

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета  В.А. Небольсин

«31» августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)
«Системы подвижной радиосвязи»

Специальность 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы
Направленность Радиоэлектронные системы передачи информации
Квалификация выпускника Инженер
Нормативный период обучения 5,5 лет
Форма обучения Очная
Год начала подготовки 2019 г.

Автор программы



/Тихомиров Н.М./

Заведующий кафедрой
радиоэлектронных устройств
и систем



/Журавлёв Д.В./

Руководитель ОПОП



/Журавлёв Д.В./

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Цель изучения дисциплины: рассмотрение принципов работы и особенностей организации современных систем и сетей связи с подвижными объектами, изучение методов расчета основных параметров частотного плана и энергетических параметров аппаратуры, изучение методов проектирования различных систем и сетей связи и вещания на основе типовой аппаратуры.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Изучение принципов организации систем подвижной радиосвязи (СПР); изучение взаимодействия СПР с сетями общего пользования, внутренних и межсистемных протоколов обмена информацией; проектирование устройств и модулей цифровой обработки сигналов, кодирования и модуляции сигналов, применяемых в СПР.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Системы подвижной радиосвязи» относится к дисциплинам вариативной части блока Б.1 учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Системы подвижной радиосвязи» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-4 - способен к проведению диагностики, оценки качества и надежности в процессе эксплуатации радиоэлектронных систем и комплексов.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-4	знать особенности эксплуатации систем подвижной радиосвязи.
	уметь определять категории оценки качества (на надежность, безотказность, долговечность) работы систем подвижной радиосвязи.
	владеть навыками проектирования, ремонта и обслуживания систем подвижной радиосвязи.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Системы подвижной радиосвязи» составляет 5 зачетных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		8			
Аудиторные занятия (всего)	90	90			
В том числе:					
Лекции	36	36			
Практические занятия (ПЗ)	18	18			
Лабораторные работы (ЛР)	36	36			
Самостоятельная работа	54	54			
Курсовой проект					
Контрольная работа					
Вид промежуточной аттестации – экзамен	36	36			
Общая трудоемкость час зач. ед.	180	180			
	5	5			

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основы построения системы подвижной радиосвязи	Принципы организации радиосвязи. Классификация радиочастот. Принципы построения системы сотовой связи. Принципы установления связи в СПР. Структура сигнала GSM. Общие принципы построения радиорелейной связи. Особенности и различия поколений мобильной связи. Трафик и способы повышения емкости сотовых систем. Расчет количества каналов. Оценка числа пользователей на соту в системах GSM. Оценка числа пользователей на соту в системах CDMA. Виды и особенности систем множественного доступа: TDMA, FDMA, CDMA. Преимущества CDMA. Нелинейное кодирование. Импульсно-кодовая модуляция. Скорость передачи цифрового потока. Достоинства цифрового сигнала. Скремблирование цифрового сигнала. Технология и принцип работы CDMA. Операции сжатия и расширения. Принцип действия корреляционного приемника. Принцип работы Rake-приемника.	16	-	8	13	37
2	Структура и принцип действия системы GSM	Аутентификация в системе GSM. Идентификация абонентского оборудования. Хэндовер. Роуминг. Эквалайзинг. Скачки по частоте. Подвижная станция. Базовая станция. Особенности устройства мобильной станции сотовой связи. Преобразование речевого сигнала для передачи и его восстановление на приеме. Принцип формирования сигналов стандарта GSM. Бинарная фазовая модуляция. Квадратурная фазовая модуляция. Квадратурная фазовая модуляция со сдвигом. Манипуляция с минимальным частотным сдвигом. Гауссовская манипуляция с минимальным частотным сдвигом.	6	4	6	15	31
3	Помехоустойчивое кодирование и модели предсказания уровня сигнала	Модель Окамуры. Модель Окамуры-Хата. Способы повышения качества приема. Принципы кодирования. Основные характеристики корректирующих кодов. Корректирующие коды. Борьба с пакетными ошибками с помощью интерливинга. Виды линейные искажения. Расчет эквалайзера.	8	8	16	13	45
4	Сети беспроводного доступа	Характеристика OFDM. Элементы и устройства формирования сигналов в технологии OFDM. Преобразование сигнала в OFDM. Стандарт IEEE 802.11g. Сверточное кодирование. Топология беспроводных сетей Wi-Fi. Зона покрытия Wi-Fi. История развития Wi-Fi. История развития LTE. Принцип построения радиointерфейса по технологии LTE. Элементы и устройства LTE-сетей. Описание канальных ресурсов в частотно-временной области. Многоантенные системы.	6	6	6	13	31
Итого			36	18	36	54	144

