



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>	Основы теории 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

	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 ЦПП  
АСУ ТП ЭП

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

С.В. Гужов

Москва

Руководитель  
образовательной  
программы

---



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

---

С.В. Гужов

## **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ**

**Цель:** повышение квалификации слушателей путем формирования у них профессиональных компетенций, необходимых для понимания основ автоматизации теплоэнергетических объектов, методов математического описания, анализа и синтеза элементов и систем управления, в том числе, систем, находящихся под воздействием случайных возмущений..

### **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	Знать: <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные свойства тепловых объектов как объектов управления;</li> <li>- состав, структуру и задачи автоматических и автоматизированных систем управления;</li> <li>- типовые линейные алгоритмы управления;</li> <li>- типовые нелинейные алгоритмы управления;</li> <li>- методы синтеза линейных систем управления;</li> <li>- методы анализа линейных систем управления.</li> </ul>
	Уметь: <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнять синтез систем регулирования с цифровыми и дискретными;</li> <li>- выполнять синтез АСР сложной структуры (с исчезающим в статике сигналом из промежуточной точки, каскадных, комбинированных, многосвязных);</li> <li>- уметь применять основные термины и определения, используемые в сфере автоматического управления;</li> <li>- выполнять анализ нелинейных систем и систем управления с цифровыми и дискретными элементами.</li> </ul>
	Владеть: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Методами построения математических моделей линейных объектов и систем управления;</li> <li>- Навыками расчета характеристик нелинейных объектов и систем управления, а также систем управления с цифровыми и дискретными элементами.</li> </ul>

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

Уровень квалификации 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/03.7/1 способен обеспечивать руководство работниками, выполняющими проектирование автоматизированной системы управления технологическими процессами</p>	<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	
		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	Введение. Основные понятия управления, термины и определения	4	4	4							Нет		
1.1.	Введение. Основные понятия управления, термины и определения	4	4	4									
2	Дифференциальные уравнения и динамические характеристики линейных систем	8	4	2		2		4			Нет		
2.1.	Дифференциальные уравнения и динамические характеристики линейных систем	8	4	2		2		4					
3	Структурные схемы систем управления. Элементарные звенья и их соединения	1 6	12	8		4		4			Нет		
3.1.	Структурные схемы систем управления. Элементарные звенья и их соединения	1 6	12	8		4		4					
4	Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления	1 2	8	6		2		4			Нет		
4.1.	Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления	1 2	8	6		2		4					
5	Расчет систем автоматического	1 6	12	8		4		4			Нет		

	управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных										
5.1.	Расчет систем автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных	1 6	12	8		4		4			
6	Расчет систем автоматического управления из условия минимизации среднеквадратического отклонения управляемых переменных	1 2	8	4		4		4		Нет	
6.1.	Расчет систем автоматического управления из условия минимизации среднеквадратического отклонения управляемых переменных	1 2	8	4		4		4			
7	Итоговый экзамен	4. 0	0. 3				03	3.7			Итоговый экзамен
	<b>ИТОГО:</b>	<b>7 2 0</b>	<b>48 3</b>	<b>32</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>03</b>	<b>23. 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 управления, термины и определения	
1.1.	Введение. Основные понятия управления, термины и определения	Основные понятия управления. Объекты управления, их классификация. Биологические, социальные, экономические и технические системы, как объекты управления. Особенности технических систем управления. Понятие декомпозиции системы и задач

