

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор

Хагуров Т.А.

подпись

« 29 »

2020 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.02 РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки / специальность

11.03.01 Радиотехника

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность (профиль) / специализация

Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов

(наименование направленности (профиля) специализации)

Форма обучения

очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Квалификация

бакалавр

(бакалавр, магистр, специалист)

Краснодар 2020

Рабочая программа дисциплины Б1.В.02 «Радиотехнические системы» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.03.01 «Радиотехника».

Программу составил:

А.И. Приходько, д-р техн. наук,
профессор кафедры оптоэлектроники



подпись

Рабочая программа дисциплины Б1.В.02 «Радиотехнические системы» утверждена на заседании кафедры оптоэлектроники ФТФ, протокол № 10 от 17 апреля 2020 г.

Заведующий кафедрой оптоэлектроники
д-р техн. наук, профессор Яковенко Н.А.



подпись

Рабочая программа дисциплины обсуждена на заседании кафедры радиофизики и нанотехнологий, протокол № 6 от 20 апреля 2020 г.
Заведующий кафедрой, д-р физ.-мат. наук Копытов Г.Ф.



подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета, протокол № 9 от 20 апреля 2020 г.

Председатель УМК ФТФ
д-р физ.-мат. наук, профессор Богатов Н.М.



подпись

Рецензенты:

Дергач В.А., начальник научно-технического центра по подвижным комплексам АО «КПЗ «Каскад»

Тумаев Е.Н., д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры теоретической физики и компьютерных технологий

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель дисциплины

Формирование у студентов современных теоретических знаний в области радиотехнических систем, а также приобретение студентами практических навыков применения методов теории радиотехнических систем для решения прикладных задач.

1.2 Задачи дисциплины

– вооружить студентов глубокими и конкретными знаниями в области радиотехнических систем с целью их дальнейшего использования в практической деятельности;

– раскрыть для студентов возможности и особенности использования теории радиотехнических систем при эксплуатации и проектировании радиотехнических средств передачи, приема и обработки информации;

– дать практические навыки применения радиотехнических методов для решения прикладных задач.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Радиотехнические системы» относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин «Математический анализ», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Радиотехнические цепи и сигналы» и является основой для изучения дисциплин «Высокочастотные передающие устройства», «Основы телевидения и видеотехники».

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся профессиональных компетенций: ПК-11, ПК-17, ПК-18

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ПК-11	Готовностью организовывать метрологическое обеспечение производства.	Основные понятия теории радиотехнических систем; принципы аналоговой и дискретной модуляции; основные понятия теории потенциальной помехоустойчивости.	Рассчитывать основные характеристики модулированных сигналов; синтезировать схемы когерентного и некогерентного приема дискретных сигналов; проводить оценку помехоустойчивости приема дискретных сигналов.	Методами теории радиотехнических систем при эксплуатации и проектировании радиотехнических средств передачи, приема и обработки информации.

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
2.	ПК-17	Способностью проводить поверку, наладку и регулировку оборудования и настройку программных средств, используемых для разработки, производства и настройки радиотехнических устройств и систем.	Основные понятия теории радиотехнических систем; принципы аналоговой и дискретной модуляции; основные понятия теории потенциальной помехоустойчивости.	Рассчитывать основные характеристики модулированных сигналов; синтезировать схемы когерентного и некогерентного приема дискретных сигналов; проводить оценку помехоустойчивости приема дискретных сигналов.	Методами теории радиотехнических систем при эксплуатации и проектировании радиотехнических средств передачи, приема и обработки информации.
3.	ПК-18	Способностью владеть правилами и методами монтажа, настройки и регулировки узлов радиотехнических устройств и систем.	Основные понятия теории радиотехнических систем; принципы аналоговой и дискретной модуляции; основные понятия теории потенциальной помехоустойчивости.	Рассчитывать основные характеристики модулированных сигналов; синтезировать схемы когерентного и некогерентного приема дискретных сигналов; проводить оценку помехоустойчивости приема дискретных сигналов.	Методами теории радиотехнических систем при эксплуатации и проектировании радиотехнических средств передачи, приема и обработки информации.

