

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «МГТУ»)

Методические указания для самостоятельной работы  
при изучении дисциплины (модуля)

Дисциплина	<b>Б1.В.09 Широкополосные системы связи</b> <small>код и наименование дисциплины</small>
Специальность	<b>11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы</b> <small>код и наименование специальности</small>
Специализация	<b>Радиоэлектронные системы передачи информации</b> <small>наименование направленности (профиля) /специализации образовательной программы</small>
Разработчик	<b>Доцент Холодов Г.Г.</b> <small>уч.степень, уч. звание, должность, ФИО</small>

Мурманск  
2019

Составитель – Холодов Геннадий Григорьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры радиоэлектронных систем и транспортного радиоборудования Мурманского государственного технического университета

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой радиоэлектронных систем и транспортного радиоборудования 19 ноября 2019 г., протокол № 8.

**Целью дисциплины (модуля) «Широкополосные системы связи»** является подготовка инженеров в соответствии с Профстандартом 06.005 Инженер-радиоэлектронщик, квалификационной характеристикой специалиста и рабочим учебным планом специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы».

## 2. Задачи дисциплины:

1. дать необходимые знания для обеспечения базовой подготовки, необходимой для успешного изучения специальных дисциплин;
2. изучение дисциплины должно заложить систему понятий в области радиотехники.

## 3. Содержание дисциплины

1. Основы применения ШСС в радиосистемах связи.
2. Свойства ШСС. Преимущества широкополосной передачи. Технологии ШСС на основе ПСП.
3. Системы фазоманипулированных (ФМ) ШПС ШСС с ПРС сигнала. ШСС с ППРЧ сигнала (дискретно-частотные сигналы (ДЧС)).
4. Поиск, синхронизация, обнаружение ШПС и помехоустойчивость ШСС. Синхронизация ШПС по времени.
5. Помехоустойчивость радиосистем связи при учете влияния соканальных помех на фоне внутреннего шума. Канальное кодирование в широкополосных системах.
6. Множественный доступ с кодовым разделением. Синхронные и асинхронные системы. Множественный доступ с кодовым разделением. Синхронные и асинхронные системы. Направления дальнейшего развития широкополосных технологий

## Перечень примерных тем контрольной работы:

1. Помехоустойчивость аналоговых методов передачи непрерывных сообщений.

## 4. Планируемые результаты обучения в рамках данной дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» и профессиональным стандартом 06.005 «Инженер-радиоэлектронщик»:

### Результаты обучения

№ п/п	Код и содержание компетенции	Степень реализации компетенции	Этапы формирования компетенции (Индикаторы сформированности компетенций) <sup>1</sup>
1	ПК12: способность выполнять исследования новых процессов и явлений в радиотехнике, позволяющих повысить эффективность радиоэлектронных систем и устройств	Компетенция реализуется полностью	ИД-1 <sub>ПК-12</sub> : Знать перспективные научно-технические направления, связанные с радиотехникой. ИД-2 <sub>ПК-12</sub> : Уметь сочетать теоретические и экспериментальные результаты исследований для создания научного проекта в радиотехнике ИД-3 <sub>ПК12</sub> : Владеть основными навыками работы с экспериментальным оборудованием и(или) основными приемами использования пакетов прикладных программ для выбора и обоснования решения приводящих к улучшению характеристик радио-

<sup>1</sup> Для ФГОС ВО 3++

			электронных систем и комплексов.
2	ПСК-2.1: способность разрабатывать структурные и функциональные схемы мобильных, широкополосных и спутниковых систем передачи информации	Компетенция реализуется полностью	ИД-1 <sub>ПК-2.1</sub> : Знать принципы построения современных широкополосных систем связи и используемые методы обработки информации, современные методы проектирования и элементную базу широкополосных систем. ИД-2 <sub>ПК-2.1</sub> : Уметь проектировать основные узлы широкополосных систем связи, проводить анализ и синтез широкополосных систем связи; оценивать основные проблемы, связанные с эксплуатацией и внедрением новой телекоммуникационной техники ИД-3 <sub>ПК-2.1</sub> : Владеть современными программными средствами для построения функциональных схем мобильных, широкополосных и спутниковых систем передачи информации

