



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*

Наименование программы	Программно-определяемые радиосистемы связи
Форма обучения	очно-заочная
Выдаваемый документ	удостоверение о повышении квалификации
Новая квалификация	не присваивается
Центр ДО	Кафедра "Формирования и обработки радиосигналов"

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	Борченко И.Д.
	Идентификатор	R78f3a961-BorchenkoID-e2a246f5

И.Д.  
Борченко

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 ФОРС

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Остапенков П.С.
	Идентификатор	R6356f55c-OstapenkovPS-854af18

П.С.  
Остапенков

Руководитель образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Чеченя С.А.
	Идентификатор	Rd31a545a-ChecheniaSA-8714ed2

С.А. Чеченя

Москва



## **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ**

**Цель:** повышение квалификации слушателей путем изучения принципов работы программно-определяемых радиосистем (ПОР, SDR), применяемых в аппаратуре общего и специального назначения, их основных характеристик и способах их проектирования на примере ПОР GNU Radio..

**Программа составлена в соответствии:**

- с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.03.01 Радиотехника, утвержденным приказом Минобрнауки от 19.09.2017 г. № 931, зарегистрированным в Минюсте России 12.10.2017 г. № 48534.

**Форма реализации:** обучение в МЭИ.

**Форма обучения:** очно-заочная.

**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 8 часов в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы слушателя.

**Требования к уровню подготовки слушателя, необходимые для освоения программы:** слушатели, желающие освоить дополнительную профессиональную программу должны иметь среднее профессиональное или высшее профильное образование..

**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): 3.

## 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-4: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	Знать: - принципы функционирования программно-определяемых радиосистем HackRF, RTL-SDR и иных аппаратных средств..
	Уметь: - формировать радиосигналы и проводить экспериментальные исследования принятых сигналов с известными видами модуляции и манипуляции с использованием специализированной программы GNU Radio.
	Владеть:

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

Уровень квалификации \_\_\_\_\_.

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



### 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.	Программно-определяемые радиосистемы связи	
1.1.	Общие сведения о программно-определяемых радиосистемах	Общие сведения о радиосвязи и трансиверах. Понятие когнитивного и программно-определяемого радио (SDR). Структурная схема программно-определяемого трансивера (на примере микросхемы AD9361). Структурная схема цифровой системы передачи информации. Структурная схема супергетеродинного радиоприемника. Современные протоколы радиосвязи, сетевая модель стека протоколов для передачи информации (TCP/IP, OSI). Нормативная документация РФ по радиосвязи (нормы ГКРЧ, разрешенные частоты, уровень мощности). Функциональная схема и основные характеристики устройств: HackRF, RTL-SDR. Краткий обзор возможностей программы GNU Radio.
1.2.	Основы обработки радиосигналов	Фурье-анализ сигналов. Частотно-временная диаграмма. Математическое описание разложения в ряд Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Схема сканера радиочастотного диапазона. Цифровая обработка сигналов. Дискретизация и квантование сигналов. Теорема Котельникова. Алиасинг. Децимация и интерполяция.
1.3.	Основы цифровой связи	Параметры модулированных сигналов и модуляции. Битовая и символьная скорости передачи информации. Полоса частот. Энергия. Спектральная плотность мощности. Расстояние между символами. Битовая ошибка. Теорема Шеннона. Обнаружение сигналов. Критерий Неймана-Пирсона. Кривые обнаружения. Квадратурная обработка сигналов. Оценка параметров и различение сигналов. Виды модуляции и их помехоустойчивость. Амплитудная, частотная и фазовая модуляции. Прием и демодуляция аналоговых сигналов. Виды манипуляции и их помехоустойчивость. Амплитудная манипуляция (ООК). Частотная манипуляция (FSK, GFSK). Фазовая манипуляция (BPSK, QPSK, DQPSK, $\pi/4$ DQPSK). Глазковые диаграммы и сигнальные созвездия. Согласованная фильтрация и понятие межсимвольной интерференции (МСИ). Виды сигналов (сигнал без МСИ, с

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		ограниченной и малой МСИ). Фильтры: Найквиста, Гаусса. Фильтр типа «приподнятый» косинус. Фильтр типа квадратный корень «приподнятого» косинуса. Цифровые фильтры в GNU Radio.
1.4.	Временная и кадровая синхронизация, восстановление несущей	Временная ошибка и восстановление символа. Системы фазовой автоподстройки (ФАП, PLL) и частотной автоподстройки (ЧАП, FLL): назначение, схемы и использование при приеме. Принцип восстановления несущей. Петля Костаса.
1.5.	Множественный доступ и ортогональное частотное разделение	Множественный доступ с разделением по времени (TDMA), множественный доступ с разделением по частоте (FDMA), множественный доступ с кодовым разделением (CDMA). Мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM). Моделирование схемы с OFDM в GNU Radio, влияние параметров схемы на качество сигнала.
1.6.	Основы технологии расширенного спектра	Расширение спектра методом прямой последовательности. Расширение спектра методом линейной частотной модуляции. Псевдослучайная перестройка рабочей частоты. Хаотические и фрактальные широкополосные сигналы. Сверхширокополосная связь UWB.

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
Лабораторная работа	Знакомство со средой разработки GNU Radio. Основные блоки GNU Radio. Формирование тонового сигнала. Изучение блока FFT в GNU Radio. Сканер радиочастотного диапазона, «водопад». Моделирование алиасинга. Обнаружение и приём тонового сигнала. Моделирование FM-приемника. Моделирование амплитудной и фазовой манипуляции.

	<p>Сигнальное созвездие и глазковая диаграмма. Моделирование частотной манипуляции. Расчет битовой ошибки. Изучение явления МСИ и борьба с ним. Изучение работы временной синхронизации на основе блоков Symbol Sync и PLL в GNU Radio. Изучение процесса восстановления несущей с помощью блока Costas Loop в GNU Radio. Моделирование системы связи с OFDM / TETRA. Моделирование системы связи с ППРЧ / LoRa.</p>
--	--

## **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. Галкин В. А.- "Цифровая мобильная радиосвязь", (2-е изд., перераб. и доп.), Издательство: "Горячая линия-Телеком", Москва, 2017 - (592 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/111041>.

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	11.10.2024

Руководитель  
образовательной  
программы

	
Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
Владелец	Чеченя С.А.
Идентификатор	Rd31a545a-ChecheniaSA-8714ed2

С.А.  
Чеченя