2 Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач. ед. (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице (для студентов ОФО).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры		
		8		
Аудиторные занятия (всего)	70	70		
В том числе:				
Занятия лекционного типа	20	20		
Занятия семинарского типа (семинары, практические)	30	30		

занятия)				
Лабораторные занятия	20	20		
Иная контактная работа:				
Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4		
Промежуточная аттестация (ИКР) в форме экзамена	0,2	0,2		
Самостоятельная работа (всего)	33,8	33,8		
В том числе:				
Курсовой проект	–	–		
Проработка учебного (теоретического) материала	10	10		
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)	13,8	13,8		
Реферат	–	–		
Подготовка к текущему контролю	10	10		
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	зачет	зачет		
Общая трудоемкость	час.	108	108	
	в том числе контактная работа	74,2	74,2	
	зач. ед	3	3	

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.
Разделы дисциплины, изучаемые в 8 семестре (*очная форма*)

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	
1.	Сигналы с аналоговой модуляцией	35	8	7	10	10
2.	Передача дискретных сигналов в непрерывных каналах связи	20,8	4	3	–	13,8
3.	Сигналы с дискретной модуляцией	38	8	10	10	10
	<i>Итого по дисциплине:</i>	93,8	20	30	20	33,8

2.3 Содержание разделов дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Сигналы аналоговой модуляцией	Основные понятия и определения теории радиотехнических систем. Обобщенная структурная схема радиотехнической системы передачи информации. Основные показатели эффективности радиотехнических систем.	Опрос, тестирование, практические задания

2.	Сигналы аналоговой модуляцией	с	Сигналы с амплитудной и балансной модуляцией.	Опрос, тестирование, практические задания
3.	Сигналы аналоговой модуляцией	с	Сигналы с однополосной модуляцией.	Опрос, тестирование, практические задания
4.	Сигналы аналоговой модуляцией	с	Сигналы с угловой модуляцией.	Опрос, тестирование, практические задания
5.	Передача дискретных сигналов непрерывных каналах связи	в	Математические модели непрерывных каналов связи. Критерии оптимального приема двоичных сигналов – критерий Байеса и его частные случаи.	Опрос, тестирование, практические задания
6.	Передача дискретных сигналов непрерывных каналах связи	в	Оптимальный прием двоичных сигналов в гауссовском канале с постоянными параметрами.	Опрос, тестирование, практические задания
7.	Передача дискретных сигналов непрерывных каналах связи	в	Оптимальный прием двоичных сигналов в гауссовском канале с неопределенной начальной фазой.	Опрос, тестирование, практические задания
8.	Сигналы дискретной модуляцией	с	Сигналы с амплитудной манипуляцией.	Опрос, тестирование, практические задания
9.	Сигналы дискретной модуляцией	с	Сигналы с фазовой манипуляцией.	Опрос, тестирование, практические задания
10.	Сигналы дискретной модуляцией	с	Сигналы с частотной манипуляцией.	Опрос, тестирование, практические задания
11.	Сигналы дискретной модуляцией	с	Сигналы с относительной фазовой манипуляцией.	Опрос, тестирование, практические задания

2.3.2 Занятия семинарского типа

№	Наименование раздела	Тематика практических занятий (семинаров)	Форма текущего контроля		
1	2	3	4		
1.	Сигналы аналоговой модуляцией	с	Расчет характеристик сигналов с амплитудной и балансной модуляцией.	с	Опрос, тестирование, практические

			задания
2.	Сигналы аналоговой модуляцией	с Расчет характеристик сигналов угловой модуляцией.	с Опрос, тестирование, практические задания
3.	Передача дискретных сигналов непрерывных каналах связи	в Расчет помехоустойчивости когерентного и некогерентного приема в двоичных сигналах.	с Опрос, тестирование, практические задания
4.	Сигналы дискретной модуляцией	с Расчет характеристик сигналов амплитудной манипуляцией.	с Опрос, тестирование, практические задания
5.	Сигналы дискретной модуляцией	с Расчет характеристик сигналов частотной манипуляцией.	с Опрос, тестирование, практические задания
6.	Сигналы дискретной модуляцией	с Расчет характеристик сигналов фазовой и относительной фазовой манипуляцией.	с Опрос, тестирование, практические задания

