Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 20.10.2026 13:37:58
Уникальный программный ключ:
488ddcd30399efca200d034e027f45455f6eb1b9

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»

СОГЛАСОВАНО
Генеральный директор ООО «ИНТСИС»
_____ А.В. Татарников
«__» _____ 2026 г.

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ А.Г. Балашов
«__» _____ 2026 г.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА - ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ «ОСНОВЫ УСТРОЙСТВ СВЧ И АНТЕНН»

Объем 72 час.

Москва 2026 г.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

1.1. Цель реализации программы

Цель программы – осуществление образовательной деятельности, направленной на получение новой компетенции ПК-1 Способен использовать знания о современном состоянии устройств СВЧ и антенной техники в профессиональной деятельности. Новая квалификация не приобретается.

1.2. Характеристика профессиональной деятельности и (или) квалификации

Программа разработана в соответствии с Профстандартом № 06.050 «Специалист в области антенно-фидерных устройств радиотехнических средств и комплексов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 06.10.2022 № 630н;

Область профессиональной деятельности: 06 Связь, информационные и коммуникационные технологии;

Наименование вида экономической деятельности: Деятельность в области информации и связи. Укрупненная группа специальностей и направлений подготовки: 11.00.00 Электроника, радиотехника и системы связи.

1.3. Требования к результатам обучения

Перечень получаемых в процессе обучения по ППК новых компетенций:

Код и формулировка профессиональной компетенции	Трудовая функция в соответствии с профессиональным стандартом (указать номер и наименование профессионального стандарта)	
	наименование	код
ПК-1 Способен использовать знания о современном состоянии устройств СВЧ и антенной техники в профессиональной деятельности	Разработка конструкторской документации на составные части и детали антенно-фидерных устройств, в том числе элементы крепления антенн	B/01.6

В результате освоения данной программы слушатель должен:

знать: виды пассивных устройств СВЧ, антенн и антенных решеток, основные свойства и методы их расчета;

уметь: определять облик устройства СВЧ на основании технического задания, оценивать параметры проектируемой системы;

иметь практический опыт: по расчету и проектированию антенных устройств СВЧ, по расчету радиолинии радиотехникой системы.

1.4. Требования к уровню подготовки поступающего на обучение, необходимому для освоения программы

К обучению по программе допускаются лица, имеющие среднее профессиональнее или высшее образование или получающие среднее профессиональное или высшее образование (при наличии соответствующей справки с указанием года окончания).

1.5. Трудоемкость обучения

Нормативная трудоемкость обучения по данной программе – 72 часа, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы слушателя.

1.6. Форма обучения

Форма обучения: очная.

По согласованию с заказчиком возможна реализация с применением дистанционных образовательных технологий.

1.7. Режим занятий

Занятия проводятся с частичным отрывом от работы. Продолжительность одного часа занятий 40 минут.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

2.1. Учебный план программы

№ п/п	Наименование учебных дисциплин (модулей)	Всего, час	В том числе			Форма аттестации
			аудиторных		самостоятельная работа	
			лекции	практические / лабораторные занятия		
1.	Общая теория электромагнитных волн	6	4	-	2	-
2.	Линии передачи СВЧ	6	4	-	2	-
3.	Устройства СВЧ	24	12	-	12	-
4.	Антенны	28	16	-	12	-
5.	Энергетический потенциал радиолинии	6	4	-	2	-
	Итоговая аттестация	2	-	-	-	Зачет, 2
	Всего	72	40	-	30	2

2.2. Календарный учебный график

Учебные недели/дни Наименование учебных дисциплин (модулей), практик	1	2	3	4	5
Общая теория электромагнитных волн	А				
Линии передачи СВЧ	А				
Устройства СВЧ		А			
Антенны			А		
Энергетический потенциал радиолинии				А	
Итоговая аттестация					ИА

Условные обозначения:

А – аудиторное занятие (лекция, практическое занятие, самостоятельная работа); ИА - итоговая аттестация

3. РАБОЧИЕ ПРОГРАММЫ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН (МОДУЛЕЙ), ПРАКТИК/ СТАЖИРОВОК

3.1. Рабочая программа дисциплины «Общая теория электромагнитных волн»