#### Содержание разделов дисциплины (модуля), виды работы

№ п/п	Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на виды учебной работы			
		Заочная			
		Л	ПР	ЛР	СР
1	2	3	4	5	6
1.	Тема 1. Основы применения ШСС в радиосистемах связи. Свойства ШСС. Преимущества широкополосной передачи.	2			8
2	Тема 2. Цифровые системы связи на основе метода расширенного спектра				8
3	Тема 3. Принципы построения систем радиосвязи на основе технологии расширенного спектра				8
4	Тема 4. Помехоустойчивость приема сигналов с АМ, ЧМ и ФМ в ШПСС.	4	8		8
5	Тема 5. Поиск, синхронизация, обнаружение ШПС и помехоустойчивость ШСС. Синхронизация ШПС по времени.				8
6	Тема 6. Помехоустойчивость аналоговых методов передачи непрерывных сообщений	2			8

7	Тема 7. Канальное кодирование в широкополосных системах.				8
8	Тема 8. Принципы оптимальной фильтрации. Оптимальный фильтр ШПС				8
9	Тема 9. Направления дальнейшего развития широкополосных технологий				8
<b>Итого за 6 курс :</b>		<b>8</b>	<b>8</b>		<b>72</b>

### Примерный перечень практических работ

№ п/п	Темы практических работ	Количество часов
		Заочная
1	2	3
6 курс		
1	Исследование помехоустойчивости приема сигналов с АМ в ШПСС.	4
2	Исследование помехоустойчивости приема сигналов с ЧМ в ШПСС.	4
3	Исследование помехоустойчивости приема сигналов с ФМ в ШПСС.	2
<b>Итого за 6 курс:</b>		<b>8</b>

## 5. Методические рекомендации

### 5.1 Методические рекомендации по организации работы обучающихся во время проведения лекционных занятий

- В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации для практического занятия и указания для выполнения самостоятельной работы.
- Обучающемуся, в ходе лекционных занятий, необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание изучаемой дисциплины, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве.
- Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки, подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Рекомендуется активно задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

### 5.2 Методические указания к выполнению практических работ

- Практические работы сочетают элементы теоретического исследования и практических навыков. Выполняя практические работы, обучающиеся лучше усваивают учебный материал, практически осваивая конкретные решения, происходит соприкосновение теории с практикой, что в целом содействует пониманию сложных вопросов науки и становлению обучающихся как будущих специалистов.
- Выполнение практических работ направлено на:
  - обобщение, систематизацию, углубление теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;
  - формирование умений применять полученные знания для практической деятельности;

- развитие теоретических, аналитических, проектировочных, знаний и умений;
- выработку самостоятельности, ответственности и творческой инициативы.
- Практические занятия, как вид учебной деятельности, проводятся в учебных помещениях и лабораториях, при необходимости, с использованием к сети интернет.
- Форма организации обучающихся для проведения практического занятия – групповая и индивидуальная – определяется преподавателем, исходя из темы, цели, порядка выполнения работы. Оборудование используется в соответствии с инструкциями по эксплуатации.
- Результаты выполнения практической работы оформляются обучающимися в виде отчета, форма и содержание которого определяются требованиями соответствующей работы.

### **5.3 Методические указания к выполнению лабораторных работ**

- Лабораторные работы сочетают элементы теоретического исследования и практической работы. Выполняя лабораторные работы, обучающиеся лучше усваивают учебный материал, так как многие теоретические определения, казавшиеся отвлеченными, становятся вполне конкретными, происходит соприкосновение теории с практикой, что в целом содействует пониманию сложных вопросов науки и становлению обучающихся как будущих специалистов.
- Выполнение лабораторных работ направлено на:
  - обобщение, систематизацию, углубление теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;
  - формирование умений применять полученные знания в практической деятельности;
  - развитие аналитических, проектировочных, конструктивных умений;
  - выработку самостоятельности, ответственности и творческой инициативы.
- Лабораторные занятия, как вид учебной деятельности, проводятся в специальной лаборатории кафедры, оборудованной для выполнения лабораторных работ (заданий).
- Форма организации обучающихся для проведения лабораторного занятия – фронтальная, групповая и индивидуальная – определяется преподавателем, исходя из темы, цели, порядка выполнения работы. Оборудование используется в соответствии с инструкциями по эксплуатации.
- Результаты выполнения лабораторной работы оформляются обучающимися в виде отчета, форма и содержание которого определяются требованиями соответствующей работы.