2.3.3 Лабораторные занятия

№	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Сигналы аналоговой модуляцией	с Исследование характеристик сигналов амплитудной и балансной модуляцией в системе MATLAB.	с Опрос, практические задания
2.	Сигналы аналоговой модуляцией	с Исследование характеристик сигналов однополосной модуляцией в системе MATLAB.	с Опрос, практические задания
3.	Сигналы аналоговой модуляцией	с Исследование характеристик сигналов угловой модуляцией в системе MATLAB.	с Опрос, практические задания
4.	Сигналы дискретной модуляцией	с Исследование характеристик сигналов амплитудной манипуляцией в системе MATLAB.	с Опрос, практические задания
5.	Сигналы дискретной модуляцией	с Исследование характеристик сигналов частотной манипуляцией в системе MATLAB.	с Опрос, тестирование, практические задания
6.	Сигналы дискретной модуляцией	с Исследование характеристик сигналов фазовой и относительной фазовой манипуляцией в системе MATLAB.	с Опрос, тестирование, практические задания

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы (проекты) – не предусмотрены.

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1.	СРС по теме «Сигналы аналоговой модуляцией»	1. Баскаков, С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: учебник для вузов / С.И. Баскаков. – М.: Издательство Ленанд, 2016. – 528 с. 2. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие для студ. вузов / А.Б. Сергиенко. – СПб.: Питер, 2007. – 750 с.
2.	СРС по теме «Передача дискретных сигналов непрерывных каналах связи»	1. Информационные технологии в радиотехнических системах: учебное пособие для студентов вузов / [В.А. Васин и др.]; под ред. И.Б. Федорова. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 765 с. 2. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие для студ. вузов / А.Б. Сергиенко. – СПб.: Питер, 2007. – 750 с.
3.	СРС по теме «Сигналы дискретной модуляцией»	1. Баскаков, С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: учебник для вузов / С.И. Баскаков. – М.: Издательство Ленанд, 2016. – 528 с. 2. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие для студ. вузов / А.Б. Сергиенко. – СПб.: Питер, 2007. – 750 с.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3 Образовательные технологии

Используемые интерактивные образовательные технологии

Вид занятия (Л, ПЗ)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
Л	Проблемная лекция	2
ПЗ	Разбор практических задач	2

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации

4.1.1 Пример контрольных вопросов

Тема 1. Амплитудная модуляция. Общие понятия о модуляции. Определение, аналитическое выражение и параметры сигнала с амплитудной модуляцией (АМ). Аналитическое выражение и спектр АМ сигнала при однотоновой модуляции. Автокорреляционная функция и энергетический спектр АМ сигнала, когда модулирующий сигнал является стационарным случайным процессом с нулевым средним значением и заданной АКФ. Эффективная ширина спектра АМ сигнала. Распределение средней мощности в спектре АМ сигнала. Особенности формирования и обработки АМ сигналов. Преимущества и недостатки амплитудной модуляции.

Сформулируйте определение модулированного сигнала.

Дайте определение, запишите аналитическое выражение и перечислите параметры сигнала с амплитудной модуляцией (АМ).

Запишите аналитическое выражение и изобразите спектр АМ сигнала при однотоновой модуляции.

Запишите выражения для автокорреляционной функции и энергетического спектра АМ сигнала, когда модулирующий сигнал является стационарным случайным процессом с нулевым средним значением и заданной АКФ.

Запишите выражение для эффективной ширины спектра АМ сигнала.

Раскройте распределение средней мощности в спектре АМ сигнала.

Перечислите особенности формирования и обработки АМ сигналов.

Сформулируйте преимущества и недостатки амплитудной модуляции.

