



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>	Теория автоматического управления
<b>Форма обучения</b>	очная
<b>Выдаваемый документ</b>	удостоверение о повышении квалификации
<b>Новая квалификация</b>	не присваивается
<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 основ и общих принципов автоматизации теплоэнергетических объектов, принципов построения и реализации систем управления теплоэнергетическими объектами, методов математического описания, анализа и синтеза элементов и систем управления, в том числе, систем, находящихся под воздействием случайных возмущений, систем сложной структуры, систем с цифровыми контроллерами и нелинейных систем, а также изучение современных тенденций в области 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.

- 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..

**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): 5.

## 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	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- методы анализа нелинейных систем управления и систем управления с дискретными и цифровыми элементами;</li><li>- методы математического описания линейных систем управления;</li><li>- методы математического описания нелинейных систем управления и систем управления с дискретными и цифровыми элементами;</li><li>- методы синтеза систем управления сложной структуры и систем управления с дискретными и цифровыми элементами;</li><li>- основные нелинейные элементы систем управления, их характеристики и способы их моделирования;</li><li>- основные термины и определения, используемые в сфере автоматического управления;</li><li>- Основные тенденции и направления развития современной теории управления.</li></ul>
	<b>Уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- рассчитывать статические и динамические характеристики линейных объектов и систем управления, а также получать их экспериментальным путем;</li><li>- строить математические модели нелинейных объектов и систем управления, а также систем управления с цифровыми и дискретными элементами;</li><li>- выполнять анализ линейных систем автоматического управления, оценивать качество их работы, рассчитывать прямые и интегральные показатели качества;</li><li>- выполнять синтез АСР с типовыми линейными алгоритмами управления.</li></ul>
	<b>Владеть:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- способами повышения качества работы систем управления;</li><li>- методами идентификации объектов управления.</li></ul>

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
40.178 «Специалист в области проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами»	
ПК-1003/С/03.7/1 способен обеспечивать руководство работниками, выполняющими проектирование автоматизированной системы управления технологическими процессами	<p>Трудовые действия:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Контроль выполнения работниками, осуществляющими проектирование, производственных заданий;</li> <li>- Создание работникам, осуществляющим проектирование автоматизированной системы управления технологическим процессом, необходимых условий для успешной работы;</li> <li>- Внедрение и соблюдение функционирования системы менеджмента качества и автоматизированной системы управления организацией;</li> <li>- Разработка мероприятий, обеспечивающих выполнение разработки проекта автоматизированной системы управления технологическим процессом в заданные сроки и с высоким качеством;</li> <li>- Контроль соблюдения требований охраны труда и пожарной безопасности.</li> </ul> <p>Умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Создавать в коллективе, занимающемся проектированием автоматизированной системы управления технологическим процессом, атмосферу, способствующую успешной работе;</li> <li>- Применять процедуры и методики системы менеджмента качества, правила автоматизированной системы управления организацией для обеспечения работникам, осуществляющим проектирование автоматизированной системы управления технологическим процессом, необходимый уровень организации труда;</li> <li>- Применять процедуры и методики системы менеджмента качества, правила автоматизированной системы управления организацией для контроля качества и своевременности выполнения производственных заданий работниками, осуществляющими проектирование автоматизированной системы управления технологическими процессами;</li> <li>- Применять процедуры и методики системы менеджмента качества, правила автоматизированной системы управления организацией для контроля соблюдения требований охраны труда и пожарной безопасности;</li> <li>- Обеспечивать соблюдение требований системы менеджмента качества и функционирования автоматизированной системы управления организацией;</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 проекта на автоматизированные системы управления технологическими процессами;</li> <li>- Требования нормативных документов к устройству автоматизированной системы управления технологическими процессами;</li> <li>- Правила разработки проекта на автоматизированные системы управления технологическими процессами и выполнения расчетов;</li> <li>- Требования нормативных актов по соблюдению требований охраны труда и пожарной безопасности;</li> <li>- Методики и процедуры системы менеджмента качества;</li> <li>- Правила автоматизированной системы управления организацией;</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:

- 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	м	Контактная работа, ак. ч	○	○	Форма аттестации
---	--------------	---	--------------------------	---	---	------------------

	дисциплин (модулей)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14
1	Синтез алгоритмов сложных структур систем автоматического управления	2 4	16	12		4		8			Нет	
1.1.	Синтез алгоритмов сложных структур систем автоматического управления	2 4	16	12		4		8				
2	Системы управления с цифровыми контроллерами	1 6	12	8		4		4			Нет	
2.1.	Системы управления с цифровыми контроллерами	1 6	12	8		4		4				
3	Некоторые нелинейные задачи автоматического управления	1 6	12	8		4		4			Нет	
3.1.	Некоторые нелинейные задачи автоматического управления	1 6	12	8		4		4				
4	Некоторые современные проблемы и направления развития теории автоматического управления	1 2	8	4		4		4			Нет	
4.1.	Некоторые современные проблемы и направления развития теории автоматического управления	1 2	8	4		4		4				
5	Итоговый экзамен	4. 0	0. 3				03	3.7				Итоговый экзамен

