



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	Математическое моделирование процессов теплообмена
Форма обучения	очная
Выдаваемый документ	удостоверение о повышении квалификации
Новая квалификация	не присваивается
Центр ДО	Кафедра "Тепломассообменных процессов и установок"

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 ТМПУ

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Гужов С.В.
	Идентификатор	Rd88495da-GuzhovSV-ecd93f0e

С.В. Гужов

Руководитель образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Гужов С.В.
	Идентификатор	Rd88495da-GuzhovSV-ecd93f0e

С.В. Гужов

Москва

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

Цель: ознакомление слушателей с принципами моделирования и путями решения вышеперечисленных и других актуальных задач тепломассообмена в однофазных потоках..

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 с использованием исключительно дистанционных образовательных технологий.

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 образование. Наличие указанного образования должно подтверждаться документом государственного или установленного образца, при этом удостоверение о повышении квалификации выдается после предоставления соответствующего подтверждающего документа о получении соответствующего уровня образования..

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): бессрочно.

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: - способы расчета параметров ребра при изменении условий на границах; - методики расчета теплообмена в плоском канале и трубе; - основные параметры, влияющие на возникновение пограничных слоев в различных каналах.
	Уметь: - Работать с численным комплексом Phoenics; - использовать углубленные теоретические и практические знания, которые находятся на передовом рубеже науки и техники в области профессиональной деятельности; - самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять свое научное мировоззрение, в том числе с помощью информационных технологий.
	Владеть: - терминологией в области тепломассообмена; - методиками расчета тепломассообменных характеристик теплообменных установок; - способностью к выполнению расчетов с необходимыми обоснованиями мероприятий по экономии энергоресурсов, потребности подразделений предприятия в электрической, тепловой и других видах энергии, участию в разработке норм их расхода, режима работы подразделений предприятия, исходя из их потребностей в энергии.

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.

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	Математическое моделирование процессов теплообмена	30	23			23		7			Нет	
1.1.	Актуальность использования математического моделирования	5	4			4		1				
1.2.	Повышение эффективности теплообменных поверхностей при использовании ребер	4	3			3		1				
1.3.	Конвекция. Ламинарное обтекание плоской пластины	4	3			3		1				
1.4.	Численные методы	4	3			3		1				

	решения тепловых задач											
1.5.	Турбулентное обтекание плоской пластины	5	4			4		1				
1.6.	Различные способы расчета теплообменных аппаратов	4	3			3		1				
1.7.	Гидродинамика и теплообмен в канале	4	3			3		1				
2	Итоговая аттестация	2	1				1	1				Итоговый зачет
	ИТОГО:	32	24	0	0	23	1	8	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.	Математическое моделирование процессов теплообмена	
1.1.	Актуальность использования математического моделирования	Методология научных исследований. Основы передачи тепла и способы передачи тепла. Использование теории подобия для переноса единичного опыта на большую группу случаев данного явления. Использование таких понятий как модель, математическое моделирование и математическая модель. Два метода выбора системы координат и общая формулировка законов сохранения. Вывод уравнения неразрывности и уравнения энергии в одномерной постановке задачи.
1.2.	Повышение эффективности теплообменных поверхностей при использовании ребер	Различные способы интенсификации теплообменных поверхностей. Применение ребер в качестве интенсификаторов процесса. Стационарное и нестационарное охлаждение (нагрев) одиночного ребра. Аналитическое решение уравнения энергии для нестационарного охлаждения ребра. Явная и неявная схема. Число Био и коэффициент эффективности ребра. Понятие идеального ребра. Теплопроводность через оребренную стенку.
1.3.	Конвекция. Ламинарное обтекание плоской пластины	Преобразование системы дифференциальных уравнений неразрывности, движения и энергии для модели пограничного слоя. Определение толщины пограничного слоя и толщины вытеснения. Обтекание плоской

