



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	Цифровая обработка сигналов в радиолокационных системах
Форма обучения	очная
Выдаваемый документ	удостоверение о повышении квалификации
Новая квалификация	не присваивается
Центр ДО	кафедра "Радиотехнических приборов и антенных систем"

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 РТПиАС

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Ипанов Р.Н.
	Идентификатор	R0ad64b21-IpanovRN-3515cb86

Р.Н. Ипанов

Руководитель образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Комаров А.А.
	Идентификатор	R8495daf1-KomarovAlA-eada3f0e

А.А.
Комаров

Москва

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

Цель: программа направлена на формирование профессиональных компетенций слушателей, в области разработки составных частей программно-аппаратного обеспечения ЦОС на примере типичной РЛС наземного базирования..

Программа составлена в соответствии:

- с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.04.01 Радиотехника, утвержденным приказом Минобрнауки от 19.09.2017 г. № 92506.10.2017 г. № 48443.

- с Профессиональным стандартом 06.048 «Инженер-радиоэлектронщик в области радиотехники и телекоммуникаций», утвержденным приказом Минтруда 31.08.2021 г. № 600н, зарегистрированным в Минюсте России 04.10.2021 г. № 65245, уровень квалификации 7.

Форма реализации: обучение в МЭИ.

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: .высшее техническое образование по специальностям "Радиотехника" или "Радиоэлектронные системы и комплексы" Работа по специальности не менее одного года

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-2: Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы	Знать: - Алгоритмы цифровой оптимальной фильтрации и обнаружения сигналов, измерения координат и параметров движения целей, а также алгоритмы вторичной обработки сигналов в РЛС.
	Уметь: - Применять математический пакет Matlab для демонстрации алгоритмов первичной и вторичной ЦОС в РЛС, а также инструменты SystemVerilog и ModelSim/QuestaSim для реализации алгоритмов ЦОС на ПЛИС.
	Владеть:

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
06.048 «Инженер-радиоэлектронщик в области радиотехники и телекоммуникаций»	
ПК-1486/F/01.6/1 способен осуществлять разработку инновационных схемотехнических решений составных частей радиоэлектронных средств	Трудовые действия: - Изучение режимов работы и условий эксплуатации радиоэлектронных средств и составных частей, подлежащих модернизации; - Экспертное оценивание технических предложений, технических заданий, связанных с проектированием модернизируемого радиоэлектронного средств; - Разработка технических требований к составной части радиоэлектронных средств; - Изучение режимов работы и условий эксплуатации радиоэлектронных средств и составных частей, подлежащих модернизации.

	Умения: - Осуществлять сбор и анализ научно-технической информации, обобщать отечественный и зарубежный опыт в области радиотехники, проводить анализ патентной литературы; - Выполнять технические расчеты с применением средств вычислительной техники; - Составлять аналитические обзоры и научно-технические отчеты по результатам выполненной работы, публиковать результаты исследований и разработок в виде презентаций, статей, докладов; - Проводить патентные исследования, оформлять изобретения; - Проводить научно-технические исследования в области радиоэлектронных средств. Знания: - Методы выполнения технических расчетов, в том числе с применением средств вычислительной техники; - Достижения науки и техники в стране и за рубежом в области разработки и производства оборудования радиоэлектронных средств; - Принципы функционирования и основы схемотехники радиоэлектронных средств; - Методы и средства разработки радиоэлектронных средств с использованием пакетов программ для автоматизированного проектирования; - Методика проведения патентных исследований.
ПК-1486/G/03.7/1 способен осуществлять математическое и компьютерное моделирование составных частей радиоэлектронных средств	Трудовые действия: - Компьютерное моделирование радиоэлектронных средств на схемотехническом и системотехническом уровнях; - Разработка математических и физических моделей радиоэлектронных средств; - Разработка специальных программных средств моделирования; - Отладка специальных программных средств моделирования. Умения: - Выполнять математическое моделирование процессов по типовым методикам, в том числе с использованием пакетов прикладных программ; - Осуществлять компьютерное моделирование радиоэлектронных средств; - Анализировать результаты научно-технических исследований.

	Знания: - Методическая и нормативная база в области разработки и проектирования радиоэлектронных средств; - Методы выполнения технических расчетов, в том числе с применением средств вычислительной техники; - Достижения науки и техники в стране и за рубежом в области разработки и производства оборудования радиоэлектронных средств; - Принципы функционирования и основы схемотехники радиоэлектронных средств; - Методы и средства разработки радиоэлектронных средств с использованием программ для автоматизированного проектирования; - Принципы подготовки и проведения экспериментальных исследований.
--	--

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

	дисциплин (модулей)		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	Цифровая обработка сигналов в радиолокационных системах	7 0	36	36				34			Зачет	
1.1.	Обобщенная структурная схема РЛС. Аналоговый и цифровой тракты приемника РЛС.	1 0	6	6				4		Коллоквиум		
1.2.	Демодуляция радиосигналов на промежуточной частоте. Цифровые фильтры демодуляторы с понижающим преобразованием в РЛС.	1 2	6	6				6		Контрольная работа		
1.3.	Аппаратные ограничения приемного тракта РЛС.	1 2	6	6				6		Контрольная работа		
1.4.	Временная согласованная фильтрация. Цифровой согласованный фильтр в РЛС.	1 2	6	6				6		Контрольная работа		
1.5.	Основы обнаружения радиолокационных целей. Пороговые обнаружители со стабилизацией уровня ложных тревог в РЛС.	1 2	6	6				6		Контрольная работа		
1.6.	Основы доплеровской обработки сигналов в РЛС.	1 2	6	6				6		Контрольная работа		