### **5.4 Проведение занятий в интерактивной форме**

- Интерактивное обучение представляет собой способ познания, осуществляемый в формах совместной деятельности обучающихся, т.е. все участники образовательного процесса взаимодействуют друг с другом, совместно решают поставленные проблемы, моделируют ситуации, обмениваются информацией, оценивают действие коллег и свое собственное поведение, погружаются в реальную атмосферу делового сотрудничества по разрешению проблем.
- Интерактивная форма обучения реализуется в виде проблемных лекций, коллективных решениях творческих задач и использовании метода проектов.
- **Проблемная лекция.** На этой лекции новое знание вводится через проблемность вопроса, задачи или ситуации. При этом процесс познания обучающихся в сотрудничестве и диалоге с преподавателем приближается к исследовательской деятельности. Разрешение проблемной ситуации происходит путем организации направления поиска ее решения, выдвижения гипотез и их проверки, решения задач различными способами, нахождения наиболее рационального пути решения и т.д.; анализа полученного результата, обсуждения противоречий или неоднозначности выводов и т.п.
- **Коллективные решения творческих задач.** Под творческими заданиями понимаются такие учебные задания, которые требуют от обучающихся не простого воспроизводства информации, а творчества, поскольку задания содержат больший или меньший элемент неизвестности и имеют, как правило, несколько подходов, несколько методов решения.

### **5.5 Методические рекомендации к самостоятельной работе**

- Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа обучающихся, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой обучающихся).
- Самостоятельная работа обучающихся (далее – СРО) в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности обучающегося. СРО играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. Обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРО должна стать эффективной и целенаправленной работой обучающихся.
- К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие обучающихся в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом СРО играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.
- В процессе самостоятельной работы обучающийся приобретает навыки самоорганизации, самоконтроля, самоуправления, саморефлексии и становится активным самостоятельным субъектом учебной деятельности.
- Формы самостоятельной работы обучающихся разнообразны. Они включают в себя:
  - изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств официальной, патентной, статистической, периодической и научной информации;
  - подготовку докладов и рефератов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ;
  - участие в работе студенческих конференций, комплексных научных исследованиях.
- Самостоятельная работа приобщает обучающихся к научному творчеству, поиску и решению актуальных современных проблем.
- Основной формой самостоятельной работы обучающегося является изучение конспекта лекций, их дополнение, рекомендованной литературы, активное участие на практических и лабораторных занятиях.

### **5.5 Методические рекомендации по решению тестовых заданий**

- Тестовая система предусматривает вопросы/задания, на которые обучающийся должен дать один или несколько вариантов правильного ответа из предложенного списка ответов. При поиске ответа необходимо проявлять внимательность.
- При отсутствии какого-либо одного ответа на вопрос, предусматривающий множественный выбор, весь ответ считается неправильным.
- Ответы правильные выделяются в тесте подчеркиванием или любым другим символом.

### **5.6 Методические рекомендации к выполнению РГР.**

- При написании РГР обучающийся должен показать умение работать с литературой, анализировать информационные источники, делать обоснованные выводы.
  - Работа над выбранной темой требует от обучающегося знаний методологии выполнения исследования, творческого подхода, логики, аргументации изложения, отражения личного отношения к исследуемой проблеме, прилежания, профессионализма.
- Порядок выполнения РГР состоит из следующих этапов:
- подбор темы и литературы для ее выполнения;
  - разработка рабочего плана;
  - изучение специальных источников информации;
  - формирование основных теоретических положений, практических выводов и рекомендаций;

- оформление РГР в соответствии с общими требованиями к оформлению пояснительных записок дипломных и курсовых проектов
- защита РГР.
- Важным этапом выполнения РГР является изучение литературных источников. Эта работа начинается с момента выбора темы РГР. В своей работе обучающийся должен показать умение использовать не только специальную техническую литературу, но и экономическую, нормативно-правовые акты, стандарты и ГОСТы.
- Список литературы должен быть оформлен в строгом соответствии с правилами библиографии. В тексте РГР обязательно должны быть ссылки на используемую литературу. Количество наименований в списке литературы должно быть не менее 15.

