговая аттестация**

Итоговая аттестация по программе проводится в форме *итогового зачета*. Характеристика заданий представлена Таблице 3 приложения Г.

### **5.4. Независимый контроль качества обучения**

Порядок независимой оценки качества дополнительной образовательной программы представлен в приложении Г.

## **6. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

### **6.1. Учебно-методическое и информационное обеспечение**

а) литература НТБ МЭИ:

1. Копылов, А. С. Водоподготовка в энергетике : учебное пособие для вузов по специальностям "Тепловые электрические станции" и "Технология воды и топлива на тепловых и атомных электрических станциях" направления "Теплоэнергетика" / А. С. Копылов, В. М. Лавыгин, В. Ф. Очков . – 2-е изд., стер . – М. : Издательский дом МЭИ, 2006 . – 309 с. - ISBN 5-903072-45-3 .;

2. Свитцов, А. А. Введение в мембранную технологию / А. А. Свитцов . – М. : ДеЛи принт, 2007 . – 208 с. - ISBN 978-5-943431-25-8 ..

б) литература ЭБС и БД:

*Не предусмотрено*

в) используемые ЭБС:

1. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт»

[Http://proinfosoft.ru](http://proinfosoft.ru); <http://docs.cntd.ru/>;

2. ЭБС Лань

<https://e.lanbook.com/>;

3. ЭБС "Университетская библиотека онлайн"

[http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red);

4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ)

<http://elib.mpei.ru/login.php>.

### **6.2. Кадровое обеспечение**

Для реализации дополнительной образовательной программы привлекаются преподаватели из числа штатных научно-педагогических работников ФГБОУ ВО «НИУ

«МЭИ» и лица, представители работодателей или объединений работодателей. Информация о кадровом обеспечении дополнительной образовательной программы представлена в приложении Д.

Сведения о руководителе дополнительной образовательной программы представлены в приложение Е.

### 6.3. Финансовое обеспечение

План расходов и расчет обоснования стоимости по дополнительной образовательной программе представлены в приложение Ж.

Финансирование программы осуществляется за счет личных средств слушателей или заказчиков, по направлению которых проводится обучение. В качестве заказчика могут выступать работодатели, университеты (в том числе МЭИ), государственные структуры и прочие участники образовательного рынка.

### 6.4. Материально-техническое обеспечение

Материально-технические условия реализации дополнительной образовательной программы представлены в Приложении З.

Календарный график учебного процесса разрабатывается с учетом требований к качеству освоения и по запросам обучающихся (Приложение И). Расписание занятий разрабатывается на каждую реализуемую программу.

## ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ (АКТУАЛИЗАЦИИ)

№ п/п	Содержание изменения (актуализации)	Дата утверждения изменений
1	Программа утверждена	21.09.2022

Руководитель  
образовательной  
программы

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

С.Л.  
Громов