2	Итоговая аттестация	2	2				2					Итоговый зачет
	ИТОГО:	7 2	38	36	0	0	2	34	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.	Цифровая обработка сигналов в радиолокационных системах	
1.1.	Обобщенная структурная схема РЛС. Аналоговый и цифровой тракты приемника РЛС.	1. Общие сведения о приёмнике РЛС. Основные функции приёмника РЛС. Основные элементы приёмника РЛС. Типы приёмников РЛС. Динамический диапазон приёмника РЛС. 2. Ознакомление с возможностями Phased Array Toolbox в MATLAB. 3. Общие сведения об АЦП. Основные параметры АЦП и их влияние на параметры приемной и передающей систем. Расчет требований к АЦП в зависимости от тактико-технических характеристик радиосистемы. Характеристики современных АЦП 4. Что такое ПЛИС, зачем нужны, где применяются, преимущества перед другими типами вычислителей. Обзор инструментов для разработки и отладки дизайна ПЛИС семейства Intel/Altera.
1.2.	Демодуляция радиосигналов на промежуточной частоте. Цифровые фильтры демодуляторы с понижающим преобразованием в РЛС.	1. Некогерентная демодуляция. Когерентная демодуляция. Примеры реализации устройств цифрового фильтра демодулятора в MATLAB. 2. Введение в язык описания аппаратуры Verilog/SystemVerilog. Связь программного описания устройства и его физической реализации. Синтезируемые и несинтезируемые конструкции.
1.3.	Аппаратные ограничения приемного тракта РЛС.	1. Цифровая эквализация и линеаризация приемных каналов 2. Примеры реализации устройств эквализации и линеаризации в MATLAB. 3. Интерфейсы, передача данных, соединения модулей, их тактирование и сброс.
1.4.	Временная согласованная фильтрация. Цифровой согласованный фильтр в РЛС.	1. Цифровой согласованный фильтр (СФ). Основные характеристики согласованного фильтра в зависимости от зондирующего сигнала. Методы оптимизации характеристик СФ. Векторное представление согласованного фильтра. 2. Примеры реализации устройств цифрового согласованного фильтра в MATLAB. 3. Типы данных. Конечные автоматы и их применение. Клоковые домены. Метастабильность.

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
1.5.	Основы обнаружения радиолокационных целей. Пороговые обнаружители со стабилизацией уровня ложных тревог в РЛС.	1. Линейные и квадратичные обнаружители. Обнаружители с постоянным уровнем ложных тревог. Обнаружители с использованием плавающего окна и его характеристики. Обнаружитель с использованием порядковой статистики. Параметры обнаружителей в зависимости от характеристик шумов и целей. 2. Примеры реализации устройств обнаружителей с постоянным уровнем ложных тревог в MATLAB. 3. Использование инструмента Qsys/PlatformDesigner. Обзор библиотеки встроенных IP-ядер. Компоновка системы и подсистем.
1.6.	Основы доплеровской обработки сигналов в РЛС.	1. Межимпульсная (доплеровская) цифровая обработка сигналов. Доплеровский спектр. Использование преобразования Фурье в доплеровской обработке. Точность оценки доплеровского сдвига частоты. Совмещенная доплеровская обработка сигналов с СДЦ. 2. Примеры реализации устройств селекции движущихся целей в MATLAB. 3. Передача данных между разноскоростными интерфейсами. Механизмы подтверждения данных в потоковых и адресных интерфейсах. Создание собственных IP-ядер. Написание тестового окружения для отладки и верификации дизайна.

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
Программирование (код)	Реализация цифрового согласованного фильтра радиолокационного сигнала с заданными параметрами в математическом пакете Matlab
Программирование	Расчёт характеристик обнаружения радиолокационного сигнала с

(код)	заданными параметрами методом моделирования в математическом пакете Matlab
Программирование (код)	Реализация программы моделирования и обработки радиолокационного сигнала движущихся целей с заданными параметрами в математическом пакете Matlab
Программирование (код)	Реализация устройства квадратурной демодуляции радиолокационного сигнала с заданными параметрами в математическом пакете Matlab

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:

Не предусмотрено

б) литература ЭБС и БД:

1. А. М. Макаров, П. П. Клименко, В. Т. Корниенко, Ю. А. Гелож, А. В. Максимов- "Прикладные методы цифровой обработки сигналов в радиотехнических

системах", Издательство: "Южный федеральный университет", Ростов-на-Дону, Таганрог, 2021 - (130 с.)

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=683927;>

2. А. Оппенгейм, Р. Шафер- "Цифровая обработка сигналов", (3-е изд., испр.), Издательство: "Техносфера", Москва, 2012 - (1048 с.)

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233730;>

3. В. П. Дьяконов- "MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6. Обработка сигналов и проектирование фильтров", Издательство: "СОЛОН-ПРЕСС", Москва, 2009 - (577 с.)

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=117690;>

4. Ненашев В. А., Григорьев Е. К.- "Моделирование и обработка сигналов в MatLab: в 2 ч. Ч. 1" Ч. 1, Издательство: "ГУАП", Санкт-Петербург, 2022 - (181 с.)

<https://e.lanbook.com/book/341054;>

5. Попов Д. И.- "Проектирование радиолокационных систем", Издательство: "РГРТУ", Рязань, 2016 - (80 с.)

<https://e.lanbook.com/book/168230;>

6. Сидельников Г. М.- "Основы теории радиолокационных систем и комплексов", Издательство: "СибГУТИ", Новосибирск, 2019 - (112 с.)

[https://e.lanbook.com/book/257195.](https://e.lanbook.com/book/257195)

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	27.05.2024

Руководитель
образовательной
программы

	
Владелец	Комаров А.А.
Идентификатор	R8495daf1-KomarovAIA-eada3f0e

А.А.
Комаров