Тема 2. Балансная и однополосная модуляция. Определение и аналитическое выражение для сигнала с балансной модуляцией (БМ). Автокорреляционная функция и энергетический спектр БМ сигнала, когда модулирующий сигнал является стационарным случайным процессом с нулевым средним значением и заданной АКФ. Эффективная ширина спектра БМ сигнала. Распределение средней мощности в спектре БМ сигнала. Особенности формирования и обработки БМ сигналов. Преимущества и недостатки балансной модуляции. Определение и две эквивалентные формы записи выражения для сигнала с однополосной модуляцией (ОМ). Автокорреляционная функция и энергетический спектр ОМ сигнала, когда модулирующий сигнал является стационарным случайным процессом с нулевым средним значением и заданной АКФ. Эффективная ширина спектра ОМ сигнала. Распределение средней мощности в спектре ОМ сигнала. Особенности формирования и обработки ОМ сигналов. Преимущества и недостатки однополосной модуляции.

Дайте определение и запишите аналитическое выражение для сигнала с балансной модуляцией (БМ).

Запишите выражение для энергетического спектра БМ сигнала, когда модулирующий сигнал является стационарным случайным процессом с нулевым средним значением и заданной АКФ.

Запишите выражение для эффективной ширины спектра БМ сигнала.

Раскройте распределение средней мощности в спектре БМ сигнала.

Перечислите особенности формирования и обработки БМ сигналов.

Сформулируйте преимущества и недостатки балансной модуляции.

Дайте определение и приведите две эквивалентные формы записи выражения для сигнала с однополосной модуляцией (ОМ).

Запишите выражение для энергетического спектра ОМ сигнала, когда модулирующий сигнал является стационарным случайным процессом с нулевым средним значением и заданной АКФ.

Запишите выражение для эффективной ширины спектра ОМ сигнала.

Раскройте распределение средней мощности в спектре ОМ сигнала.

Перечислите особенности формирования и обработки ОМ сигналов.

Сформулируйте преимущества и недостатки однополосной модуляции.

Тема 3. Угловая модуляция. *Определение и аналитические выражения для сигналов с угловой модуляцией. Определение, аналитические выражения и параметры сигналов с фазовой (ФМ) и частотной модуляцией (ЧМ). Девияция фазы, девияция частоты и индекс модуляции. Спектр сигналов с однотональной угловой модуляцией и формула для определения эффективной ширины спектра – правило Дж. Карсона. Теорема Вудворда для сигнала с ЧМ. Оценка эффективной ширины спектра при ЧМ в случае произвольного модулирующего сигнала. Особенности формирования и обработки ЧМ сигналов. Преимущества и недостатки частотной модуляции.*

Дайте определение и запишите аналитические выражения для сигналов с угловой модуляцией.

Дайте определение, запишите аналитические выражения и приведите параметры сигнала с фазовой модуляцией (ФМ).

Дайте определение, запишите аналитические выражения и приведите параметры сигнала с частотной модуляцией (ЧМ).

Дайте определения для девииции фазы, девииции частоты и индекса модуляции.

Запишите выражение для спектра сигналов с однотональной угловой модуляцией и приведите формулы для определения эффективной ширины спектра.

Раскройте порядок оценки эффективной ширины спектра при ЧМ в случае произвольного модулирующего сигнала.

Перечислите особенности формирования и обработки ЧМ сигналов.

Сформулируйте преимущества и недостатки частотной модуляции.

Тема 4. Двоичная амплитудная манипуляция. *Параметры манипулирующего сигнала. Автокорреляционная функция и энергетический спектр АМ сигнала. Распределение средней мощности в спектре АМ сигнала. Особенности формирования и обработки АМ сигналов. Преимущества и недостатки амплитудной манипуляции.*

Дайте определение и запишите аналитические выражения для сигналов с амплитудной манипуляцией (АМ).

Охарактеризуйте основные параметры манипулирующего сигнала.

Запишите выражения для автокорреляционной функции и энергетического спектра АМ сигнала.

Раскройте распределение средней мощности в спектре АМ сигнала.

Сформулируйте преимущества и недостатки амплитудной манипуляции.

