



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*

<b>Наименование программы</b>	Моделирование объектов управления
<b>Форма обучения</b>	очная
<b>Выдаваемый документ</b>	удостоверение о повышении квалификации
<b>Новая квалификация</b>	
<b>Центр ДО</b>	Центр подготовки и переподготовки "Автоматизированных систем управления тепловыми процессами в энергетике и промышленности"

Зам. директора ИДДО  
(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

Н.В.  
Усманова  
(расшифровка подписи)

Начальник ОДПО  
(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

А.Г. Крохин  
(расшифровка подписи)

Начальник ФДО  
(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

Н.В. Малич  
(расшифровка подписи)

Руководитель ЦПП АСУ ТП ЭП  
(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

С.В. Гужов  
(расшифровка подписи)

Москва

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)



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

(подпись)

С.В. Гужов

(расшифровка  
подписи)

## **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ**

**Цель** – повышение квалификации слушателей путем формирования у них профессиональных компетенций, необходимых для понимания общих принципов построения математических моделей тепловых и гидравлических процессов технологических объектов управления, методов получения и сравнительного анализа моделей различной степени приближения, выбора наилучшей модели в зависимости от ее назначения..

### **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.

- с Профессиональным стандартом 40.178 «Специалист в области проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами», утвержденным приказом Минтруда 13.03.2017 г. № 272н, зарегистрированным в Минюсте России 04.04.2017 г. № 46243, уровень квалификации 7.

**Форма реализации:** обучение с применением 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: - Принципы и методы получения моделей теплотехнических объектов, способы упрощения моделей с анализом влияния допущений на точность модели;; - Влияние технологических особенностей и режимов работы теплообменных устройств на структуру и характеристики математической модели, способы сравнительного анализа моделей различной степени приближения.
	Уметь: - Применять методы математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования при математическом моделировании объектов управления; - Выбирать наилучшую математическую модель в зависимости от ее назначения.
	Владеть:

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

7.

Таблица 2

Практико-ориентированные требования к результатам освоения программы

Трудовые функции	Требования к результатам
40.178 «Специалист в области проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами»	

<p>ПК-1003/С/01.7/1 способен осуществлять разработку концепции автоматизированной системы управления технологическими процессами</p>	<p>Трудовые действия:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Разработка частного технического задания на обследование объекта автоматизации;</li> <li>- Разработка технического задания на разработку проекта автоматизированной системы управления технологическим процессом и согласование его с заказчиком;</li> <li>- Разработка частных технических заданий на проектирование отдельных частей автоматизированной системы управления технологическим процессом;</li> <li>- Сбор информации об автоматизированных системах управления технологическими процессами и используемом оборудовании ведущих производителей;</li> <li>- Подготовка и утверждение заданий на выполнение работ на подготовку проектной документации автоматизированной системы управления технологическими процессами;</li> <li>- Ознакомление с отчетом по результатам обследования объекта автоматизации, определение номенклатуры информационных и управляющих сигналов автоматизированной системы управления технологическим процессом;</li> <li>- Разработка вариантов структурных схем автоматизированной системы управления технологическим процессом и выбор оптимальной структурной схемы;</li> <li>- Определение критериев отбора участников работ по подготовке проектной документации и отбору исполнителей таких работ, а также по координации деятельности исполнителей таких работ.</li> </ul>
--	--

	<p>Умения:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Осуществлять постановку задачи работникам на проведение обследования объекта автоматизации и разработку отдельных частей автоматизированной системы управления технологическим процессом;</li><li>- Применять методики и процедуры системы менеджмента качества, правила автоматизированной системы управления организацией для анализа отчета по результатам обследования объекта автоматизации и определения характеристик объекта автоматизации;</li><li>- Применять методики и процедуры системы менеджмента качества, правила автоматизированной системы управления организацией для анализа информации по автоматизированным системам технологическими процессами и используемом оборудовании ведущих производителей;</li><li>- Применять систему автоматизированного проектирования и программу для написания и модификации документов для разработки схемы автоматизированной системы управления технологическим процессом;</li><li>- Применять методики и процедуры системы менеджмента качества, правила автоматизированной системы управления организацией для определения критериев оптимальности принимаемых технических решений при разработке схемы автоматизированной системы управления технологическим процессом;</li><li>- Применять методики ведения деловых переговоров для получения положительного результата при взаимодействии с заказчиком проекта автоматизированной системы управления технологическим процессом;</li><li>- Пользоваться информационно-телекоммуникационной сетью "Интернет".</li></ul>
--	--

	<p><b>Знания:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Требования законодательства Российской Федерации и нормативных правовых актов, нормативных технических и нормативных методических документов к составу и содержанию разделов различных стадий проекта автоматизированные системы управления технологическими процессами;</li> <li>- Требования нормативных документов к устройству автоматизированной системы управления технологическими процессами;</li> <li>- Правила разработки проектов автоматизированной системы управления технологическими процессами;</li> <li>- Правила проведения обследования объекта автоматизации;</li> <li>- Методики определения характеристик объекта автоматизации;</li> <li>- Критерии оценки эффективности работы и методы повышения энергоэффективности объекта автоматизации;</li> <li>- Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей;</li> <li>- Программа для написания и модификации документов, выполнения расчетов;</li> <li>- Система автоматизированного проектирования.</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:

- **1,3** зачетных единиц;

