



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>	Методы имитационного моделирования
<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 ЦЭП 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 слушателей профессиональных компетенций, необходимых для профессиональной деятельности в области

создания имитационных моделей для статических и динамических объектов управления и их реализации в системах управления теплоэнергетическими объектами; методов математического описания линейными, нелинейными и рекуррентными уравнениями, а также анализа и синтеза элементов и систем управления

### **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 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: - решение и анализ динамических характеристик элементарных динамических звеньев и их соединений; - основы математического описания динамических систем; - теоретические и практические основы имитационного моделирования объектов и систем управления.
	Уметь: - определить потребность в математических методах расчета и анализа оптимальности работы систем регулирования; - оценивать качество оптимизации систем регулирования; - технически грамотно проводить анализ результатов расчетов устойчивости и динамики объектов управления.
	Владеть:

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

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:

- 1 зачетных единиц;

36 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 ДОГ	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	Введение задачи моделирования и оптимизации в технике	4	4	4							Нет		
1.1.	Введение задачи моделирования и оптимизации в технике	4	4	4									
2	Предпосылки к переходу к численным методам моделирования и оптимизации систем управления	4	2	2				2			Нет		
2.1.	Предпосылки к переходу к численным методам моделирования и оптимизации систем управления	4	2	2				2					
3	Математическое описание численных имитационных моделей систем управления	6	4	2		2		2			Нет		
3.1.	Математическое описание численных имитационных моделей систем управления	6	4	2		2		2					
4	Математическая постановка задач	6	4	2		2		2			Нет		

	оптимизации систем управления										
4.1.	Математическая постановка задач оптимизации систем управления	6	4	2		2		2			
5	Автоматизация решений задач оптимизации	4	4	2		2				Нет	
5.1.	Автоматизация решений задач оптимизации	4	4	2		2					
6	Этапы решения задач численной оптимизации	6	4	2		2		2		Нет	
6.1.	Этапы решения задач численной оптимизации	6	4	2		2		2			
7	Варианты планов анализа и синтеза оптимальных АСР численными методами	5	4	2		2		1		Нет	
7.1.	Варианты планов анализа и синтеза оптимальных АСР численными методами	5	4	2		2		1			
8	Итоговый зачет	1.0	0.3					0.3	0.7		Итоговый зачет
	<b>ИТОГО:</b>	<b>36.0</b>	<b>26.3</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>0.3</b>	<b>9.7</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 задачи моделирования и оптимизации в технике	
1.1.	Введение задачи моделирования и оптимизации в технике	Задачи моделирования и оптимизации в технике. Классификация моделей, их задач и методов решения. Пример использования имитационных моделей в классических задачах анализа и синтеза линейных систем регулирования. Проблема искажения характера работы АСР с типовыми содержащими нелинейные элементы регуляторами. Существующие программы и задачи, использующие численные алгоритмы

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		оптимизации
2.	Предпосылки к переходу к численным методам моделирования и оптимизации систем управления	
2.1.	Предпосылки к переходу к численным методам моделирования и оптимизации систем управления	Характерные особенности численных методов. Достоинства и недостатки численных методов анализа и оптимизации систем управления. Перспективы использования численных методов для повышения качества анализа и оптимизации систем управления
3.	Математическое описание	численных имитационных моделей систем управления
3.1.	Математическое описание численных имитационных моделей систем управления	Рекуррентные выражения первого порядка - основа численных имитационных математических моделей систем управления. Методы получения рекуррентных выражений для численного моделирования элементарных динамических звеньев. Синтез сложных численных моделей из соединений элементарных звеньев. Алгоритмы вычисления рекуррентных выражений сложных динамических систем, содержащих последовательные и параллельные соединения. Алгоритмы вычисления последовательных и параллельных соединений рекуррентных выражений сложных динамических систем с обратными связями. Декомпозиция сложных передаточных функций высокого порядка в схемы соединения элементарных динамических звеньев. Конфигурирование из рекуррентных выражений элементарных динамических звеньев универсальной программы-функции имитационной модели системы управления
4.	Математическая постановка задач	оптимизации систем управления
4.1.	Математическая постановка задач оптимизации систем управления	Оптимизируемая функция и оптимизируемый показатель. Физический смысл оптимизируемого показателя. Метод получения оптимизируемого показателя (аналитический или алгоритмический). Размерность задачи оптимизации (число аргументов, от которых зависит значение оптимизируемого показателя). Классификация задач (безусловные и условные, одно и многоэкстремальные). Понятие локального и глобального экстремума. Виды ограничений на диапазоны изменения аргументов оптимизируемой функции
5.	Автоматизация решений задач	оптимизации
5.1.	Автоматизация решений задач оптимизации	Градиентные и логические (численные), регулярные и эволюционные (случайные) алгоритмы поиска оптимального решения. Описание принципов работы

