



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	Rd0ad64b2-5hindaTA-e12224c9

(подпись)

Т.А. Шиндина  
(расшифровка подписи)

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА**  
*повышения квалификации*

Наименование программы	Теплообмен в инженерных приложениях: моделирование и анализ (CFD-подход)
Форма обучения	очно-заочная
Выдаваемый документ	удостоверение о повышении квалификации
Новая квалификация	не присваивается
Центр ДО	ОДПО, Центр профессиональной переподготовки преподавателей "Управление в высшем образовании"

Зам. начальника  
ОДПО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мамонтова Е.П.
	Идентификатор	R3626ebac-MamontovaYР-dd49d0f

Е.П.  
Мамонтова

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 ОДПО,  
ЦПП УВО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Орельяна Урсуа М.И.
	Идентификатор	Rbdeb1209-OrelyanaursMI-e22f7ed

М.И.  
Орельяна  
Урсуа

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дееб Р.
	Идентификатор	R0d1a8e76-DeebR-61f46c2f

Р. Дееб

Москва



## **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ**

**Цель:** повышение профессиональных компетенций слушателей, в области получения практических навыков моделирования процессов теплопередачи (теплопроводность, конвекция, конвективный теплообмен) в 2D/3D, включая построение геометрии, подготовку и анализ сетки, постановку граничных условий, визуализацию результатов и верификацию..

### **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 20.014 «Работник по организации эксплуатации тепломеханического оборудования тепловой электростанции», утвержденным приказом Минтруда 06.09.2023 г. № № 695н, зарегистрированным в Минюсте России \_\_\_\_\_ г. № , уровень квалификации 6.

**Форма реализации:** обучение в МЭИ.

**Форма обучения:** очно-заочная.

### **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 образование и работать на должностях профессорско-преподавательского состава или, связанных с образовательной деятельностью. Наличие указанного образования должно подтверждаться документом государственного или установленного образца..

**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): 3.

## 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-5: Способен учитывать свойства конструкционных материалов в теплотехнических расчетах с учетом динамических и тепловых нагрузок	Знать: - основы уравнений теплопередачи; критерии подобия (Re, Pr, Nu, Gr); - виды граничных условий; показатели качества сетки; - принципы верификации и валидации.
	Уметь: - строить геометрию объектов (пластина, цилиндр, оребренная труба, теплообменники), подбирать и оценивать сетку; - ставить расчёт, проводить постпроцессинг (карты T/U, линии тока, тепловые потоки, интегральные характеристики).
	Владеть: - инструментами численного моделирования; - методами анализа сеточной независимости; - приёмами визуализации и представления результатов.

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
20.014 «Работник по организации эксплуатации тепломеханического оборудования тепловой электростанции»	

<p>ПК-548/A/02.5/1 Способен выполнять простые работы по планированию эксплуатации тепломеханического оборудования</p>	<p>Трудовые действия:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Составление графика работы работников, обслуживающих тепломеханическое оборудование;</li> <li>- Составление графика обходов и осмотров тепломеханического оборудования обслуживающими работниками;</li> <li>- Составление маршрутов обходов тепломеханического оборудования обслуживающими работниками;</li> <li>- Ведение учета часов наработки оборудования и планирование работы оборудования;</li> <li>- Составление графиков опробования автоматического ввода резерва оборудования;</li> <li>- Ведение учета и анализ использования рабочего времени по планированию эксплуатации тепломеханического оборудования.</li> </ul>
	<p>Умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Определять состав и последовательность необходимых действий при выполнении работ;</li> <li>- Составлять планы работы работников цеха (подразделения) по заданному образцу;</li> <li>- Составлять отчетные документы;</li> <li>- Работать с персональным компьютером и используемым на ТЭС программным обеспечением;</li> <li>- Использовать текстовые и табличные процессоры для работы с файлами текстовых документов и электронных таблиц.</li> </ul>

	<p><b>Знания:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Назначение, виды, принцип действия и технические данные тепломеханического оборудования;</li> <li>- Назначение и принцип действия средств измерения, устройств автоматики и технологической защиты тепломеханического оборудования;</li> <li>- Тепловые, электрические и другие технологические схемы обслуживаемых объектов;</li> <li>- Территориальное расположение подразделений ТЭС, основного и вспомогательного тепломеханического оборудования, эвакуационных и аварийных выходов; пути следования работников к оборудованию, пути эвакуации;</li> <li>- Правила эксплуатации тепломеханического оборудования;</li> <li>- Требования промышленной безопасности, пожарной безопасности и взрывобезопасности, охраны труда при обслуживании тепломеханического оборудования;</li> <li>- Правила ведения технической документации и документооборота в организации;</li> <li>- Приемы и правила оформления текстовых документов и электронных таблиц с использованием текстовых и табличных процессоров.</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:

- 2 зачетных единиц;
- 72 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	Ⓜ	Контактная работа, ак. ч	○	○	Форма аттестации
---	--------------	---	--------------------------	---	---	------------------

1	дисциплин (модулей)	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14
		всего	аудиторные занятия	электронное обучение	обучение с ДОТ	контроль				текущий контроль (тест, опрос и пр.)	промежуточная аттестация (зачет, экзамен, защита отчета о стажировке)	итоговая аттестация (итоговый зачет, итоговый экзамен, доклад по результатам стажировки, итоговый аттестационный экзамен, итоговая аттестационная работа)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14
1	Теплообмен в инженерных приложениях: моделирование и анализ (CFD-подход)	70	32	32				38			Нет	
1.1.	Введение в теплообмен и CFD	10	4	4				6				
1.2.	Построение геометрии (пластина, цилиндр, оребренная труба)	11	5	5				6				
1.3.	Построение и анализ сетки	11	5	5				6				
1.4.	Теплопроводность в пластинах	9	4	4				5				
1.5.	Конвективный теплообмен и обтекание цилиндра	11	6	6				5				
1.6.	Моделирование теплообменных аппаратов	11	6	6				5		Задание на практику		
1.7.	Визуализация и постпроцессинг	7	2	2				5				
2	Итоговая аттестация	20	03				03	17				Итоговый зачет
	<b>ИТОГО:</b>	<b>720</b>	<b>323</b>	<b>32</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>03</b>	<b>397</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.	Теплообмен в инженерных приложениях: моделирование и анализ (CFD-подход)	
1.1.	Введение в теплообмен и CFD	Основные уравнения теплопроводности, конвекции и энергии. Критерии подобия (Re, Pr, Nu, Gr). Постановка задач в CFD, обзор возможностей численного моделирования.
1.2.	Построение геометрии (пластина, цилиндр, оребренная труба)	Создание 2D и 3D геометрий. Простейшие тела (пластина, цилиндр), оребренные трубы, элементы теплообменников. Подготовка геометрии к расчёту.
1.3.	Построение и анализ сетки	Типы сеток (структурные, неструктурные, призматические). Качество сетки (skewness, orthogonality). Построение приграничных слоёв. Исследование сеточной независимости.
1.4.	Теплопроводность в пластинах	Стационарный и нестационарный режим теплопроводности в пластинах.
1.5.	Конвективный теплообмен и обтекание цилиндра	Ламинарный и турбулентный теплообмен вдоль пластины. Обтекание цилиндра потоком воздуха: распределение скоростей, температур. Расчёт коэффициентов теплоотдачи и числа Нуссельта.
1.6.	Моделирование теплообменных аппаратов	Конвективный теплообмен в твёрдом теле и жидкости. Моделирование кожухотрубного теплообменника.
1.7.	Визуализация и постпроцессинг	Методы представления результатов: карты скоростей, температурные поля, линии тока. Векторы скорости, графики сходимости, интегральные характеристики. Подготовка отчёта

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
--------------	------------------------

*Не предусмотрено*

## **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 . 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. Генин, Л. Г. Гидродинамика и теплообмен МГД-течений в каналах / Л. Г. Генин, В. Г. Свиридов. – М. : Изд-во МЭИ, 2001. – 200 с. – ISBN 5-7046-0650-4.;

2. Машиностроение: В 40 т. Раздел 4. Конструирование машин. Т.4-1. Детали машин. Конструкционная прочность.Трение, износ, смазка : Энциклопедия / Д. Н. Решетов ; Ред. К. С. Колесников. – М. : Машиностроение, 1995. – 864 с. – ISBN 5-217-01953-0 : 187500.00.;

3. Назмеев, Ю. Г. Теплообменные аппараты ТЭС : учебное пособие для вузов по направлению "Теплоэнергетика" / Ю. Г. Назмеев, В. М. Лавыгин. – 3-е изд., стер. – М. : Изд-во МЭИ, 2005. – 260 с. – ISBN 5-7046-1320-9..

б) литература ЭБС и БД:

1. Аксёнов А. К.,Бирюков С. В.- "Теплотехника, термодинамика и теплопередача", Издательство: "МИСИ – МГСУ", Москва, 2022 - (50 с.)

<https://e.lanbook.com/book/342587>.

в) используемые ЭБС:

*Не предусмотрено*

### **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 приложении 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
-------	-------------------------------------	----------------------------

Руководитель  
образовательной  
программы

		<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
		Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
Владелец		Дееб Р.	
Идентификатор		R0d1a8e76-DeebR-61f46c2f	

Р. Дееб