ИТОГО:	7 2 0	48 3	32	0	16	03	23. 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.	Некоторые современные проблемы и направления развития теории автоматического управления	
1.1.	Некоторые современные проблемы и направления развития теории автоматического управления	Современная теория управления, общие положения. Адаптация и автоматическая настройка. Некоторые новые технологии в области теории автоматического управления, элементы искусственного интеллекта. Адаптация в системах управления. Применение методов адаптации при синтезе систем управления и в процессе их эксплуатации. Получение моделей объектов управления. Активная и пассивная идентификация объектов управления. Адаптация по переходной характеристике системы. Настраиваемая модель. Адаптация по частотным характеристикам системы. Нечеткие системы регулирования. Нечеткие регуляторы. Нечеткие множества и нечеткая логика. Нечеткие регуляторы. База правил. АСР с нечетким регулятором, структура и основные принципы работы. Системы управления на базе искусственных нейронных сетей. Естественные и искусственные нейронные сети. Модель искусственного нейрона. Синаптические веса, передаточная функция нейрона. Нейронные сети. Топологии и виды нейронных сетей. Обучение нейронных сетей. Нейроконтроллеры.
2.	Некоторые нелинейные задачи автоматического управления	
2.1.	Некоторые нелинейные задачи автоматического управления	Нелинейные системы, определение, общее описание. Особенности нелинейных систем. Причины возникновения нелинейных свойств. Задача анализа и синтеза нелинейных систем. Устойчивость нелинейных систем, определение, общие положения. Устойчивость состояния равновесия и устойчивость движения по А.М. Ляпунову. Критерии устойчивости нелинейных систем. Автоколебания, общие положения. АСР с позиционными алгоритмами регулирования. Метод гармонического баланса Гольдфарба. Методы исследования нелинейных



№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		систем. Точные методы исследования нелинейных систем (метод фазовой плоскости). Приближенные методы исследования нелинейных систем (методы статистической и гармонической линеаризации).
3.	Системы управления с цифровыми контроллерами	
3.1.	Системы управления с цифровыми контроллерами	<p>Аналоговые и дискретные динамические системы. Импульсные и цифровые динамические системы. Цифровые контроллеры и преобразование их математического описания к расчетному виду. Структура цифрового контроллера. ЦВУ, ЦАП и АЦП и их модели. Разностные уравнения дискретных систем. Разностные уравнения типовых алгоритмов регулирования. Решетчатая функция. Модулирующая функция. Последовательность модулированных дельта-импульсов. Преобразование АСР с цифровым контроллером к расчетному виду. Дискретный объект. Способы описания дельта-импульсных последовательностей. Дискретное преобразование Лапласа и z-преобразование. Модифицированное z-преобразование. Спектры модулированных дельта-импульсных последовательностей. Передаточные функции и динамические характеристики дискретных систем. Получение передаточной функции дискретной системы. Частотные характеристики дискретных систем. Дискретные системы с непрерывной частью. Получение передаточной функции дискретного объекта с непрерывной частью. Устойчивость систем с цифровыми регуляторами. Необходимое и достаточное условие устойчивости для данного случая. Критерии Рауса-Гурвица, Михайлова и Найквиста для систем с цифровыми регуляторами. Запас устойчивости систем с цифровыми регуляторами. Показатели точности систем управления с цифровыми регуляторами. Прямые показатели точности систем управления с цифровыми регуляторами. Интегральные показатели точности систем управления с цифровыми регуляторами. Расчет оптимальных параметров настройки цифровых регуляторов. Расчет оптимальных параметров настройки цифровых регуляторов при произвольном интервале квантования. Теорема Котельникова-Шеннона. Расчет оптимальных параметров настройки цифровых регуляторов, если выполняется теорема Котельникова-Шеннона.</p>

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
4.	Синтез алгоритмов сложных структур систем автоматического управления	
4.1.	Синтез алгоритмов сложных структур систем автоматического управления	Повышение качества переходных процессов за счет усложнения алгоритма регулирования. Повышение качества переходных процессов за счет усложнения информационной структуры системы управления. Системы регулирования с исчезающим в статике сигналом из промежуточной точки (АСР с регулятором и дифференциатором). Структура и общие сведения. Исчезающий в статике сигнал. Введение дифференциатора. Расчет параметров настройки АСР с регулятором и дифференциатором. Частотная развязка. Каскадные системы регулирования, структура и общие сведения. Алгоритмы регулирования, применяемые в каскадных АСР. Расчет параметров настройки каскадных АСР. Обеспечение частотной развязки. Комбинированные системы регулирования. Структура и общие сведения. Условие абсолютной инвариантности. Идеальный и реальный компенсаторы. Многомерные объекты. Многомерные звенья. Математическое описание многомерных объектов и систем, матричные передаточные функции. Системы несвязанного регулирования. Расчет параметров настройки АСР несвязанного регулирования. Системы связанного регулирования. Условия автономности и их реализация.

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	Форма обучения, при которой предполагается обсуждение тем дисциплины и разбор кейсов-ситуаций применительно к реальным рабочим ситуациям.

## **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. Андрюшин, А. В. Управление и инноватика в теплоэнергетике : учебное пособие для вузов по направлению "Теплоэнергетика" / А. В. Андрюшин, В. Р. Сабанин, Н. И. Смирнов . – М. : Издательский дом МЭИ, 2011 . – 392 с. - ISBN 978-5-383-00539-2 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4186](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4186);

2. Мерзликина, Е. И. Расчет одноконтурных систем управления : задачник по курсу "Теория автоматического управления" по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / Е. И. Мерзликина, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2020 . – 48 с. - ISBN 978-5-7046-2260-4 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=11247](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=11247);

3. Мерзликина, Е. И. Теория автоматического управления : задачник по курсу "Теория автоматического управления" по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / Е. И. Мерзликина, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 52 с. - ISBN 978-5-7046-2120-1 .  
[http://elibr.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10822](http://elibr.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10822).

б) литература ЭБС и БД:

1. Ротач В.Я.- "Теория автоматического управления", Издательство: "МЭИ", Москва, 2020  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014172.html>.

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	25.01.2023

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)