**48** 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
---	--------------	---	--------------------------	---	---	------------------

	дисциплин (модулей)												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	
1	Введение. Основные понятия математического моделирования	2	2	2							Нет		
1.1.	Основные понятия математического моделирования.	2	2	2									
2	Принципы построения математических моделей	2	2	2							Нет		
2.1.	Принципы построения математических моделей, декомпозиция задачи, структура модели.	2	2	2									
3	Модели одномерного однофазного потока	4	4	2		2					Нет		
3.1.	Модели тепловых процессов одномерного однофазного потока.	4	4	2		2							
4	Модели теплопередающей стенки	4	2	2				2			Нет		
4.1.	Модели теплопередающей стенки	4	2	2				2					
5	Модели гидродинамических процессов	6	4	2		2		2			Нет		
5.1.	Модели гидродинамических процессов	6	4	2		2		2					
6	Обобщенная математическая модель	6	4	2		2		2			Нет		



	теплообменников										
6.1.	Обобщенная математическая модель типовых теплообменных устройств в энергетике: конвективных и радиационных, прямоточных и противоточных, с однофазными и двухфазными теплоносителями.	6	4	2		2		2			
7	Математическое моделирование процессов оборудования ТЭС	1 1	8	4		4		3		Нет	
7.1.	Математическое моделирование процессов теплоэнергетического оборудования ТЭС.	1 1	8	4		4		3			
8	Математическое моделирование процессов оборудования АЭС	1 2	10	8		2		2		Нет	
8.1.	Математическое моделирование процессов теплоэнергетического оборудования АЭС.	1 2	10	8		2		2			
9	Итоговый экзамен	1. 0	0. 3					03 07			Итоговый экзамен
	<b>ИТОГО:</b>	<b>4 8 0</b>	<b>36 3</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>03</b>	<b>11. 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.	Введение. Основные понятия математического моделирования	
1.1.	Основные понятия математического моделирования.	Классификация моделей. Модели различной степени приближения: распределенные и сосредоточенные, линейные и нелинейные, статические и динамические.

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		Способы представления математических моделей: системой дифференциальных уравнений, векторно-матричной формой, структурными схемами, сигнальными графами.
2.	Принципы построения математических моделей	
2.1.	Принципы построения математических моделей, декомпозиция задачи, структура модели.	Уравнения законов сохранения вещества, энергии и количества движения для потоков жидкостей и газов. Уравнения теплопроводности для твердых тел. Техника получения моделей статического, линейного, точечного и многоточечного приближения из распределенной нелинейной модели.
3.	Модели одномерного однофазного потока	
3.1.	Модели тепловых процессов одномерного однофазного потока.	Метод двойного преобразования Лапласа. Двухмерные передаточные функции. Статические и динамические характеристики различных моделей потока: с распределенными и сосредоточенными параметрами, точечные и многоточечные.
4.	Модели теплопередающей стенки	
4.1.	Модели теплопередающей стенки	Модели различного приближения для плоской и цилиндрической теплопередающей стенки. Распределенная и точечная модели плоской стенки и их статические динамические характеристики.
5.	Модели гидродинамических процессов	
5.1.	Модели гидродинамических процессов	Модели гидродинамических процессов несжимаемых, слабо сжимаемых и сжимаемых потоков. Статические и динамические характеристики различных моделей потока.
6.	Обобщенная математическая модель теплообменников	
6.1.	Обобщенная математическая модель типовых теплообменных устройств в энергетике: конвективных и радиационных, прямоточных и противоточных, с однофазными и двухфазными теплоносителями.	Декомпозиция и упрощение модели. Выбор метода решения. Статические и динамические характеристики различных моделей типовых теплообменных устройств.
7.	Математическое моделирование процессов оборудования ТЭС	
7.1.	Математическое моделирование процессов	Структура математической модели барабанного котла. Динамические характеристики различных поверхностей котла. Особенности моделирования динамики

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
	теплоэнергетического оборудования ТЭС.	циркуляционного контура. Структура математической модели прямоточного котла. Динамические характеристики различных поверхностей прямоточного котла.
8.	Математическое моделирование процессов оборудования АЭС	
8.1.	Математическое моделирование процессов теплоэнергетического оборудования АЭС.	Структура математической модели энергоблока с реактором ВВЭР. Динамические характеристики реактора и парогенератора

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	В рамках семинаров, слушатели решают задачи по курсу.

#### 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 *-итоговый экзамен*. 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. Пикина, Г. А. Математические модели технологических объектов : учебное пособие по курсу "Моделирование систем управления" по специальности "Автоматизация технологических процессов и производств" направления "Теплоэнергетика" / Г. А. Пикина ; Ред. А. В. Андрюшин ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2007 . – 300 с. - ISBN 978-5-383-00059-5 .

2. Пикина, Г. А. Модели тепловых процессов = Models of thermal processes : методические указания по выполнению курсовой работы по направлению 13.04.01 "Теплоэнергетика и теплотехника" / Г. А. Пикина, Т. С. Нгуен, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 24 с. - книга на английском языке .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8731](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8731).

б) литература ЭБС и БД:

1. Пащенко Ф. Ф., Пикина Г. А.- "Основы моделирования энергетических объектов", Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2011 - (464 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=59622](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59622).

в) используемые ЭБС:

#### **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 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	18.01.2023

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

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

(подпись)

С.В. Гужов

(расшифровка  
подписи)