

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
заведующий кафедрой  
радиофизики



(Корчагин Ю.Э.)  
подпись, расшифровка подписи

31.08.2018

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ДВ.01.01 Принципы демодуляции цифровых сигналов**  
**при наличии помех**

*Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом*

- 1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:** 03.04.03 Радиофизика
- 2. Профиль подготовки / специализация / магистерская программа:** системы телекоммуникаций и радиоэлектронной борьбы.
- 3. Квалификация (степень) выпускника:** Магистр
- 4. Форма обучения:** Очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** Радиофизики
- 6. Составители программы:** Парфенов В.И., д.ф-м.н., профессор
- 7. Рекомендована:** Кафедрой радиофизики  
Протокол о рекомендации: 31.08.2018, №1
- 8. Учебный год:** 2018-2019 **Семестр:** 3

**9. Цели и задачи учебной дисциплины:**

Цель - формирование у студентов комплекса знаний, умений и навыков в области цифровой обработки сигналов, ознакомление с методологией построения демодуляторов сигналов и принципов расчета помехоустойчивости их приема при наличии помех.

Главная задача – выработать у студентов навыки синтеза и анализа приема сигналов при наличии помех.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Дисциплина относится к вариативной части профессионального цикла. Дисциплина опирается на курсы: Теоретические основы радиотехники, радиотехнические цепи и сигналы, статистическая радиофизика.

**1. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):**

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
<b>ПК-1</b>	Профессиональные: способность использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>основные понятия и классификацию цифровых устройств приема/передачи цифровых сообщений;</li> <li>• способы построения демодуляторов при оптимальном и неоптимальном приеме;</li> <li>• архитектуру наиболее распространенных современных декодеров с мягким и жестким декодированием;</li> <li>• методы анализа помехоустойчивости сигналов при наличии помех;</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• осуществлять обоснованный выбор демодуляторов цифровых сигналов в зависимости от условий наблюдения;</li> <li>• выполнять компьютерное моделирование цифровых демодуляторов;</li> <li>• осуществлять анализ функционирования цифровых демодуляторов в сложной помеховой обстановке;</li> </ul> <p><b>владеть (иметь навык(и)):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками компьютерного моделирования цифровых устройств обработки сигналов на фоне помех</li> </ul>
<b>ОПК-3</b>	Общекультурные: способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач.	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принципы построения телекоммуникационных устройств на основе цифровых элементов;</li> <li>– общие закономерности синтеза и анализа радиоприемных устройств при наличии помех;</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проектировать телекоммуникационную систему с использованием элементов цифровой обработки;</li> <li>– пользоваться современной научнотехнической информацией, необходимой для решения радиофизических задач;</li> <li>– использовать и корректно интерпретировать полученные в результате радиофизических измерений данные</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p>

		<p>- навыками построения программного обеспечения элементов телекоммуникационной системы;</p> <p>– терминологией и научно-технической литературой по телекоммуникационным устройствам, используемым в радиофизической измерительной аппаратуре</p>
--	--	--

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.**(в соответствии с учебным планом)   4   /  144 .

**Форма промежуточной аттестации**(зачет/экзамен) \_\_\_\_\_зачет\_\_\_\_\_.

### 13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		№ семестра	№ семестра	...
Аудиторные занятия	38	3		
в том числе: лекции	26	3		
практические	-	-		
лабораторные	12	3		
Самостоятельная работа	106	3		
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час. / экзамен – ___ час.)	зачет	3		
Итого:	144	3		

