



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	CFD-моделирование течений жидкостей и газов в инженерных задачах
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	Малич Н.В.
	Идентификатор	R13696f6e-MalichNV-45fe3095

Н.В. Малич

Начальник ФДО

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

Н.Д.
Селиверстов

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 гидродинамических процессов (ламинарные и турбулентные течения, обтекание тел, течение в каналах и трубопроводах, аэродинамика профилей) в 2D/3D, включая построение геометрии, подготовку и анализ расчётной 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 16.063 «Специалист по химическому анализу воды в системах водоснабжения, водоотведения, теплоснабжения», утвержденным приказом Минтруда 27.04.2023 г. № 344н, зарегистрированным в Минюсте России 25.05.2023 г. № 73444, 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-2: Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	Знать: - основы гидродинамики (уравнение неразрывности, уравнения Навье–Стокса); критерии подобия; основные модели турбулентности ($k-\epsilon$, $k-\omega$, SST, LES); - виды граничных условий; показатели качества сетки; принципы верификации и валидации.
	Уметь: - строить геометрию объектов (канал, труба, сопло, цилиндр, теплообменник); - строить геометрию объектов (канал, труба, сопло, цилиндр, теплообменник).
	Владеть: - инструментами численного моделирования течений; - методами анализа сходимости и 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
16.063 «Специалист по химическому анализу воды в системах водоснабжения, водоотведения, теплоснабжения»	

<p>ПК-555/В/01.5/1</p> <p>Способен осуществлять организацию и проведение химико-бактериологического анализа воды в системах водоснабжения, водоотведения, теплоснабжения</p>	<p>Трудовые действия:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Определение отдельных групп показателей качества воды в соответствии с требованиями и спецификой использования воды; - Проведение химического анализа подземной воды из водозаборных скважин в соответствии с требованиями государственных стандартов для систем водоснабжения; - Осуществление отбора проб воды, выполнение анализа и анализа контрольных проб сетевой воды в системах теплоснабжения; - Проведение анализа химического состава дистиллированной воды для определения ее соответствия санитарным нормативам.
	<p>Умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Руководить выполнением лабораторных химических анализов воды для систем водоснабжения, водоотведения, теплоснабжения; - Обеспечивать экономичное использование материалов и химических реагентов, реактивов при выполнении химических и бактериологических анализов воды; - Обеспечивать внедрение передовых методов и приемов труда, включая компьютерные технологии, при выполнении химических анализов воды в системах водоснабжения, водоотведения, теплоснабжения; - Пользоваться средствами измерений, указанными в стандартизованных методиках количественного химического анализа; - Контролировать соблюдение требований к мытью и сушке химической посуды и посуды, используемой в анализе.
	<p>Знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Правила технической эксплуатации систем водоснабжения, водоотведения, теплоснабжения населенных мест; - Правила водоподготовки и транспортировки питьевой, технической воды; - Правила приготовления, транспортировки и подачи горячей воды для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения; - Правила отбора образцов проб воды; - Правила учета и документирования результатов химического анализа воды; - Нормативные правовые акты, документация в области стандартизации; - Методики (методы) изменений, методы и методики проведения химико-бактериологического анализа воды в системах водоснабжения, водоотведения, теплоснабжения.

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 дисциплин (модулей)	всего	Контактная работа, ак. ч					Самостоятельная работа, ак. ч	Стажировка, ак. ч	Форма аттестации			
			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	CFD-моделирование течений жидкостей и газов в инженерных задачах	70	32	32				38			Нет		
1.1.	CFD-моделирование течений жидкостей и газов в инженерных задачах	10	4	4				6					
1.2.	Построение геометрии (пластина, цилиндр,	11	6	6				5		Задание на практику			

	оребрённая труба)										
1.3.	Построение и анализ сетки	1 1	6	6				5			
1.4.	Моделирование простых течений (канал, труба, обтекание цилиндра)	7	2	2				5			
1.5.	Моделирование турбулентных течений ($k-\epsilon$, $k-\omega$, SST)	1 2	6	6				6			
1.6.	Прикладные задачи гидродинамики (трубопроводы, теплообменники)	1 1	6	6				5			
1.7.	Визуализация и постпроцессинг	8	2	2				6			
2	Итоговая аттестационная работа	2 0	0 3				03	1.7			Итоговый зачет
	ИТОГО:	7 2 0	32 3	32	0	0	03	39. 7	0		

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.	CFD-моделирование течений жидкостей и газов в инженерных задачах	
1.1.	CFD-моделирование течений жидкостей и газов в инженерных задачах	Основные уравнения гидродинамики (неразрывность, Навье–Стокса); классификация течений (ламинарные, турбулентные); критерии подобия; обзор CFD-методов и программных комплексов.
1.2.	Построение геометрии (пластина, цилиндр, оребрённая труба)	Создание моделей простых геометрий (канал, труба, цилиндр, сопло, теплообменник); подготовка CAD-моделей для CFD; задание граничных условий.
1.3.	Построение и анализ сетки	Типы сеток (структурные, неструктурные, призматические). Качество сетки (skewness, orthogonality). Построение приграничных слоёв. Исследование сеточной независимости.
1.4.	Моделирование простых течений (канал, труба, обтекание цилиндра)	Постановка задач течения в канале и трубе; обтекание цилиндра при различных Re ; анализ полей скоростей и давлений; определение коэффициентов сопротивления; сопоставление с экспериментальными/аналитическими

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		данными.
1.5.	Моделирование турбулентных течений (k-ε, k-ω, SST)	Особенности турбулентных режимов; обзор и выбор моделей турбулентности; настройка расчёта с использованием k-ε, k-ω, SST моделей; анализ распределений скоростей и давлений; сравнение результатов различных моделей.
1.6.	Прикладные задачи гидродинамики (трубопроводы, теплообменники)	Численное моделирование течений в трубопроводах; распределение скоростей и давления; расчёт гидравлических потерь; моделирование течений в каналах и аппаратах с учётом теплообмена; определение характеристик систем.
1.7.	Визуализация и постпроцессинг	Методы обработки результатов CFD-расчётов; построение карт скоростей, полей давления, линий тока, вихревых структур; коэффициенты сопротивления; подготовка графиков и иллюстраций для отчётов.

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 . 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. Кириллин, В. А. Техническая термодинамика : учебник для вузов по направлению 140100 "Теплоэнергетика" / В. А. Кириллин, В. В. Сычев, А. Е. Шейндлин. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательский дом МЭИ, 2008. – 496 с. – ISBN 978-5-383-00263-6.

<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=4174>;

3. Назмеев, Ю. Г. Теплоперенос и гидродинамика в системах хранения жидкого органического топлива и нефтепродуктов / Ю. Г. Назмеев. – М. : Изд-во МЭИ, 2005. – 368 с. – ISBN 5-903072-01-1..

б) литература ЭБС и БД:

1. Резник С. В., Просунцов П. В.- "Лабораторные исследования характеристик теплопереноса материалов тепловой защиты многоразовых космических аппаратов", Издательство: "МГТУ им. Н.Э. Баумана", Москва, 2018 - (48 с.)

<https://e.lanbook.com/book/205412>.

в) используемые ЭБС:

1. Научная электронная библиотека

<https://elibrary.ru/>;

2. Национальная электронная библиотека

<https://rusneb.ru/>;

3. ЭБС Лань

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

4. ЭБС "Университетская библиотека онлайн"
http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red.

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

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

Р. Дееб