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		регулярных и случайных эволюционных алгоритмов поиска оптимальных решений на примерах алгоритмов деформируемого многогранника и модифицированного генетического. Правила работы, требуемые для работы данные и выводимые результаты решения прикладными программами в Mathcad Opt(...) и MGA(...). Назначение и правила конфигурации программы-функции Sqr(x)..
6.	Этапы решения задач численной оптимизации	
6.1.	Этапы решения задач численной оптимизации	<p>Техническая постановка цели задачи (проектное исследование или рабочий алгоритм управления объектом регулирования), выбор оптимизируемого показателя и искомых переменных (настроечных параметров регулятора при оптимизации системы регулирования). Адаптация к поставленной в п. 6.1 задаче рекомендованной в п. 3.7 типовой программы-функции имитационной модели АСР. Испытание исследуемой модели. По выбранным каналам расчет и построение графиков переходных процессов, а также, при необходимости, расчет и построение нескольких точек годографа КЧХ по выбранным каналам.</p> <p>Известными методами, например, методом ВТИ предварительное определение оптимальных параметров ПИ- или ПИД-регулятора. Для задач двумерной оптимизации (оптимизации настроечных параметров ПИ-регуляторов или ПИД-, в которых Д-составляющая задана константой) изучение топологии поверхностей откликов для выбранных значений показателей оптимальности и показателей запаса устойчивости в окрестности предполагаемых значений настроечных параметров <math>k_p</math> и <math>k_u</math>. Для подготовленной задаче разработка структуры и написание обращения к программе-функции Sqr(x). Постановка задачи оптимизации на решение. Отладка программ. Получение и анализ результатов. Для найденных оптимальных значений настроечных параметров в задаче двумерной оптимизации (оптимизации настроечных параметров ПИ-регуляторов или ПИД-, в которых Д-составляющая задана константой) изучение топологии поверхностей откликов для выбранных значений показателей оптимальности и показателей запаса устойчивости в окрестности предполагаемых значений настроечных параметров <math>k_p</math> и <math>k_u</math>. При необходимости, перенастройка программы исследования на получение новых</p>



№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		показателей работы системы регулирования. Для этого требуется изменить структуру и содержание программы-функции $Sqr(x)$ и программы-функции имитационной модели АСР
7.	Варианты планов анализа и синтеза оптимальных АСР численными методами	
7.1.	Варианты планов анализа и синтеза оптимальных АСР численными методами	<p>Раздельная настройка ПИ- и ПИД- регуляторов в линейной или нелинейной одноконтурной АСР на возмущения по каналам задания или регулирования на минимум одного из выбранных интегралов (Лин, I кв или I мод) при ограничении, например, на заданную степень затухания <math>\square</math> и дополнительное техническое ограничение на максимальное отклонение регулируемой величины или скорость изменения регулирующего воздействия, Одновременная настройка ПИ- и ПИД- регуляторов в линейной или нелинейной одноконтурной АСР на совместные действия возмущений с разными знаками по каналам задания и регулирования на перечисленные в п. 7.1 показатели качества и ограничения. Одновременная настройка регуляторов во внешнем и внутреннем контурах на возмущения по выбранным каналам на минимум одного из интегралов во внешнем контуре при ограничении на запас устойчивости и скорость изменения регулирующего органа во внутреннем контуре. Введение в имитационную модель объекта регулирования и регулятора различного вида релейных или мультипликативных нелинейностей, исследование и оптимизация настроек для линейных или нелинейных регуляторов. Введение в число оптимизируемых настроечных параметров, имеющих в составе реальных регуляторов, нелинейных элементов регуляторов (например, минимальная длительность импульса для ШИМ <math>\square</math> тимп или скорость ИМ СИМ) и совместное с <math>k_p</math> и <math>k_u</math> определение их оптимальных значений. Расчет оптимальных значений настроечных параметров регуляторов для различных, установленных значений параметров нелинейностей в объекте регулирования и в регуляторе с дальнейшим построением графиков зависимостей показателей работы АСР от значения параметра исследуемой нелинейности. Создание имитационных моделей – математических инструментов для исследования качества работы перспективных алгоритмов и устройств оптимального и адаптивного управления статическими и динамическими</p>

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		объектами управления

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
Домашнее задание	Слушателям предлагается закрепить полученные знания по теме путем выполнения полученного задания самостоятельно с последующим разбором верного решения.

#### 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 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. Тарасик, В. П. Математическое моделирование технических систем : Учебник для технических специальностей вузов / В. П. Тарасик . – Мн. : Дизайн ПРО, 1997 . – 640 с. – (Ученый. Инженер. Студент. Учащийся) : 44.80 .

б) литература ЭБС и БД:

1. Андриюшин А.В. , Сабанин В.Р. , Смирнов Н.И. - "Управление и инноватика в теплоэнергетике", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2016 - (392 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72310](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72310).

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 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	Программа утверждена	11.01.2023

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-ecc93f0e
---------------	-----------------------------

(подпись)

С.В. Гужов

(расшифровка  
подписи)