

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
"РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
В.Ф. УТКИНА"

СОГЛАСОВАНО  
Зав. выпускающей кафедры

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УР

А.В. Корячко

**Широкодиапазонные ППМ ФАР**  
рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Радиотехнических устройств**  
Учебный план 11.05.01\_23\_00.plx  
11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы  
Квалификация **инженер**  
Форма обучения **очная**  
Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Семестр (<Курс>. <Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	16			
Неделя	16			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	16	16	16	16
Лабораторные	16	16	16	16
Иная контактная работа	0,25	0,25	0,25	0,25
Итого ауд.	32,25	32,25	32,25	32,25
Контактная работа	32,25	32,25	32,25	32,25
Сам. работа	103	103	103	103
Часы на контроль	8,75	8,75	8,75	8,75
Итого	144	144	144	144

г. Рязань

Программу составил(и):  
*к.т.н., доц., Васильев Е.В.*

Рабочая программа дисциплины  
**Широкодиапазонные ППМ ФАР**

разработана в соответствии с ФГОС ВО:  
ФГОС ВО - специалитет по специальности 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы (приказ Минобрнауки России от 09.02.2018 г. № 94)

составлена на основании учебного плана:  
11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы  
утвержденного учёным советом вуза от 28.04.2023 протокол № 11.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры  
**Радиотехнических устройств**

Протокол от 25.05.2023 г. № 10  
Срок действия программы: 2023-2024 уч.г.  
Зав. кафедрой Паршин Юрий Николаевич

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры  
**Радиотехнических устройств**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2024 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры  
**Радиотехнических устройств**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2025 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры  
**Радиотехнических устройств**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2026 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры

**Радиотехнических устройств**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2027 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1.1	Целью освоения дисциплины является изучение студентами с цифровых технологий, применяемых в современных приемопередающих модулях ФАР.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В.ДВ.02
2.1	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Основы компьютерного моделирования и проектирования РЭС
2.1.2	Цифровая обработка сигналов
2.1.3	Радиоавтоматика
2.1.4	Электропреобразовательные устройства
2.1.5	Электроника
2.2	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Научно-исследовательская работа
2.2.2	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
2.2.3	Научно-исследовательская работа
2.2.4	Преддипломная практика

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
<b>ПК-3: Способен проводить моделирование функциональных узлов радиоэлектронных систем и комплексов</b>	
<b>ПК-3.1. Выполняет расчет и моделирование электрических режимов компонентной базы радиоэлектронных систем и комплексов</b>	
<b>Знать</b> основные принципы и особенности построения и расчета схем цифровых приемопередающих устройств	
<b>Уметь</b> осуществлять расчет и моделирование работы цифровых приемопередающих устройств	
<b>Владеть</b> навыками работы в специализированных пакетах прикладных программ, предназначенных для расчета и моделирования цифровых приемопередающих устройств	

**В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен**

3.1	<b>Знать:</b>
3.1.1	Принципы построения структурных и принципиальных схем цифровых приемопередающих устройств РЭБ
3.2	<b>Уметь:</b>
3.2.1	Производить расчет структурных и принципиальных схем цифровых приемопередающих устройств РЭБ
3.3	<b>Владеть:</b>
3.3.1	осуществлять моделирование узлов и блоков структурных и принципиальных схем цифровых приемопередающих устройств РЭБ

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)						
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Форма контроля
	<b>Раздел 1. Цифровые приемопередающие устройства</b>					
1.1	Общие сведения о ЦППМ ФАР. Архитектура ЦРПУ модулей ФАР. Модели сигналов в ЦРПУ /Тема/	7	0			
1.2	Общие сведения о ЦППМ ФАР. Архитектура ЦРПУ модулей ФАР. Модели сигналов в ЦРПУ /Лек/	7	2	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4	
1.3	Общие сведения о ЦППМ ФАР. Архитектура ЦРПУ модулей ФАР. Модели сигналов в ЦРПУ /Ср/	7	8	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.10	
1.4	Квантование сигналов в ЦРПУ. Коэффициент шума. Расчет шумовых параметров ЦРПУ. Дискретизация в ЦРПУ. Выбор частоты дискретизации /Тема/	7	0			