Тема 5. Двоичная частотная манипуляция. *Частотно-манипулированные сигналы «со скачком фазы» (ЧМ). Аналитическое выражение и параметры ЧМ сигнала – девииция частоты, разнос частот и индекс частотной модуляции. Автокорреляционная функция и энергетический спектр ЧМ сигнала со случайной фазой. Автокорреляционная функция и энергетический спектр когерентного ЧМ сигнала (ЧМ сигнала Сунде).*

Распределение средней мощности в спектре ЧМ сигнала. Частотно-манипулированные сигналы с непрерывной фазой (ЧМНФ). Понятие о фазовой траектории. Автокорреляционная функция и энергетический спектр частотно-манипулированного сигнала с минимальным сдвигом (ММС). Особенности формирования и обработки ЧМ сигналов. Преимущества и недостатки частотной манипуляции.

Дайте определение и запишите аналитические выражения для сигналов с частотной манипуляцией (ЧМ).

Запишите аналитическое выражение для ЧМ сигнала «со скачком фазы».

Дайте определения девиации частоты, разноса частот и индекса частотной модуляции.

Раскройте распределение средней мощности в спектре ЧМ сигнала.

Запишите аналитическое выражение для частотно-манипулированного сигнала с непрерывной фазой (ЧМНФ).

Сформулируйте преимущества и недостатки частотной манипуляции.

4.1.2 Пример практических заданий

Тема 1. Амплитудная модуляция.

1.1. Несущее колебание с амплитудой $U_0 = 8$ В, частотой $f_0 = 1$ МГц и начальной фазой $\varphi_0 = \pi/3$ модулируется по амплитуде гармоническим сигналом с единичной амплитудой, частотой $F = 10$ кГц и начальной фазой $\psi = \pi/3$. Коэффициент модуляции составляет $m = 0,6$.

Требуется:

- записать выражения для АМ сигнала в «обычной» и «развернутой» форме;
- изобразить спектральную диаграмму АМ сигнала и найти ширину спектра;
- определить величину средней мощности АМ сигнала P_{AM} , представляя ее в виде суммы средних мощностей несущей и боковых частот.

1.2. Минимальное и максимальное значения амплитуды однотонового АМ сигнала соответственно составляют $U_{min} = 20$ В, $U_{max} = 130$ В.

Найти коэффициент модуляции m , амплитуду несущей U_0 и среднюю мощность АМ сигнала P_{AM} .

1.3. Источник АМ сигнала создает на резистивной нагрузке $R_n = 2$ кОм напряжение

$$u_{AM}(t) = 75(1 + 0,4 \cos 2\pi \cdot 10^3 t) \cos 2\pi \cdot 10^6 t, \text{ В.}$$

Вычислить значение средней мощности P_{AM} , а также максимальное P_{max} и минимальное значение P_{min} активной мощности за период несущего колебания.

1.4. Несущее колебание с амплитудой 10 В и частотой 100 кГц модулируется по амплитуде стационарным случайным сигналом $b(t)$ с нулевым средним значением и автокорреляционной функцией

$$R(\tau) = \sigma_b^2 \exp(-\nu|\tau|) \cos \Omega \tau,$$

где $\sigma_b^2 = P_b = 5$ Вт – средняя мощность сигнала $b(t)$; $\frac{\nu}{2\pi} = 1$ кГц; $\frac{\Omega}{2\pi} = 3$ кГц.

Записать выражение для средней автоковариационной функции АМ сигнала и найти его среднюю мощность, если коэффициент модуляции $m = 1$.

Тема 2. Балансная и однополосная модуляция.

1.5. Модулирующий сигнал имеет вид

$$b(t) = \cos(\Omega t + \psi).$$

Найти выражение для БМ сигнала и построить временную и спектральную диаграммы при $m = 1$.

1.6. Модулирующий сигнал имеет вид

$$b(t) = \cos(\Omega t + \psi).$$

Найти 1-ю форму записи для ОМ ВБП и НБП сигналов и построить временные и спектральные диаграммы при $m = 1$.

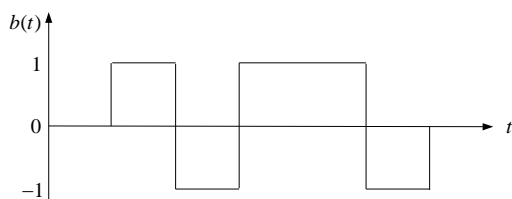
1.7. Модулирующий сигнал имеет вид

$$b(t) = \exp(-c|\tau|) \cos \Omega \tau,$$

где $c > 0$ – постоянный коэффициент.