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		управления. Декомпозиция контроллера на регулятор и командный блок, понятия регулирования и управления. Автоматические и автоматизированные системы управления. Понятия автоматический и автоматизированный.
2.	Дифференциальные уравнения и динамические характеристики линейных систем	
2.1.	Дифференциальные уравнения и динамические характеристики линейных систем	Динамические системы и их виды. Линейные и нелинейные системы. Понятие модели системы. Линеаризация. Математические модели физических систем. Дифференциальные уравнения линейных динамических систем. Преобразование Лапласа. Решение дифференциальных уравнений линейных динамических систем с помощью преобразования Лапласа. Передаточная функция. Принцип суперпозиции. Временные динамические характеристики линейных динамических систем, их взаимосвязь. Виды тестовых сигналов. Преобразование Фурье. Частотные динамические характеристики линейных динамических систем. Дискретные модели непрерывных систем. Разностные уравнения.
3.	Структурные схемы систем управления. Элементарные звенья и их соединения	
3.1.	Структурные схемы систем управления. Элементарные звенья и их соединения	Структурные схемы систем управления. Виды структурных схем. Звенья. Принципы выделения звеньев. Определение элементарного звена, виды элементарных звеньев. Пропорциональное (статическое, безынерционное звено). Интегрирующее звено. Инерционное звено первого порядка (апериодическое звено). Идеальное и реальное дифференцирующее звенья. Интегродифференцирующее звено. Звено запаздывания. Инерционное звено второго порядка. Колебательное звено. Последовательное соединение звеньев. Параллельное соединение звеньев. Встречно-параллельное соединение звеньев (обратная связь).
4.	Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления	
4.1.	Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления	Устойчивость линейных динамических систем, общие положения. Устойчивая, неустойчивая и нейтральная системы. Связь устойчивости и корней характеристического уравнения. Необходимое и достаточное условие устойчивости. Алгебраические и частотные критерии устойчивости. Критерии Рауса-Гурвица, Льенара-Шипара, Михайлова, Найквиста. Д-разбиение в плоскости варьируемых параметров. Диаграмма Вышнеградского. Понятие запаса

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		устойчивости. Численные показатели запаса устойчивости: степень затухания, корневой и частотный показатели колебательности. Запас устойчивости по фазе и модулю. Понятие грубости и робастности систем управления. Чувствительность систем управления. Функция чувствительности.
5.	Расчет систем автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных	
5.1.	Расчет систем автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных	Прямые показатели качества регулирования: динамическое и статическое отклонение, время регулирования, перерегулирование. Интегральные показатели качества. Линейный, квадратичный и модульный показатели качества. Принцип накопления возмущений Булгакова. Границы области устойчивости и области заданного запаса устойчивости в плоскости Ки-Кп (АСР с ПИ-регулятором). Расчет систем автоматического управления с П, И и ПИ-алгоритмами регулирования на минимум линейный интегральный показатель при ограничении на корневой показатель колебательности. Расчет систем автоматического управления с П, И и ПИ-алгоритмами регулирования на минимум линейный интегральный показатель при ограничении на частотный показатель колебательности. Общие положения. М-окружность. Расчет системы автоматического управления с ПИ-алгоритмом регулирования на минимум линейный интегральный показатель при ограничении на частотный показатель колебательности по вспомогательной функции. Расчет системы регулирования с ПИД-алгоритмом регулирования на минимум линейный интегральный показатель при ограничении на корневой показатель колебательности. Расчет системы регулирования с ПИД-алгоритмом регулирования на минимум линейный интегральный показатель при ограничении на частотный показатель колебательности. Расчет системы регулирования с реальным ПИД-алгоритмом регулирования на минимум линейный интегральный показатель.
6.	Расчет систем автоматического управления из условия минимизации среднеквадратического отклонения управляемых переменных	
6.1.	Расчет систем автоматического управления из условия	Случайные события, величины и процессы. Виды случайных процессов. Стационарные случайные процессы. Эргодические случайные процессы.

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
	минимизации среднеквадратического отклонения управляемых переменных	<p>Характеристики случайных процессов: математическое ожидание, дисперсия, СКО, автокорреляционная функция, взаимная корреляционная функция.</p> <p>Спектральные характеристики случайных процессов. Понятие спектральной плотности. Автоспектральная плотность и взаимная спектральная плотность.</p> <p>Преобразование случайных сигналов линейными динамическими системами. Расчет характеристик процесса на выходе системы по свойствам системы и характеристикам процесса на входе. Расчет оптимальны параметров настройки АСР по критерию минимума среднеквадратической ошибки управления. Связь полученных параметров настройки с параметрами, рассчитанными на минимум линейный интегральный показатель. Особенности оценки корреляционных функций входных воздействий для технологически работоспособных систем управления. Расчет оптимальный параметров регуляторов в системах высокой технологической работоспособности. Оптимальный и субоптимальный алгоритмы. Формальное обоснование применимости ПИД-регуляторов.</p>

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
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 *итогового экзамена*. 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. 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://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=11247>;

2. 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/elibr/view.php?id=10822>;

3. Ротач, В. Я. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами : Учебник для вузов по специальности "Автоматизация теплоэнергетических процессов" / В. Я. Ротач . – М. : Энергоатомиздат, 1985 . – 296 с..

б) литература ЭБС и БД:

1. Андрушин 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:

*Не предусмотрено*

### **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	25.01.2023

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