Тема 1 «Электродинамика и распространение радиоволн»		Кол-во часов	Образовательные технологии, в том числе ЭО и (или) ДОТ с указанием часов
Содержание лекционных занятий			
1.1	Электромагнитные волны. Электрическое поле. Магнитное поле. Зависимость между электрическим и магнитным полями. Переменное электромагнитное поле. Сферическая, Цилиндрическая и плоская волны. Напряженность электрического поля. Поляризация электромагнитных волн. Вектор Пойнтинга.	2	ДОТ 2 ч, по согласованию с заказчиком
1.2	Распространение электромагнитных волн. Модель свободного пространства. Эмпирические частотные зависимости потерь. Модели отражения, рефрации и дифракции.	2	ДОТ 2 ч, по согласованию с заказчиком

3.2. Рабочая программа дисциплины «Линии передачи СВЧ»

Тема 1 «Основные характеристики антенн и устройств СВЧ. Структуры, материалы, назначение»		Кол-во часов	Образовательные технологии, в том числе ЭО и (или) ДОТ с указанием часов
Содержание лекционных занятий			
1.1	Основные характеристики антенн и устройств СВЧ. Структуры, материалы, назначение. Двупроводная линия, волновод, коаксиальная линия, микрополосковые и копланарные линии передачи.	2	ДОТ 2 ч, по согласованию с заказчиком
1.2	Импеданс. Понятие согласования. Потери на рассогласование. Визуализация преобразования импедансов с помощью диаграммы Смита. Последовательный, параллельный, четвертьволновый шлейфы.	2	ДОТ 2 ч, по согласованию с заказчиком

3.3. Рабочая программа дисциплины «Устройства СВЧ»

Тема 1 «Многополюсники СВЧ»		Кол-во часов	Образовательные технологии, в том числе ЭО и (или) ДОТ с указанием часов
Содержание лекционных занятий			
1.1	Матрица рассечения, матрица полных проводимостей, матрица полных сопротивлений, ABCD-матрица. Пересчет представлений.	2	ДОТ 2 ч, по согласованию с заказчиком

Тема 2 «Элементы тракта СВЧ»		Кол-во часов	Образовательные технологии, в том числе ЭО и (или) ДОТ с указанием часов
Содержание лекционных занятий			
2.1	Нагрузки СВЧ. Тройники. Действительный и комплексный импеданс, смысл и физическая реализация. Многополюсники СВЧ.	2	ДОТ 2 ч, по согласованию с заказчиком
2.2	Направленные ответвители, двушлефный направленный ответвитель. Кольцевой направленный ответвитель. Направленный ответвитель на связанных линиях. Делители СВЧ. Многокаскадные реализации направленных ответвителей и делителей.	2	ДОТ 2 ч, по согласованию с заказчиком
2.3	Фильтры СВЧ. Метод проектирования на основании фильтра-прототипа. Типовые звенья. Реализация в микрополосковом виде и объемные фильтры СВЧ.	2	ДОТ 2 ч, по согласованию с заказчиком
2.4	Ферритовые устройства СВЧ. Вентили и циркуляторы. Применимость и ограничения.	2	ДОТ 2 ч, по согласованию с заказчиком
2.5	Управляющие устройства СВЧ. Дискретные управляющие устройства, построенные на СВЧ-ключах (дискретные аттенюаторы, дискретные фазовращатели, матрицы). Управляющие устройства с аналоговым управлением	2	ДОТ 2 ч, по согласованию с заказчиком

3.4. Рабочая программа дисциплины «Антенны»