## **5.7 Методические рекомендации по подготовке презентации**

### **Алгоритм создания презентации:**

- 1 этап – определение цели презентации
- 2 этап – подробное раскрытие информации,
- 3 этап – основные тезисы, выводы.

Следует использовать 10-15 слайдов.

При этом:

- первый слайд – титульный, предназначен для размещения названия презентации, имени докладчика и его контактной информации;
- на втором слайде необходимо разместить содержание презентации, а также краткое описание основных вопросов;
- оставшиеся слайды имеют информативный характер.

Обычно подача информации осуществляется по плану: тезис – аргументация – вывод.

### **Требования к оформлению и представлению презентации:**

- Читабельность (видимость из самых дальних уголков помещения и с различных устройств), текст должен быть набран 24-30-ым шрифтом.
- Тщательно структурированная информация.
- Наличие коротких и лаконичных заголовков, маркированных и нумерованных списков.
- Каждому положению (идее) надо отвести отдельный абзац.
- Главную идею надо выложить в первой строке абзаца.
- Использовать табличные формы представления информации (диаграммы, схемы) для иллюстрации важнейших фактов, что даст возможность подать материал компактно и наглядно.
- Графика должна органично дополнять текст.
- Выступление с презентацией длится не более 10 минут;

## **5.8 Методические рекомендации по подготовке доклада**

### **Алгоритм создания доклада:**

- 1 этап – определение темы доклада
- 2 этап – определение цели доклада
- 3 этап – подробное раскрытие информации
- 4 этап – формулирование основных тезисов и выводов.

## **5.8 Методические рекомендации по выполнению контрольных работ**

- Контрольная работа является одним из видов учебной работы обучающихся и самостоятельной работы студентов-заочников, формой контроля освоения ими учебного материала по дисциплине, уровня знаний, умений и навыков.

Основные задачи выполняемой работы:

- закрепление полученных ранее теоретических знаний;
- выработка навыков самостоятельной работы;
- определение степени подготовленности студента к будущей практической работе.



- Контрольная работа – это своеобразный письменный экзамен, который требует серьезной подготовки. При подготовке контрольных работ необходимо руководствоваться тематикой, которую рекомендует преподаватель, выбрав один из вариантов. Варианты контрольных работ распределяются преподавателем дисциплины.

- Письменную контрольную работу желательно представить в печатном виде, формат-А-4, шрифт-14, межстрочный интервал-1,5, поля: верхнее поле – не менее 15 мм, нижнее поле – не менее 15 мм, левое поле – не менее 30 мм, правое поле – не менее 15 мм; нумерация страниц в правом верхнем углу обязательна. Объем работы зависит от дисциплины и определяется преподавателем.

### **5.8 Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзамена**

- Экзамен осуществляется в рамках завершения изучения дисциплины (модуля) и позволяет определить качество усвоения изученного материала, а также степень сформированности компетенций.

- Обучающиеся обязаны сдавать экзамен в строгом соответствии с утвержденными учебными планами, разработанными согласно образовательным стандартам высшего образования.

- Экзамен принимается по билетам, содержащим два вопроса. Экзаменационные билеты утверждаются на заседании кафедры.

- Экзаменатору предоставляется право задавать студентам вопросы в рамках билета, а также, помимо теоретических вопросов, предлагать задачи практико-ориентированной направленности по программе данного курса.

- При явке на экзамен студенты обязаны иметь при себе зачетную книжку, которую они предъявляют экзаменатору в начале экзамена.

- Рекомендуется при подготовке к экзамену опираться на следующий план:

1. Просмотреть программу курса, с целью выявления наиболее проблемных тем, вопросов, которые могут вызвать трудности при подготовке к экзамену.