5.2 Перечень лабораторных работ

№ п/п	Наименование лабораторной работы	Объем часов	Виды контроля
1	Лабораторная работа № 1. Исследование и расчет основных технических характеристик ССПО и способов их обеспечения	6	отчет
2	Лабораторная работа № 2. Исследование энергетических показателей ССПО при высокоподнятых антеннах	6	отчет
3	Лабораторная работа № 3. Исследование основных способов распространения радиоволн	6	отчет
4	Лабораторная работа № 4. Исследование системы сотовой связи стандарта GSM-900	6	отчет
5	Лабораторная работа № 5. Исследование влияния параметров земной поверхности на энергетические показатели ССПО	6	отчет
6	Лабораторная работа № 6. Исследование и расчет основных технических характеристик спутниковых систем связи и способов их обеспечения	6	отчет
Итого		36	

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Не предусмотрено учебным планом.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения,, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-4	знать особенности эксплуатации систем подвижной радиосвязи.	Активная работа на при выполнение лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь определять категории оценки качества (на надежность, безотказность, долговечность) работы систем подвижной радиосвязи.	Защиты выполненных лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками проектирования, ремонта и обслуживания систем подвижной радиосвязи.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 9 семестре для очной формы обучения:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
ПК-4	знать особенности эксплуатации систем подвижной радиосвязи.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь определять категории оценки качества (на надежность, безотказность, долговечность) работы систем подвижной радиосвязи.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	владеть навыками проектирования, ремонта и обслуживания систем подвижной радиосвязи.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

Вопрос 1

Что такое радиосвязь?

Варианты ответов

1. Это любой вид беспроводной электросвязи.
2. Это электросвязь, осуществляемая посредством радиоволн.
3. Это трансляция радиовещательных программ.
4. Это передача голосовых сообщений с помощью миниатюрных радиостанций.

Вопрос 2

Для передачи каких сообщений используется радиосвязь?

Варианты ответов

1. Только для передачи дискретных сообщений.
2. Только для передачи непрерывных сообщений.
3. Для передачи непрерывных и дискретных сообщений.
4. Для передачи сообщений определенного вида (телеграмм).

Вопрос 3

Процесс преобразования непрерывных первичных электрических сигналов в радиосигналы называется ...

Варианты ответов

1. Мультиплексирование.
2. Манипуляция.
3. Модуляция.
4. Кодирование.

Вопрос 4

Процесс преобразования дискретных первичных электрических сигналов в радиосигналы называется ...

Варианты ответов

1. Мультиплексирование.
2. Манипуляция.
3. Информатизация.
4. Кодирование.

Вопрос 5

Что такое линия радиосвязи (радиолиния)?

Варианты ответов

1. Совокупность технических устройств, формирующих радиосигналы.
2. Путь распространения радиоволн от передающей антенны к приемной антенне.
3. Электрическая цепь подключения абонентского радиоприемника к сети радиовещания.

4. Совокупность технических средств и среды распространения радиоволн, обеспечивающих передачу сообщений от источника к получателю с помощью радиосигналов.

Вопрос 6

Какое явление не присуще радиоволнам?

Варианты ответов

1. Явление дифракции.
2. Явление рефлексии.
3. Явление рефракции.
4. Явление интерференции.

Вопрос 7

К диапазону ультракоротких волн (УКВ) не относятся ...

Варианты ответов

1. Дециметровые волны (ДМВ).
2. Миллиметровые волны (ММВ).
3. Сантиметровые волны (СМВ).
4. Километровые волны (КМВ).

Вопрос 8

Какого вида помех в радиоканале не существует?

Варианты ответов

1. Атмосферные помехи.
2. Промышленные помехи.
3. Акустические помехи.
4. Космические помехи.

Вопрос 9

Каково соотношение понятий «радиолиния» и «радиоканал»?

Варианты ответов

1. Это идентичные понятия.
2. Радиолиния включает в себя радиоканал.
3. Радиоканал включает в себя радиолинию.
4. Эти понятия не соотносятся.

Вопрос 10

Какие устройства относятся к радиосредствам?

Варианты ответов

1. Радиоприемные и радиопередающие.
2. Только радиоприемные.
3. Только радиопередающие.
4. Радиовещательные приемники.