1.5	Квантование сигналов в ЦРПУ. Коэффициент шума. Расчет шумовых параметров ЦРПУ. Дискретизация в ЦРПУ. Выбор частоты дискретизации /Лек/	7	2	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.10 Л1.6	
1.6	Квантование сигналов в ЦРПУ. Коэффициент шума. Расчет шумовых параметров ЦРПУ. Дискретизация в ЦРПУ. Выбор частоты дискретизации /Ср/	7	8	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.10 Л1.8	
1.7	Устройства выборки-хранения. АЦП. Методы дискретизации радиосигналов. Формирование квадратур в ЦРПУ. Цифровое понижающее преобразование (DDC) и цифровая фильтрация радиосигналов. Синхронизация с помощью петли Костаса, петли управляемой решениями. /Тема/	7	0			
1.8	Устройства выборки-хранения. АЦП. Методы дискретизации радиосигналов. Формирование квадратур в ЦРПУ. Цифровое понижающее преобразование (DDC) и цифровая фильтрация радиосигналов. Синхронизация с помощью петли Костаса, петли управляемой решениями. /Лек/	7	2	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.6 Л1.10	
1.9	Устройства выборки-хранения. АЦП. Методы дискретизации радиосигналов. Формирование квадратур в ЦРПУ. Цифровое понижающее преобразование (DDC) и цифровая фильтрация радиосигналов. Синхронизация с помощью петли Костаса, петли управляемой решениями. /Ср/	7	18	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.10	
1.10	Нелинейные искажения в радиотракте. Точка IP3. Демодуляция АМ, ФМ, ЧМ радиосигналов. Демодуляция ОБП радиосигналов. Демодуляция дискретных сигналов в ЦРПУ. /Тема/	7	0			
1.11	Нелинейные искажения в радио-тракте. Точка IP3. Демодуляция АМ, ФМ, ЧМ радиосигналов. Демодуляция ОБП радиосигналов. Демодуляция дискретных сигналов в ЦРПУ. /Лек/	7	2	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.8 Л1.10	
1.12	Нелинейные искажения в радио-тракте. Точка IP3. Демодуляция АМ, ФМ, ЧМ радиосигналов. Демодуляция ОБП радиосигналов. Демодуляция дискретных сигналов в ЦРПУ. /Ср/	7	16	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.10	
1.13	Принципы проектирования цифровых приемопередатчиков модулей ФАР. Цифроаналоговые преобразователи в радиопередающих устройствах. /Тема/	7	0			
1.14	Принципы проектирования цифровых приемопередатчиков модулей ФАР. Цифроаналоговые преобразователи в радиопередающих устройствах /Лек/	7	2	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5	
1.15	Принципы проектирования цифровых приемопередатчиков модулей ФАР. Цифроаналоговые преобразователи в радиопередающих устройствах /Ср/	7	17	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4	
1.16	ЦАП в радиопередающих устройствах /Лаб/	7	4	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.2	
1.17	Цифровые синтезаторы частоты с косвенным синтезом (на основе петли ФАПЧ). Прямые цифровые синтезаторы частоты (DDS). /Тема/	7	0			
1.18	Цифровые синтезаторы частоты с косвенным синтезом (на основе петли ФАПЧ). Прямые цифровые синтезаторы частоты (DDS). /Лек/	7	2	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.3 Л1.5	

1.19	Цифровые синтезаторы частоты с косвенным синтезом (на основе петли ФАПЧ). Прямые цифровые синтезаторы частоты (DDS). /Ср/	7	17	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.4 Л1.3	
1.20	Цифровые синтезаторы радиочастот /Лаб/	7	12	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.2	
1.21	Интегральные цифровые преобразователи частоты и модуляторы. Повышающее преобразование частоты (DUC). /Тема/	7	0			
1.22	Интегральные цифровые преобразователи частоты и модуляторы. Повышающее преобразование частоты (DUC). /Лек/	7	2	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.4 Л1.6 Л1.7	
1.23	Интегральные цифровые преобразователи частоты и модуляторы. Повышающее преобразование частоты (DUC). /Ср/	7	10	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.7	
1.24	Элементы систем управления цифровых приемопередающих устройств модулей ФАР. Baseband контроллеры. Интерфейсы интегральных микросхем цифровых радиопередатчиков /Тема/	7	0			
1.25	Элементы систем управления цифровых приемопередающих устройств модулей ФАР. Baseband контроллеры. Интерфейсы интегральных микросхем цифровых радиопередатчиков. /Лек/	7	2	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.6 Л1.7	
1.26	Элементы систем управления цифровых приемопередающих устройств модулей ФАР. Baseband контроллеры. Интерфейсы интегральных микросхем цифровых радиопередатчиков. /Ср/	7	9	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В	Л1.1 Л1.5 Л1.6 Л1.7	
<b>Раздел 2. Контроль</b>						
2.1	Контроль /Тема/	7	0			
2.2	ИКР /ИКР/	7	0,25	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В		
2.3	Зачет /ЗаО/	7	8,75	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В		

### 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

ПК-3: Способен проводить моделирование функциональных узлов радиоэлектронных систем и комплексов.