Тема 1 «Введение в антенную технику»		Кол-во часов	Образовательные технологии, в том числе ЭО и (или) ДОТ с указанием часов
Содержание лекционных занятий			
1.1	Введение в антенны. Классификация антенн по характеристикам, назначению и применению. Характеристики диаграммы направленности. Коэффициент усиления, коэффициент направленного действия. Коэффициент эллиптичности.	2	ДОТ 2 ч, по согласованию с заказчиком
1.2	Излучение антенн. Симметричный вибратор. Влияние проводящей поверхности (метод зеркальных отражений).	2	ДОТ 2 ч, по согласованию с заказчиком
Тема 2 «Элементарные излучатели»		Кол-во часов	Образовательные технологии, в том числе ЭО и (или) ДОТ с указанием часов
Содержание лекционных занятий			
2.1	Печатные полосковые антенны. Открытый конец волновода. Рупорная антенна.	2	ДОТ 2 ч, по согласованию с заказчиком

2.2	Зеркальные и линзовые антенны	2	ДОТ 2 ч, по согласованию с заказчиком
2.3	Антенны бегущей волны	2	ДОТ 2 ч, по согласованию с заказчиком
2.4	Приемы построение широкополосных антенн	2	ДОТ 2 ч, по согласованию с заказчиком
Тема 3 «Антенные решетки»		Кол-во часов	Образовательные технологии, в том числе ЭО и (или) ДОТ с указанием часов
Содержание лекционных занятий			
3.1	Антенные решетки. Множитель решетки. АФАР и ЦАР.	2	ДОТ 2 ч, по согласованию с заказчиком
3.2	Амплитудно-фазовое распределение и диаграммообразование в антенных решетках. Сканирование в антенных решетках.	2	ДОТ 2 ч, по согласованию с заказчиком

3.5. Рабочая программа дисциплины «Энергетический потенциал радиолинии»

Тема 1 «Расчет канала радиосвязи»		Кол-во часов	Образовательные технологии, в том числе ЭО и (или) ДОТ с указанием часов
Содержание лекционных занятий			
1.1	Основное уравнение радиолокации и основное уравнение радиосвязи. Расчет энергетики радиолинии	2	ДОТ 2 ч, по согласованию с заказчиком
1.2	Энергетический потенциал передающей и приемной АФАР. Постановка задачи на проектирование антенной системы в рамках радиолинии.	2	ДОТ 2 ч, по согласованию с заказчиком

4. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

4.1. Материально-технические условия реализации программы

Наименование специализированных аудиторий кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование необходимого оборудования, программного обеспечения
Учебная аудитория	Лекции	Мультимедийное оборудование для показа презентаций. Меловая или маркерная доска.
Учебная аудитория	Самостоятельная работа слушателей	Персональный компьютер, Операционная система Windows 10 или Windows 11 Пакет программ Microsoft Office Acrobat reader

4.2. Учебно-методическое обеспечение программы

Список рекомендованной литературы:

1. Антенны : учебное пособие для вузов / Ю.Т. Зырянов, П.А. Федюнин, О.А. Белоусов [и др.]. — 7-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 412 с. — ISBN 978-5-507-51077-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/503607 (дата обращения: 16.02.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Проектирование радиопередающих устройств для систем подвижной радиосвязи / Ю. Т. Зырянов, П. А. Федюнин, О. А. Белоусов [и др.]. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 116 с. — ISBN 978-5-507-46629-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/314705 (дата обращения: 16.02.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Алёхин, В.М. Электродинамика и распространение радиоволн : учебник для вузов / В. М. Алёхин; под редакцией Т. А. Олейникова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2026. — 496 с. — ISBN 978-5-507-54791-3. — Текст : электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/510733 (дата обращения: 16.02.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Виноградов, А. Ю. Устройства СВЧ и малогабаритные антенны : учебное пособие / А. Ю. Виноградов, Р. В. Кабетов, А. М. Сомов ; под редакцией А. М. Сомова. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2016. — 444 с. — ISBN 978-5-9912-0255-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/111106 (дата обращения: 16.02.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Сомов, А. М. Антенно-фидерные устройства: учебное пособие / А. М. Сомов, В. В. Старостин, Р. В. Кабетов ; под редакцией А. М. Сомова. — Москва: Горячая линия-Телеком, 2017. — 404 с. — ISBN 978-5-9912-0152-0. — Текст : электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/111102 (дата обращения: 16.02.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Галкин, В. А. Цифровая мобильная радиосвязь: учебное пособие / В. А. Галкин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Горячая линия-Телеком, 2017. — 592 с. — ISBN 978-5-9912-0185-8. — Текст : электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/111041 (дата обращения: 16.02.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Оценка качества освоения ППК включает итоговую аттестацию обучающихся в виде итогового теста.