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		пластины при ламинарном режиме течения. Использование безразмерных координат. Определение местного и среднего коэффициента сопротивления трения на поверхности пластины. Образование гидродинамического пограничного слоя. Соотношение между тепловыми и гидродинамическими слоями, аналогия Рейнольдса. Зависимости для чисел Нуссельта и для определения средней теплоотдачи.
1.4.	Численные методы решения тепловых задач	Решение тепловых задач методом контрольного объема. Использование граничных условий первого, второго и третьего рода. Преобразование дифференциального уравнения в дискретный аналог и использование метода прогонки для решения системы линейных уравнений. Основные правила, которые должны выполняться для обеспечения физичности решения и сохранения баланса.
1.5.	Турбулентное обтекание плоской пластины	Образование турбулентного пограничного слоя. Области течения в турбулентном пограничном слое. Распределение скорости в различных областях течения, универсальный профиль скорости. Модель пути смещения Прандтля. $k-\epsilon$ модель турбулентности, кинетическая энергия турбулентных пульсаций, скорость диссипации этой энергии. Использование пристенных функций. Вычисление коэффициента трения и теплообмена по профилю скорости и температуры. Понятия SKAN и SKIN. Переходный пограничный слой. Факторы, влияющие на поведение потока при естественном переходе.
1.6.	Различные способы расчета теплообменных аппаратов	Численные модели для прямоточного и противоточного теплообмена. Средний логарифмический напор. Метод ϵ -N, эффективность, число единиц переноса. Метод вычисления поля давления. Методы оптимизации теплообмена. Выбор критериев оптимизации теплообменного аппарата. Расчет теплообмена в программном комплексе Phoenix.
1.7.	Гидродинамика и теплообмен в канале	Гидродинамика и теплообмен в плоском канале и трубе при ламинарном течении. Формула Пуазейля, вывод коэффициента сопротивления. Определение длины начального участка. Формула Дарси-Вейсбаха. Смыкание гидродинамических и тепловых пограничных слоев. Гидродинамика и теплообмен в плоском канале и трубе при турбулентном течении. Выражение для ξ и Nu при турбулентном течении в канале. Способы интенсификации теплообмена.

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

4. ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

Информация о практической подготовке в структуре дополнительной образовательной программы представлена в приложении 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
Семинар	Учебно-практическое занятие, состоящее в обсуждении и решении практических задач и получения навыков учащимися

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. Жубрин, С. В. Методы расчета теплогидравлических характеристик в теплообменных установках : учебное пособие по курсу "Математическое моделирование и оптимизация систем теплоснабжения и кондиционирования" по направлению "Промышленная теплоэнергетика" / С. В. Жубрин, Э. Д. Сергиевский, Н. В. Хомченко, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2006 . – 48 с. - ISBN 5-7046-1309-8 .;
2. Патанкар, С. В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости : пер. с англ. / С. В. Патанкар . – М. : Энергоатомиздат, 1984 . – 150 с.;
3. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника : Справочник / А. М. Бакластов, и др. ; Общ. ред. В. А. Григорьев, В. М. Зорин . – М. : Энергоатомиздат, 1983 . – 551 с. – (Теплоэнергетика и теплотехника) .;
4. Сергиевский, Э. Д. Применение комплекса численного моделирования Fluent для задач промышленной теплоэнергетики : учебное пособие по курсу "Математическое моделирование и оптимизация систем теплоснабжения и кондиционирования" по направлению "Теплоэнергетика" / Э. Д. Сергиевский, Е. В. Овчинников, А. Н. Крылов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2006 . – 80 с. - ISBN 5-903072-89-5 .;
5. Сергиевский, Э. Д. Расчет локальных параметров течения и теплообмена в каналах : Методическое пособие по курсу "Математическое моделирование процессов теплообмена" по направлению "Промышленная теплоэнергетика" / Э. Д. Сергиевский, Н. В. Хомченко, Е. В. Овчинников, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2001 . – 60 с.;
6. Теплофизические свойства веществ : справочник / Всесоюз. теплотехн. науч.-исслед. ин-т им. Ф.Э. Дзержинского ; ред. Н. Б. Варгафтик . – М-Л : Госэнергоиздат, 1956 . – 367 с..

б) литература ЭБС и БД:

Не предусмотрено

в) используемые ЭБС:

1. База данных Scopus
<http://www.scopus.com>;
2. База данных Web of Science
<http://webofscience.com/> ;
3. Научная электронная библиотека
<https://elibrary.ru/>;
4. ЭБС Лань
<https://e.lanbook.com/>;
5. 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
1	Актуализированы структура программы и содержание дисциплин (модулей)	12.02.2024
2	Программа утверждена	21.08.2023

Руководитель
образовательной
программы

		Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
		Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
Владелец		Гужов С.В.	
Идентификатор		Rd88495da-GuzhovSV-ecd93f0e	

С.В.
Гужов