Фонд оценочных средств находится в Приложении.

### 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

#### 6.1. Рекомендуемая литература

##### 6.1.1. Основная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л1.1	Васильев Е.В.	Схемотехника цифровых радиопередающих устройств : Учебное пособие	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2015,	, <a href="https://elib.rsre.ru/ebs/download/719">https://elib.rsre.ru/ebs/download/719</a>
Л1.2	Паршин Ю.Н.	Цифровые радиоприемные устройства : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2011,	, <a href="https://elib.rsre.ru/ebs/download/1561">https://elib.rsre.ru/ebs/download/1561</a>

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л1.3	Васильев Е.В.	Цифровое формирование радиосигналов : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2010,	, <a href="https://elib.rsreu.ru/ebs/download/2136">https://elib.rsreu.ru/ebs/download/2136</a>
Л1.4	Крестов П.А., Васильев Е.В.	Передатчик связной радиостанции. Ч.1 : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2012,	, <a href="https://elib.rsreu.ru/ebs/download/2295">https://elib.rsreu.ru/ebs/download/2295</a>
Л1.5	Под ред.Шахгильдяна В.В.	Проектирование радиопередатчиков : Учеб.пособие для вузов	М.:Радио и связь, 2000, 653с.	5-256-01378-5, 1
Л1.6	Шахгильдян В. В., Карякин В. Л., Шахгильдяна В. В.	Проектирование устройств генерирования и формирования сигналов в системах подвижной радиосвязи : учебное пособие для вузов	Москва: СОЛОН-Пресс, 2016, 400 с.	978-5-91359-088-6, <a href="http://www.iprbookshop.ru/90338.html">http://www.iprbookshop.ru/90338.html</a>
Л1.7	Дингес С. И.	Схемотехника РЧ блоков систем связи с подвижными объектами : учебное пособие	Москва: Московский технический университет связи и информатики, 2014, 36 с.	2227-8397, <a href="http://www.iprbookshop.ru/61552.html">http://www.iprbookshop.ru/61552.html</a>
Л1.8	Дингес С. И.	Радиопередающие устройства систем связи с подвижными объектами : учебное пособие	Москва: Московский технический университет связи и информатики, 2014, 44 с.	2227-8397, <a href="http://www.iprbookshop.ru/63357.html">http://www.iprbookshop.ru/63357.html</a>
Л1.9	Дингес, С. И.	Схемотехника РЧ блоков систем связи с подвижными объектами : учебное пособие	Москва: Московский технический университет связи и информатики, 2014, 36 с.	2227-8397, <a href="https://www.iprbookshop.ru/61552.html">https://www.iprbookshop.ru/61552.html</a>
Л1.10	Под ред.Воскресенского Д.И.,Канашенкова А.И.	Активные фазированные антенные решетки	М.:Радиотехника, 2004, 487с.	5-93108-045-7, 1

### 6.3 Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

#### 6.3.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

Наименование	Описание
Операционная система Windows	Коммерческая лицензия
Kaspersky Endpoint Security	Коммерческая лицензия
SumatraPDF	Свободное ПО
Micro-Cap 11	Бесплатная версия для обучения
Micro-Cap 8	Свободное ПО
Micro-Cap 12	Свободное ПО

