



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*

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

Зам. начальника  
ОДПО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Селиверстов Н.Д.
	Идентификатор	Rf19596d9-SeliverstovND-39ee0b7

Н.Д.  
Селиверстов

Начальник ОДПО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Селиверстов Н.Д.
	Идентификатор	Rf19596d9-SeliverstovND-39ee0b7

Н.Д.  
Селиверстов

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	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f

Ю.В. Шацких

Руководитель  
образовательной  
программы

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

Г.Ю.  
Кондакова

Москва



## **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ**

**Цель:** формирование профессиональных компетенций в области технологий и оборудования очистки воды и сточных вод мембранными методами. Программа является преемственной к основной образовательной программе высшего образования направления подготовки 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника, профили подготовки – Тепловые электрические станции; Технология воды и топлива на ТЭС и АЭС; Автоматизация технологических процессов в теплоэнергетике, квалификация – бакалавр.

### **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. № 143, зарегистрированным в Минюсте России 22.03.2018 г. № 50480.
- с Профессиональным стандартом 16.007 «Специалист по эксплуатации станций водоподготовки», утвержденным приказом Минтруда 11.04.2014 г. № 227н, зарегистрированным в Минюсте России 22.05.2014 г. № 32394, уровень квалификации 6.

**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-3: Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	Знать: <ul style="list-style-type: none"><li>- нормативные и правовые документы в своей профессиональной деятельности;</li><li>- основные принципы работы интегрированных мембранных систем водоподготовки и очистки сточных вод;</li><li>- области применения, особенности и ограничения мембранных технологий водоподготовки и очистки стоков;</li><li>- основные показатели, характеризующие качество воды и их изменение по ступеням обработки на установках водоподготовки и очистки сточных вод.</li></ul>
	Уметь: <ul style="list-style-type: none"><li>- оценить перспективы применения различных технологий для задач водоподготовки и очистки стоков на ТЭС, руководствуясь исходными данными;</li><li>- принимать конкретные технологические решения при проектировании и эксплуатации интегрированных мембранных систем водоподготовки и очистки сточных вод на ТЭС.</li></ul>
	Владеть: <ul style="list-style-type: none"><li>- базовыми навыками технологического расчета систем водоподготовки и очистки сточных вод с применением мембранных методов;</li><li>- опытом определения применимости конкретной технологии очистки воды к заданным условиям при проектировании ТЭС;</li><li>- опытом расчета и использования показателей качества воды при проектировании и эксплуатации установок водоподготовки и очистки сточных вод на ТЭС;</li><li>- опытом расчета обратноосмотической системы с использованием компьютерных расчетных программ (на примерах ROSA и WAVE);</li><li>- базовыми навыками эксплуатации установки обратного осмоса.</li></ul>

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

Уровень квалификации 5.

Таблица 2

Практико-ориентированные требования к результатам освоения программы	
Трудовые функции	Требования к результатам
16.007 «Специалист по эксплуатации станций водоподготовки»	
ПК-66/А/02.5/1 способен осуществлять анализ и контроль процесса водоподготовки	<b>Трудовые действия:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Контроль проведения работ по техническому обслуживанию, текущему и капитальному ремонту технологического и вспомогательного оборудования водоподготовки, зданий и сооружений;</li> <li>- Изучение и анализ информации, технических данных, показателей и результатов работы станции водоподготовки, их обобщение и систематизация;</li> <li>- Контроль изменения гидравлических режимов сооружений водоподготовки.</li> </ul>
	<b>Умения:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Оценивать соответствие качества воды в соответствии с установленными нормативами;</li> <li>- Изучать технологическую документацию для понимания особенностей технологического процесса водоподготовки;</li> <li>- Осуществлять контроль соблюдения требований технологического процесса водоподготовки.</li> </ul>
	<b>Знания:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Формы и методы организации производственно-хозяйственной деятельности при осуществлении процесса водоподготовки;</li> <li>- Основы экономики, организации производства, труда и управления.</li> </ul>

## 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:

- **0,7** зачетных единиц;
- **24** 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.