Записать аналитические выражения и построить временные диаграммы для сигналов с АМ, БМ и ОМ-ВБП при $m = 1$.

1.8. Модулирующий сигнал имеет вид, показанный на рисунке.



Изобразить временную диаграмму БМ сигнала при $m = 1$.

Тема 3. Угловая модуляция.

1.9. Гармоническое несущее колебание с амплитудой $U_0 = 10$ В, частотой $f_0 = 10^8$ Гц модулируется по частоте гармоническим сигналом с единичной амплитудой, частотой $F = 1,5 \cdot 10^4$ Гц при значении девиации частоты $\Delta \omega_d = 1,2 \cdot \pi \cdot 10^5$ с⁻¹.

Требуется:

- записать выражение для мгновенной частоты ЧМ сигнала;
- найти индекс частотной модуляции β ;
- записать выражение для ЧМ сигнала;
- найти эффективную ширину спектра ЧМ сигнала.

1.10. Найти максимальное ω_{\max} и минимальное ω_{\min} значение мгновенной частоты $\omega(t)$ ЧМ сигнала

$$u_{\text{ЧМ}}(t) = U_0 \left(3 \cdot 10^9 t + 2 \sin 10^7 t + \frac{\pi}{6} \right).$$

1.11. Девияция частоты ЧМ сигнала равна $\Delta f_d = 10$ кГц. Найти индекс модуляции и эффективную ширину спектра ЧМ сигнала, если односторонняя ширина спектра модулирующего сигнала $F_m = 3,4$ кГц.

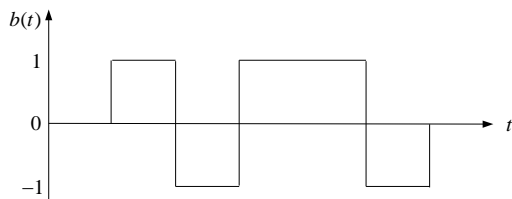
1.12. ЧМ сигнал с несущей частотой $f_0 = 180$ МГц промодулирован гармоническим сигналом с частотой $F = 7$ кГц так, что наибольшее значение мгновенной частоты составляет $f_{\max} = 182,1$ МГц. Найти индекс модуляции и эффективную ширину спектра ЧМ сигнала.

Однотональный ЧМ сигнал имеет частоту модуляции $F = 12$ кГц и индекс модуляции $\beta = 25$. Найти эффективную ширину спектра ЧМ сигнала.

1.13. Однотональный ЧМ сигнал имеет девияцию частоты $\Delta \omega_d = 6 \cdot 10^4$ с⁻¹. Найти наибольшее из возможных значений частот модуляции Ω_{\max} , при котором в спектре сигнала будет отсутствовать составляющая с несущей частотой.

1.14. Найти приближенное выражение для спектрального представления однотонального ЧМ сигнала при значении индекса модуляции $\beta \ll 1$, когда для функций Бесселя справедливы приближенные соотношения $J_0(\beta) \approx 1$, $J_1(\beta) \approx \frac{\beta}{2}$, $J_{k>2}(\beta) \approx 0$.

1.15. Модулирующий сигнал имеет вид, показанный на рисунке.



Изобразить временные диаграммы АМ, ФМ, ОФМ и ЧМ сигналов.

Тема 4. Помехоустойчивость приема дискретных сигналов.

1.16. Рассчитать вероятность ошибки когерентного приема АМ, ЧМ и ФМ сигналов, если средняя мощность передатчика $P_{\text{прд}} = 20$ Вт, коэффициент передачи канала (по амплитуде) $k = 10^{-1}$, скорость модуляции 1 кбод и спектральная плотность мощности АБГШ $N_0 = 10^{-4}$ Вт/Гц.

1.17. Отношение сигнал-шум на входе приемника $h_{\text{оБ}}^2 = 10$ дБ. Рассчитать вероятность ошибки когерентного приема АМ, ЧМ и ФМ сигналов. Как изменится вероятность ошибки, если скорость модуляции увеличится в два раза?