Ключ

1. 1
2. 3
3. 3
4. 2

- 5. 4
- 6. 2
- 7. 4.
- 8. 3
- 9. 3
- 10. 1

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Пропускная способность непрерывного канала с нормальным шумом.
2. Критерий максимального правдоподобия при приеме дискретных сигналов.
3. Сравнительная помехоустойчивость приема АМ, ЧМ, ФМ сигналов.
4. Разнесенный прием (методы организации параллельных каналов).
5. Влияние корреляции сигналов в параллельных каналах на вероятность ошибок разнесенного приема.
6. Методы борьбы с замираниями в системах связи с подвижными объектами.
7. Эквалайзинг как способ борьбы с замираниями.
8. Пакетирование и перемежение при цифровой обработке информации в системах связи с подвижными объектами.
9. Применение адаптивных методов в подвижных системах связи.
10. Преимущества систем связи с подвижными объектами, построенных по принципу цифровой обработки сигналов.
11. Ухудшение помехоустойчивости приема и энергетические потери при рассинхронизации в схеме оптимального приема.
12. Энергетические потери при оптимальном приеме в случае расфазирования принимаемого и опорного сигналов.
13. Разнесенный прием на подвижных объектах в декаметровых каналах связи.
14. Потенциальная помехоустойчивость разнесенного приема в каналах с замираниями по Накагами.
15. Структурная схема оптимального по критерию максимального правдоподобия приемника для системы разнесенного приема.
16. Структурная схема разнесенного приема на подвижном объекте в декаметровом диапазоне.
17. Структурная схема устройства разнесенного приема при использовании многолучевой антенны для разделения лучей по углу прихода радиоволн на линии связи с подвижным объектом в декаметровом диапазоне.

18. Пороговая схема оптимального по критерию максимального правдоподобия приемника (при нормальном стационарном шуме).
19. Методы борьбы с импульсными помехами в каналах подвижной связи.
20. Структурная схема системы ШОУ.
21. Помехоустойчивое кодирование сигналов в системах связи с подвижными объектами(общие положения, типы применяемых кодов).
22. Коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема.
23. Декодирование по Витерби.
24. Структурная схема приемной части подвижной радиостанции в системе стандарта GSM.
25. Структурная схема приемной части радиостанции системы NMT.
26. Структурная схема передающего тракта подвижной радиостанции системы NMT.
27. Структурная схема передающей части подвижной радиостанции системы GSM.
28. Структурная схема радиостанции стандарта IS-95 (подвижная станция).
29. Структурная схема базовой радиостанции стандарта IS-95.
30. Типы кодов, используемые для повышения помехоустойчивости приема информации в системе GSM.
31. Применение сложных сигналов в различных системах связи с подвижными объектами,
32. Шумоподобные сигналы и их применение в ССПО.
33. Псевдослучайные последовательности, генераторы ПСП.
34. Автокорреляционные и взаимокорреляционные функции различных типов ПСП, применяемых в системах подвижной связи.
35. Способы перемежения символов, диагональное, блочное, квазислучайный алгоритм перемежения.
36. Вероятность ошибочного приема кодовой комбинации при заданной величине вероятности ошибки на элемент.
37. Структурная схема порогового автовыбора антенн в системе пространственно-разнесенного приема.

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзаме проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 30 вопросов. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 30.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 16 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 16 до 20 баллов.

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 21 до 25 баллов.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 26 до 30 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Основы построения системы подвижной радиосвязи	ПК-4	Тест, экзамен, устный опрос
2	Структура и принцип действия системы GSM	ПК-4	Тест, экзамен, устный опрос
3	Помехоустойчивое кодирование и модели предсказания уровня сигнала	ПК-4	Тест, экзамен, устный опрос
4	Сети беспроводного доступа	ПК-4	Тест, экзамен, устный опрос

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Устройства приёма и обработки радиосигналов в системах подвижной радиосвязи [Электронный ресурс]: конспект лекций для специальности 210402 направления 210400/ — Электрон. текстовые данные.— М.: Московский технический университет связи и информатики, 2010.— 107 с.— URL: <http://www.iprbookshop.ru/63366.html>

2. Особенности частотного обеспечения, проектирования и строительства систем подвижной радиосвязи [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.А. Григорьев [и др.].— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Университет ИТМО, 2013.— 162 с.— URL: <http://www.iprbookshop.ru/67520.html>

3. Богомолов С.И. Введение в системы радиосвязи и радиодоступа [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Богомолов С.И.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Эль Контент, 2012.— 152 с.— URL: <http://www.iprbookshop.ru/13924.html>

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Microsoft Word, Microsoft Excel, Internet Explorer.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оснащенная плакатами и пособиями по профилю.

SDR-приемник и персональный компьютер в ауд. 313/4.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Системы подвижной радиосвязи» читаются лекции, проводятся лабораторные и практические работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Лабораторные и практические работы направлены на приобретение практических навыков расчета инженерных систем подвижной радиосвязи, подбора основного и вспомогательного оборудования. Занятия проводятся путем решения конкретных задач на лабораторном оборудовании.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию обо всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой отчетов и защите лабораторных работ. Освоение дисциплины оценивается на экзамене.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторные работы	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы.
Практические работы	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетных заданий, решение задач по алгоритму.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и выполненные лабораторные работы.