Таблица 3

## Структура программы и формы аттестации

№	Наименование дисциплин (модулей)		Контактная работа, ак. ч							Форма аттестации		
			всего	всего	аудиторные занятия	электронное обучение	обучение с ДОТ			контроль	Самостоятельная работа, ак. ч	Стажировка, ак. ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14
1	Мембранные технологии в водоподготовке	2220	220	220							Нет	
1.1.	Основные представления о мембранных технологиях в водоподготовке, очистке стоков, схемах с повторным использованием воды в технологическом цикле	1	1	1								
1.2.	Обратный осмос и нанофильтрация : закономерности, возможности и ограничения, характеристики мембран и мембранных элементов, принципы конструирования установок	7	7	7								
1.3.	Ультрафильтрация: закономерности, возможности и ограничения, характеристики мембран и мембранных элементов, принципы конструирования установок	3	3	3								

1.4.	Интегрированные мембранные технологии и их сочетания с ионным обменом	1	1	1								
1.5.	Осадкообразование в рулонных мембранных элементах и способы борьбы с ним	2	2	2								
1.6.	Основные проблемы при эксплуатации мембранного оборудования	2	2	2					Тести рован ие			
1.7.	Способы снижения эксплуатационных затрат и повышения надежности установок с рулонными элементами	1. 5	1. 5	1. 5								
1.8.	Методы предварительной оценки капзатрат и эксплуатационных показателей обратноосмотическ их установок	0. 5	0. 5	0. 5								
1.9.	Технологические расчеты, моделирование и проектирование мембранных установок с использованием компьютерных расчетных программ (на примерах ROSA и WAVE)	4	4	4								
2	Итоговая аттестация	2. 0	0. 3				0.3	1.7				Итоговый зачет
	<b>ИТОГО:</b>	<b>2 4 0</b>	<b>22 3</b>	<b>22 .0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.3</b>	<b>1.7</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.	Мембранные технологии в водоподготовке	
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»
1.2.	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 СІР. Моделирование и расчеты: возможности и ограничения. Оценки и алгоритмы при проектировании. Принципы грамотной эксплуатации. Качественная оценка работы установкизатворами. Схемные решения при создании установок ОО и НФ. Основные понятия и термины. Одно- и двухступенчатые установки. Одно- и



№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		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 СІР. Моделирование и расчеты: возможности и ограничения. Оценки и алгоритмы при проектировании. Принципы грамотной эксплуатации. Качественная оценка работы установки
1.3.	Ультрафильтрация: закономерности, возможности и ограничения, характеристики мембран и мембранных элементов, принципы конструирования установок	Определение. Хронология применения. Виды мембран. Виды половолоконных 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 половолоконных 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
1.4.	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
1.5.	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

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		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
1.6.	Основные проблемы при эксплуатации мембранного оборудования	Себестоимость обессоленной воды. Методы реализации проектов. Отечественная практика и возникающие 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?
1.7.	Способы снижения эксплуатационных затрат и повышения надежности 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
1.8.	Методы предварительной оценки капзатрат и эксплуатационных показателей обратноосмотических установок	Методы предварительной оценки капзатрат и эксплуатационных показателей обратноосмотических установок
1.9.	Технологические расчеты, моделирование и проектирование мембранных установок с использованием компьютерных расчетных программ (на примерах ROSA и WAVE)	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.

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		Почему методика расчета «небольших коммерческих установок» отличается от подходов, применяемых к промышленному оборудованию?

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 *зачет*. 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:

1. "Мембраны и мембранные технологии", Издательство: "Научный мир", Москва, 2013 - (611 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468334>.

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 приложении 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 3.

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	Трудоемкость	19.09.2022
2	Календарный график	19.09.2022
3	Программа утверждена	21.09.2022

Руководитель  
образовательной  
программы

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

Г.Ю.  
Кондакова