1.18. Во сколько раз необходимо увеличить среднюю мощность передатчика, чтобы при когерентном приеме АМ сигналов вероятность ошибки уменьшилась с 10^{-2} до 10^{-4} ?

1.19. Во сколько раз необходимо увеличить среднюю мощность передатчика, чтобы при когерентном приеме ЧМ сигналов вероятность ошибки уменьшилась с 10^{-2} до 10^{-5} ?

1.20. По графикам для вероятности ошибки определить энергетический выигрыш (в децибелах) при когерентном приеме сигналов с ФМ относительно ЧМ и АМ при значениях вероятности ошибки $P_{\text{ош}} = 10^{-3}, 10^{-6}, 10^{-9}$.

1.21. По линии связи со скоростью модуляции $V = 1$ кбод передаются ФМн сигналы. Вероятность ошибки при когерентном приеме $P_{\text{ош}} = 10^{-4}$. Средняя мощность сигнала на входе приемника $P_{\text{ср}} = 1$ мВт. Определить величину спектральной плотности мощности аддитивного белого гауссовского шума N_0 .

1.22. Определить разнос частот Δf , при котором достигается наименьшая вероятность ошибки при когерентном приеме ЧМ сигналов.

1.23. Отношение сигнал-шум на входе приемника $h_{\text{оБ}}^2 = 10$ дБ. Рассчитать вероятность ошибки некогерентного приема АМ и ЧМ сигналов в канале с неопределенной начальной фазой. Как изменится вероятность ошибки, если скорость модуляции увеличится в два раза?

1.24. Среднее значение отношения сигнал-шум на входе приемника $h_{\text{оБ}}^2 = 10$ дБ. Рассчитать вероятность ошибки некогерентного приема АМ и ЧМ сигналов в канале с рэлеевскими замираниями. Как изменится вероятность ошибки, если скорость модуляции увеличится в два раза?

1.25. Вероятность ошибки некогерентного приема ЧМ сигналов в канале с неопределенной фазой составляет $p = \frac{1}{2} \exp\left(-\frac{h^2}{2}\right)$, а в канале с рэлеевскими замираниями она равна $p = \frac{1}{2 + h_c^2}$, где h^2 и h_c^2 – отношение сигнал-шум и среднее значение отношения сигнал-шум на входе приемника соответственно. Оценить энергетический проигрыш $G = \frac{h_c^2}{h^2}$ при переходе от канала с неопределенной фазой к каналу с рэлеевскими замираниями при значении вероятности ошибки $P_{\text{ош}} = 10^{-2}$.

4.1.3 Пример тестовых заданий

1.1. Сигнал с амплитудной модуляцией при модулирующем сигнале $b(t)$ имеет вид:

а) $u_{\text{АМ}}(t) = U_0 m b(t) \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$;

б) $u_{\text{АМ}}(t) = U_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$;

в) $u_{\text{АМ}}(t) = U_0 [1 + m b(t)] \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$;

г) $u_{\text{АМ}}(t) = U_0 [1 + m b(t)]^2 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$.

1.2. Коэффициент амплитудной модуляции определяется через максимальное U_{max} и минимальное U_{min} значение огибающей АМ сигнала соотношением:

$$\text{а) } m = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}}; \text{ б) } m = \frac{U_{\max} + U_{\min}}{U_{\max} - U_{\min}};$$

$$\text{в) } m = \frac{U_{\max}}{U_{\min}}; \text{ г) } m = \frac{U_{\min}}{U_{\max}}.$$

1.3. Коэффициент амплитудной модуляции лежит в пределах:

- а) $-1 \leq m \leq 1$; б) $0 \leq m \leq 1$;
 в) $-1 \leq m \leq 0$; г) $0 \leq m \leq 1/2$.

1.4. Сигнал с балансной модуляцией при модулирующем сигнале $b(t)$ имеет вид:

- а) $u_{\text{БМ}}(t) = U_0 [1 + mb(t)]^2 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$;
 б) $u_{\text{БМ}}(t) = U_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$;
 в) $u_{\text{БМ}}(t) = U_0 [1 + mb(t)] \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$;
 г) $u_{\text{БМ}}(t) = U_0 mb(t) \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$.