5.1. Фонды оценочных средств для итоговой аттестации

5.1.1. Теоретические вопросы

Комплект примерных заданий итогового теста

Вопрос 1 (Выберите один правильный ответ).
Что понимается под «окнами прозрачности» атмосферы Земли в контексте распространения радиоволн?
1. Периоды времени суток, когда атмосферные помехи минимальны.
2. Диапазоны частот, в которых поглощение радиоволн атмосферой минимально.
3. Способность ионосферы отражать волны обратно на Землю.
4. Области пространства, свободные от осадков.

Вопрос 2 (Выберите один правильный ответ).
Какой тип поляризации электромагнитной волны характеризуется тем, что вектор напряженности электрического поля вращается с постоянной угловой скоростью, а его конец описывает окружность?
1. Линейная поляризация.
2. Круговая поляризация.
3. Эллиптическая поляризация.
4. Горизонтальная поляризация.

Вопрос 3 (Выберите один правильный ответ).
Что является основной причиной применения согласования линии передачи с нагрузкой в СВЧ-тракте?
1. Увеличение электрической прочности линии.
2. Уменьшение массы и габаритов устройства.
3. Минимизация отражений от нагрузки и режим бегущей волны.
4. Защита генератора от перегрева.

Вопрос 4 (Выберите один правильный ответ).
Какой тип линии передачи СВЧ обладает наименьшими потерями и наибольшей добротностью, но при этом является наиболее узкополосным и технологически сложным?
1. Коаксиальная линия.
2. Полосковая линия.
3. Волновод.
4. Микрополосковая линия.

Вопрос 5 (Выберите один правильный ответ).
Какой матричный аппарат чаще всего используется для описания характеристик линейных СВЧ-устройств (многополюсников)?
1. Матрица жесткости.
2. Матрица передачи (ABCD).
3. Матрица рассеяния (S).
4. Матрица Якоби.

Вопрос 6 (Выберите один правильный ответ).
Какое свойство ферритов является ключевым для работы таких устройств, как вентили и циркуляторы СВЧ?
1. Высокая электропроводность.
2. Сегнетоэлектрические свойства.
3. Анизотропия магнитных свойств (эффект Фарадея или гиромагнитный резонанс) при воздействии постоянного магнитного поля.
4. Способность к индуцированному излучению.

Вопрос 7 (Выберите один правильный ответ).
Какое устройство СВЧ предназначено для деления мощности между несколькими каналами в заданном соотношении и обеспечения развязки между этими каналами?
1. Фазовращатель.
2. Вентиль.
3. Развязанный делитель.
4. Поляризатор.

Вопрос 8 (Выберите один правильный ответ).
Какая антенна относится к классу антенн бегущей волны?
1. Рупорная антенна.
2. Зеркальная антенна (параболическая).
3. Диэлектрическая стержневая антенна.
4. Линзовая антенна.

Вопрос 9 (Выберите один правильный ответ).
Что такое множитель направленности (множитель решетки) в теории антенных решеток?
1. Диаграмма направленности одного изолированного излучателя.
2. Функция, описывающая распределение тока по излучателю.
3. Функция, определяющая диаграмму направленности решетки при условии, что ее элементы являются ненаправленными (изотропными) излучателями.
4. Коэффициент полезного действия решетки.

Вопрос 10 (Выберите один правильный ответ).
Как расшифровывается аббревиатура АФАР?
1. Амплитудно-фазовая антенная решетка.
2. Активная фазированная антенная решетка.

3. Апертурная фазированная антенная решетка.
4. Адаптивная фазированная антенная решетка.

Вопрос 11 (Выберите один правильный ответ).
В чем заключается основная особенность цифровой антенной решетки (ЦАР)?
1. Использование цифровых индикаторов для отображения луча.
2. Наличие в каждом канале АЦП/ЦАП и формирование диаграммы направленности цифровыми методами.
3. Применение только цифровых фазовращателей.
4. Наличие встроенного процессора для борьбы с помехами.