### 13.1. Содержание разделов дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	<i>Внутренние шумы в трактах приема и обработки информации.</i>	<i>Тепловые и пр. шумы в радиоприемных устройствах, формула Найквиста.</i>
1.2	<i>Основы теории передачи дискретных сообщений.</i>	<i>Формула Байеса. Первая и вторая решающие схемы. Прием в целом и поэлементный прием. Критерии различения сигналов.</i>
1.3	<i>Помехоустойчивость приема дискретных сообщений.</i>	<i>Критерии обнаружения сигналов. Характеристики обнаружения и различения сигналов.</i>
1.4	<i>Оптимальный прием при когерентной и некогерентной обработке.</i>	<i>Алгоритмы различения сигналов при когерентной и некогерентной типах обработки. Структуры алгоритмов и их характеристики для различных видов манипуляций сигналов.</i>
1.5	<i>Принципы кодирования с исправлением ошибок. Мяг-</i>	<i>Принципы мягкого и жесткого декодирования.</i>

	<i>кое и жесткое декодирование.</i>	
1.6	<i>Прием сообщений, закодированных с избыточностью. Когерентный и некогерентный прием в целом.</i>	<i>Понятие избыточности сообщений. Прием в целом при известном сигнале и флуктуационной помехе. Некогерентный прием в целом.</i>
1.7	<i>Алгоритмы приема сигналов в случае слияния модема и кодека.</i>	<i>Синтез и анализ приемников с мягким и жестким принятием решений, как пример слияния модема и кодека.</i>
1.8	<i>Прием сигналов в сложных условиях наблюдения.</i>	<i>Прием сигналов в каналах с замираниями. Принципы разнесенного приема сигналов. Прием сигналов с межсимвольной интерференцией.</i>
<b>2. Практические занятия</b>		
2.1	-	
2.2	-	
	-	
<b>3. Лабораторные работы</b>		
3.3	<i>Помехоустойчивость приема дискретных сообщений.</i>	<i>Критерии обнаружения сигналов. Расчет характеристик обнаружения и различения для разных видов сигналов и помех.</i>
3.4	<i>Оптимальный прием при когерентной и некогерентной обработке.</i>	<i>Алгоритмы различения сигналов при когерентной и некогерентной типах обработки. Структуры алгоритмов и их характеристики для различных видов манипуляций сигналов. Программная реализация алгоритмов.</i>
3.5	<i>Принципы кодирования с исправлением ошибок. Мягкое и жесткое декодирование.</i>	<i>Принципы мягкого и жесткого декодирования. Программная реализация алгоритмов.</i>
3.6	<i>Прием сообщений, закодированных с избыточностью. Когерентный и некогерентный прием в целом.</i>	<i>Понятие избыточности сообщений. Прием в целом при известном сигнале и флуктуационной помехе. Некогерентный прием в целом. Программная реализация алгоритмов.</i>
3.7	<i>Алгоритмы приема сигналов в случае слияния модема и кодека.</i>	<i>Синтез и анализ приемников с мягким и жестким принятием решений, как пример слияния модема и кодека. Программная реализация алгоритмов.</i>
3.8	<i>Прием сигналов в сложных условиях наблюдения.</i>	<i>Прием сигналов в каналах с замираниями. Принципы разнесенного приема сигналов. Прием сигналов с межсимвольной интерференцией. Программная реализация алгоритмов.</i>

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	<i>Внутренние шумы в трактах приема и обработки информации.</i>	2	-	-	10	12
2.	<i>Основы теории передачи дискретных сообщений.</i>	2	-	-	14	16
3	<i>Помехоустойчивость приема дискретных сообщений.</i>	4	-	2	14	20
4	<i>Оптимальный прием при когерентной и некогерентной обработке.</i>	4	-	2	14	20
5	<i>Принципы кодирования с исправлением ошибок. Мягкое и жесткое декодирование.</i>	4	-	2	20	26

6	Прием сообщений, закодированных с избыточностью. Когерентный и некогерентный прием в целом.	4	-	2	20	26
7.	Алгоритмы приема сигналов в случае слияния модема и кодека.	4		2	10	16
8.	Прием сигналов в сложных условиях наблюдения.	2		2	4	8
	Итого:	26		12	106	144

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

Для обучающихся, кроме прослушивания лекционного курса, желательно изучение методических материалов, составленных для углубленного понимания этого курса, а также участия в промежуточных коллоквиумах и контрольных работах.

#### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Голиков, А.М. Модуляция, кодирование и моделирование в телекоммуникационных системах. Теория и практика / А.М. Голиков. – СПб.: Лань, 2018. – 528с.
2	Зюко, А.Г. Теория передачи сигналов / А.Г. Зюко, Д.Д. Кловский, М.В. Назаров. — М.: Радио и связь, 1986. — 304 с.
3	Тихонов, В.И. Оптимальный прием сигналов / В.И. Тихонов. — М.: Радио и связь. 1983. — 220 с.
4	Садомовский, А.С. Радиосистемы передачи информации: Учебное пособие / А.С. Садомовский. – Ульяновск: УлГТУ, 2001. - 104с.
5	Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение: пер. с англ. / Б. Скляр. – М: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Прокис, Дж. Цифровая связь: пер. с англ. / Прокис Дж. – М.: Радио и связь, 2000. - 800с.
2	Зырянов, Ю.Т. Основы радиотехнических систем / Ю.Т. Зырянов, О.А. Белоусов, П.А. Федюнин. – СПб.: Лань, 2015. – 192с.
3	Золотарев, В.В. Теория и алгоритмы многопорогового декодирования / В.В. Золотарев. – М.: Радио и связь, 2006.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
-------	----------

1	Библиотека по естественным наукам (БЕН) РАН <a href="http://www.benran.ru/">http://www.benran.ru/</a>
2	Электронная библиотека Зональной научной библиотеки Воронежского государственного университета : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/zgate?Init+elib.xml,simple_elib.xml+rus">https://lib.vsu.ru/zgate?Init+elib.xml,simple_elib.xml+rus</a>
3	Электронно-библиотечная система "БиблиоТех" : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1486">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1486</a>
4	Электронно-библиотечная система «ЮРАЙТ» : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1457">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1457</a>
5	Электронно-библиотечная система BOOK.ru.(изд-во "КноРус") : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1436">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1436</a>
6	Национальный цифровой ресурс "РУКОИТ" : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1401">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1401</a>
7	Электронно-библиотечная система "ZNANIUM.COM" (изд-во "ИНФРА-М") : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1360">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1360</a>
8	Электронно-библиотечная система ibook.ru : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1344">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1344</a>
9	Электронно-библиотечная система IPRbooks : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1343">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1343</a>
10	Электронно-библиотечная система «КнигаФонд» : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1336">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1336</a>
11	Электронно-библиотечная система IQLib : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1310">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1310</a>
12	Электронно-библиотечная система "Издательство "Лань" : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1308">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1308</a>
13	Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online" : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1307">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1307</a>
14	Электронно-библиотечная система "Консультант студента" : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1306">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1306</a>

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы** (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Дятлов А. П., Дятлов П. А. Анализ и моделирование демодуляторов сигналов: Методические указания к лабораторно-практическим занятиям. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2003. 91 с.

**17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)**

При выполнении лабораторных работ используются следующие программные продукты: система для математических расчетов МАХИМА, а также программный комплекс для анализа электрических цепей Micro-Cap.

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

(при использовании лабораторного оборудования указывать полный перечень, при большом количестве оборудования можно вынести данный раздел в приложение к рабочей программе)

1. Учебная лаборатория кафедры.
2. Персональные компьютеры – 15 шт.