1.5. Сигнал с однополосной модуляцией для модулирующего сигнала $b(t) = B(t) \cos \Psi(t)$ с огибающей $B(t)$ и полной фазой $\Psi(t)$ можно представить в виде:

- а) $u_{\text{ОМ}}(t) = \frac{U_0 m}{2} B(t) \cos[\omega_0 t + \varphi_0]$
 б) $u_{\text{ОМ}}(t) = \frac{U_0 m}{2} B(t) \cos[\Psi(t) + \varphi_0]$;
 в) $u_{\text{ОМ}}(t) = \frac{U_0 m}{2} B(t) \cos[\omega_0 t \pm \Psi(t) + \varphi_0]$;
 г) $u_{\text{ОМ}}(t) = \frac{U_0 m}{2} \cos[\omega_0 t \pm \Psi(t) + \varphi_0]$.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

4.2.1 Примеры билетов к зачету

КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
 ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
 КАФЕДРА ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

БИЛЕТ № 1

1. Общие понятия о модуляции.
2. Записать выражение для корреляционной функции сигнала с частотной манипуляцией.
3. Задача № 30.

КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

БИЛЕТ № 2

1. Сигналы с амплитудной модуляцией.
2. Записать выражение для энергетического спектра сигнала с частотной манипуляцией.
3. Задача № 29.

КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

БИЛЕТ № 3

1. Сигналы с балансной модуляцией.
2. Записать выражение для корреляционной функции сигнала с фазовой манипуляцией.
3. Задача № 28.

КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

БИЛЕТ № 4

1. Сигналы с однополосной модуляцией.
2. Записать выражение для энергетического спектра сигнала с фазовой манипуляцией.
3. Задача № 27.

КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

БИЛЕТ № 5

1. Сигналы с угловой модуляцией.
2. Записать выражение для алгоритма оптимального когерентного приема.
3. Задача № 26.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

- при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;
- при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;
- при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

5.1 Основная литература:

1. Информационные технологии в радиотехнических системах: учебное пособие для студентов вузов / [В.А. Васин и др.]; под ред. И.Б. Федорова. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 765 с.
2. Баскаков, С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: учебник для вузов / С.И. Баскаков. – М.: Издательство Ленанд, 2016. – 528 с.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

5.2 Дополнительная литература:

1. Радиотехнические системы: учебник для студентов вузов / под ред. Ю.М. Казаринова; [Ю. М. Казаринов и др.]. – М.: Академия, 2008. – 590 с.
2. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие для студ. вузов / А.Б. Сергиенко. – СПб.: Питер, 2007. – 750 с.

5.3. Периодические издания:

1. Журнал «Проблемы передачи информации».
2. Журнал «Радиотехника и электроника».
3. Журнал «Радиотехника».
4. Журнал «Электросвязь».

6 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: <http://window.edu.ru>
2. Рубрикон – крупнейший энциклопедический ресурс Интернета: <http://www.rubricon.com>
3. Федеральный образовательный портал: <http://www.edu.ru>
4. Каталог научных ресурсов: <http://www.scintific.narod.ru>
5. Большая научная библиотека: <http://www.sci-lib.com>
6. Естественно-научный образовательный портал: <http://www.en.edu.ru>

7 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов включает в себя:

- изучение и повторение теоретического материала;
- решение задач.

Контроль выполнения заданий на самостоятельную работу осуществляет преподаватель на практических занятиях.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

8 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

8.1 Перечень необходимого программного обеспечения

1. Операционная система MS Windows.
2. Офисный пакет приложений Microsoft Office.
3. Система MATLAB.

8.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

1. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU:
<http://www.elibrary.ru>
2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»:
<http://window.edu.ru/window>
3. Рубрикон – крупнейший энциклопедический ресурс Интернета:
<http://www.rubricon.com/>
4. Большая научная библиотека:
<http://www.sci-lib.com/>
5. Техническая библиотека:
<http://techlibrary.ru/>

9 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные и семинарские занятия	Лекционная аудитория № 209С
2.	Лабораторные занятия	Лаборатория, оснащенная компьютерной техникой 209С
3.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория № 209С раздаточный материал.
4.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета 208С