Вопрос 12 (Выберите один правильный ответ).
Что такое энергетический потенциал радиолинии?
1. Максимальная мощность передатчика.
2. Чувствительность приемника.
3. Отношение мощности полезного сигнала к мощности шума на входе приемной антенны.
4. Обобщенная характеристика, определяющая способность линии обеспечить требуемое отношение сигнал/шум при заданной дальности.

Вопрос 13 (Выберите один правильный ответ).
Для чего в основном уравнении радиолокации используется эффективная площадь рассеяния (ЭПР) цели?
1. Для определения расстояния до цели.
2. Для количественной характеристики отражающих свойств цели.
3. Для расчета мощности передатчика локатора.
4. Для оценки затухания сигнала в атмосфере.

Вопрос 14 (Выберите один правильный ответ).
Какой параметр приемного устройства (в том числе приемной АФАР) непосредственно учитывается в формуле расчета энергетического потенциала и характеризует его шумовые свойства?
1. Коэффициент стоячей волны (КСВН).
2. Коэффициент полезного действия (КПД).
3. Коэффициент шума.
4. Коэффициент усиления.

Вопрос 15 (Выберите один правильный ответ).
Какой способ подавления побочных главных максимумов (дифракционных лепестков) в линейной антенной решетке является наиболее эффективным?
1. Увеличение количества излучателей.
2. Увеличение амплитуды тока на крайних излучателях.
3. Выбор расстояния между излучателями менее $\lambda/2$ (или равным $\lambda/2$ для определенных условий) и использование направленных излучателей.
4. Применение синфазного питания всех излучателей.

Вопрос 16 (Выберите несколько правильных ответов).
Какие из перечисленных явлений характерны для процесса распространения электромагнитных волн в атмосфере?
1. Рефракция (искривление траектории волны).
2. Дифракция (огибание препятствий).
3. Поглощение энергии молекулами газов (кислород, водяной пар).
4. Полная прозрачность для всего спектра радиочастот.

Вопрос 17 (Выберите несколько правильных ответов).
Какие функции могут выполнять устройства СВЧ на ферритах?
1. Обеспечение односторонней пропускной способности.
2. Разделение каналов.
3. Усиление слабых сигналов за счет энергии постоянного тока.
4. Изменение фазы сигнала при изменении внешнего магнитного поля.

Вопрос 18 (Выберите несколько правильных ответов).
Какие из перечисленных антенн относятся к классу слабонаправленных, с относительно широкой диаграммой направленности?
1. Симметричный вибратор.
2. Параболическая зеркальная антенна.
3. Открытый конец волновода.
4. Рупорная антенна большого размера (в длинах волн).

Вопрос 19 (Выберите несколько правильных ответов).
Каковы преимущества антенных решеток с электрическим управлением луча (ФАР) по сравнению с механически поворачиваемыми антеннами?
1. Высокое быстродействие, миллисекунды и быстрее.
2. Возможность одновременного сопровождения нескольких целей.
3. Простота конструкции и низкая стоимость.
4. Отсутствие инерционных механических узлов.

Вопрос 20 (Выберите несколько правильных ответов).
Что необходимо знать для расчета энергетического потенциала передающей АФАР?
1. Суммарная мощность передатчиков и количество модулей.
2. Коэффициент направленного действия антенны.
3. Коэффициент шума приемного тракта.
4. Длина волны или частоту сигнала.

5.1.3. Критерии оценивания

По результатам итоговой аттестации выставляется оценка «зачет» или «незачет». Оценка «зачет» выставляется, если слушатель ответил правильно на 50% и более вопросов итогового тестирования. Примерные вопросы итогового тестирования приведены в Разделе 5.1.1.

Разработчики программы:

Доцент Института МПСУ — Ю.М. Мелёшин

Старший преподаватель Института МПСУ — Д.В. Приходько

Согласовано:

Директор ИДСВО — И.В. Дарда

Заместитель директора Института МПСУ по ОД — Д.В. Калеев