2. Темы необходимо изучать последовательно, внимательно обращая внимание на описание вопросов, которые раскрывают ее содержание. Начинать необходимо с первой темы.

### **Вопросы для самоконтроля по дисциплине «Широкополосные системы связи»**

1. Свойства производных систем сигналов Голда.
2. Свойства производных систем сигналов Кассами.
3. Алгоритм формирования нелинейной ПСП на основе РС с нелинейной обратной связью.
4. Как влияет схема «И» в цепи ОС на «сбалансированность кода» нелинейной ПСП на ос- нове РС с нелинейной обратной связью?
5. Алгоритмы формирования нелинейной ПСП на основе РС с линейной обратной связью РСЛОС) (комбинированием нелинейной внешней логикой, составные).
6. О чем говорит эквивалентная линейная степень (ЭЛС) нелинейной ПСП?
7. Фаза радиоимпульсного сигнала модулирована по закону семизначного кода Баркера.
8. Корреляционные функции (КФ) ДЧС и распределение числа совпадений в ВКФ.
9. Условия оптимальности ДЧС.
10. Матричные числовые алгоритмы формирования систем ДЧС.
11. Композиционные и производные большие квазиоптимальные системы ДЧС.
12. Помехоустойчивость двоичных и М -ичных систем сигналов.
13. Фильтрация мощных помех. Адаптивный приемник с оптимальным по Котельникову блоком защиты (БЗ) от помех.
14. Требования к асинхронно-адресной системе (ААС) связи с ШПС и кодовым разделе-

нием абонентов (КР) при фильтрации взаимных помех.

15. Требования к ФМ, ДЧ ШПС при фильтрации мощных структурных помех.
16. Поиск, обнаружение и анализ ШПС при априорной неопределенности.
17. Энергетический обнаружитель ШПС; оптимальный обнаружитель М-ичного ШПС.
18. Поиск, синхронизация ШПС при априорной неопределенности параметров ШПС, время поиска

## Литература:

### 1 Основная литература

1. Акулиничев Ю.П. Радиотехнические системы передачи информации [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Акулиничев Ю.П., Бернгардт А.С.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2015.— 195 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72171.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Масалов Е.В. Радиотехнические системы. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Масалов Е.В.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 109 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13967.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Масалов Е.В. Радиотехнические системы. Часть 2 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Масалов Е.В.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 117 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13968.html>.— ЭБС «IPRbooks»

### 2.Дополнительная литература

1. Тисленко В.И. Статистическая теория радиотехнических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Тисленко В.И.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016.— 160 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72182.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Астайкин А.И. Теоретические основы радиотехники. Часть первая. Основы теории цепей [Электронный ресурс]/ Астайкин А.И., Помазков А.П.— Электрон. текстовые данные.— Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2003.— 553 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60867.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Астайкин А.И. Теоретические основы радиотехники. Часть вторая. Основы теории сигналов [Электронный ресурс]/ Астайкин А.И., Помазков А.П.— Электрон. текстовые данные.— Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2004.— 335 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60868.html>.— ЭБС «IPRbooks»
4. Исследование резонансного усилителя на биполярном транзисторе [Электронный ресурс] : метод. указания к изучению дисциплины "Устройства генерирования и формирования сигналов" для студентов специальности 200700 "Радиотехника" и курсантов специальности 201300 "Эксплуатация транспортного радиооборудования" / Гос. ком. Рос. Федерации по рыболовству, Мурман. гос. техн. ун-т, Каф. радиотехники и радиотелекоммуникац. систем ; сост. А. Н. Суслов, А. В. Гурин. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 312 Кб). - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2008. - Доступ из локальной сети Мурман. гос. техн. ун-та. - Загл. с экрана.
5. Астайкин А.И. Теоретические основы радиотехники. Часть третья. Сигналы в радиотехнических цепях [Электронный ресурс]/ Астайкин А.И., Помазков А.П.— Электрон. текстовые данные.— Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2004.— 400 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60963.html>.— ЭБС «IPRbooks»