#### 6.3.2 Перечень информационных справочных систем

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1	413 лабораторный корпус. помещение для самостоятельной работы обучающихся, лекционная аудитория Специализированная мебель (70 посадочных мест), магнитно-маркерная доска, экран. Мультимедийный проектор (NEC) ПК: Intel Core 2 duo /2Gb – 1 шт Возможность подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ
2	415 лабораторный корпус. Помещение для самостоятельной работы Специализированная мебель (56 посадочных мест), магнитно-маркерная доска, экран. Мультимедийный проектор (NEC) ПК: Intel Pentium /8Gb – 1 шт Возможность подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ
3	406 лабораторный корпус. учебная лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием, для проведения лабораторных работ и практических занятий Специализированная мебель (20 посадочных мест), 12 компьютеров с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ, Передачики оптические MOS211A (1 шт) и MO428 (1 шт); Приемник оптический – 2 шт; Делитель оптический – 2 шт; Видеокамера SS2000A – 1 шт; Анализатор E7402A – 1 шт; Блок BNC-2120 – 1 шт, Вольтметр универсальный В7-26 – 1 шт; Милливольтметр В3-39 – 1 шт; Генераторы Г4-218 – 1 шт, SFG-2107 – 1 шт, ГЗ-112 – 1 шт; Модуль базовый AMBPCI с драйвером AMBPCI-ADMDDC8WB – 1 шт; Измерители PCGU1000 – 1шт; PCSU1000 – 1шт; Осциллографы АКИП-4122/2V – 1 шт, С1-65 – 2 шт; Частотомер ЧЗ-33 – 1 шт; Антенная станция SAN-3000 – 4 шт; Точка доступа WBR-6000 – 2 шт; Антенна спутниковая – 1 шт; Конвертер Strong – 1 шт; Ресивер XSAT – 1 шт; Телевизор «Рубин» – 1 шт
4	410 лабораторный корпус. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования Шкафы, стеллажи для хранения учебного оборудования, контрольно-измерительная техника и инструменты для профилактического обслуживания учебного оборудования

#### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Перед выполнением лабораторной работы необходимо внимательно ознакомиться с заданием и теоретическим материалом. Желательно заранее выполнить подготовку шаблона отчета, чтобы на лабораторном занятии осталось время для сдачи работы.

Перед сдачей работы рекомендуется ознакомиться со списком вопросов изучаемой темы и попытаться самостоятельно на них ответить, используя конспект лекций и рекомендуемую литературу. Таким образом, вы сможете сэкономить свое время и время преподавателя.

В часы самостоятельной работы студенты выполняют задачи, которые им предложены по основным темам дисциплины, а также изучают основную и дополнительную литературу по дисциплине.

Самостоятельная работа включает в себя следующие этапы:

- изучение теоретического материала (работа над конспектом лекции);
- самостоятельное изучение дополнительных информационных ресурсов (доработка кон-спекта лекции);
- выполнение заданий текущего контроля успеваемости (подготовка к практическому за-нятию);
- итоговая аттестация по дисциплине (подготовка к зачету и экзамену).

Работа над конспектом лекции: лекции – основной источник информации по предмету, позволяющий не только изучить материал, но и получить представление о наличии других источников, сопоставить разные способы решения задач и практического применения получаемых знаний. Лекции предоставляют возможность «интерактивного» обучения, когда есть возможность задавать преподавателю вопросы и получать на них ответы. Поэтому рекомендуется в день, предшествующий очередной лекции, прочитать конспекты двух предшествующих лекций, обратив особое внимание на содержимое последней лекции.

Подготовка к практическому занятию: состоит в теоретической подготовке (изучение конспекта лекций и дополнительной литературы) и выполнении практических заданий (ре-шение задач, ответы на вопросы и т.д.). Во время самостоятельных занятий студенты выполняют задания, выданные им на предыдущем практическом занятии, готовятся к контрольным работам, выполняют задания типовых расчетов.

Доработка конспекта лекции с применением учебника, методической литературы, дополнительной литературы, интернет-



ресурсов: этот вид самостоятельной работы студентов особенно важен в том случае, когда одну и ту же задачу можно решать различными способами, а на лекции изложен только один из них. Кроме того, рабочая программа по математике предполагает рассмотрение некоторых относительно несложных тем только во время самостоятельных занятий, без чтения лектором.

Подготовка к зачету, экзамену: основной вид подготовки – «свертывание» большого объема информации в компактный вид, а также тренировка в ее «развертывании» (примеры к теории, выведение одних закономерностей из других и т.д.). Надо также правильно распределить силы, не только готовясь к самому экзамену, но и позаботившись о допуске к нему (это хорошее посещение занятий, выполнение в назначенный срок типовых расчетов, активность на практических занятиях).

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО  
ЗАВЕДУЮЩИМ  
КАФЕДРЫ

**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ**, Паршин Юрий  
Николаевич, Заведующий кафедрой РТУ

**26.09.23** 15:19 (MSK)

Простая подпись

ПОДПИСАНО  
ЗАВЕДУЮЩИМ  
ВЫПУСКАЮЩЕЙ  
КАФЕДРЫ

**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ**, Кошелев Виталий  
Иванович, Заведующий кафедрой РТС

**26.09.23** 17:21 (MSK)

Простая подпись

ПОДПИСАНО  
ПРОРЕКТОРОМ ПО УР

**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ**, Корячко Алексей  
Вячеславович, Проректор по учебной работе

**27.09.23** 10:50 (MSK)

Простая подпись