## 19. Фонд оценочных средств:

### 19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ПК-1	Знать: основные понятия и классификацию цифровых устройств приема/передачи цифровых сообщений; способы построения демодуляторов при оптимальном и неоптимальном приеме; архитектуру наиболее распространенных современных декодеров с мягким и жестким декодированием; методы анализа помехоустойчивости сигналов при наличии помех	Внутренние шумы в трактах приема и обработки информации. Основы теории передачи дискретных сообщений.	Текущий контроль, сдача лабораторных работ
	Уметь: осуществлять обоснованный выбор демодуляторов цифровых сигналов в зависимости от условий наблюдения; выполнять компьютерное моделирование цифровых демодуляторов; осуществлять анализ функционирования цифровых демодуляторов в сложной помеховой обстановке;	Оптимальный прием при когерентной и некогерентной обработке.	Текущий контроль, сдача лабораторных работ
	Владеть: навыками компьютерного моделирования цифровых устройств обработки сигналов на фоне помех	Помехоустойчивость приема дискретных сообщений.	Текущий контроль, сдача лабораторных работ
ОПК-3	Знать: принципы построения телекоммуникационных устройств на основе цифровых элементов; общие закономерности синтеза и анализа радиоприемных устройств при наличии помех	<i>Принципы кодирования с исправлением ошибок. Мягкое и жесткое декодирование.</i>	Текущий контроль, сдача лабораторных работ
	Уметь: проектировать телекоммуникационную систему с использованием элементов цифровой обработки; пользоваться современной научно-технической информацией, необходимой для решения радиофизических задач; использовать и корректно интерпретировать полученные в результате радиофизических измерений данные	Алгоритмы приема сигналов в случае слияния модема и кодека.	Текущий контроль, сдача лабораторных работ
	Владеть: навыками построения программного обеспечения элементов	Прием сообщений, закодированных с	Текущий контроль, сдача лабораторных работ

	телекоммуникационной системы; терминологией и научно-технической литературой по телекоммуникационным устройствам, используемым в радиофизической измерительной аппаратуре	избыточностью. Когерентный и некогерентный прием в целом.	
--	---	---	--

\* В графе «ФОС» в обязательном порядке перечисляются оценочные средства текущей и промежуточной аттестаций.

### 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на дифференцируемом зачете используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом устройств цифровой электроники;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- 4) умение применять методы радиотехнических исследований при анализе и синтезе цифровых демодуляторов, решать задачи, связанные с конструированием комплексов и систем, основанные на обработке сигналов при наличии помех.

Для оценивания результатов обучения на дифференцируемом зачете используется 2-балльная шкала: «зачтено», «не зачтено».

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен к самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя, однако допускает ошибки при отклонении вопроса от стандарта.	<i>Базовый уровень</i>	<i>Зачтено</i>
Незнание основного программного материала. Неспособность скорректировать ответ под руководством преподавателя.	–	<i>Не зачтено</i>

#### 19.3.1 Перечень вопросов к зачету:

1. Физические основы возникновения шумов в радиоэлектронике.
2. Характеристики внутренних шумов. Формула Найквиста.
3. Основные принципы построения цифровых систем передачи информации.
4. Критерий среднего риска.
5. Критерий максимального правдоподобия.
6. Помехоустойчивость приема дискретных сообщений.
7. Оптимальный прием при когерентной обработке.
8. Оптимальный прием при некогерентной обработке.
9. Вероятности ошибок при когерентном и некогерентном приеме.
10. Принципы кодирования с исправлением ошибок.
11. Мягкое и жесткое декодирование.



12. Прием сообщений, закодированных с избыточностью.
13. Прием в целом детерминированного сигнала при флуктуационной помехе.
14. Некогерентный прием в целом.
15. Алгоритмы приема сигналов в случае слияния модема и кодека.
16. Когерентное различение сигналов при коррелированном шуме.
17. Прием сигналов в каналах с замираниями.
18. Принципы разнесенного приема сигналов.
19. Обработка сигналов в каналах с межсимвольной интерференцией.

#### **19.3.2 Перечень практических заданий**

-

#### **19.3.4 Тестовые задания**

-

#### **19.3.4 Перечень заданий для контрольных работ**

-

#### **19.3.5 Темы курсовых работ (примерные)**

-

#### **19.3.6 Темы рефератов**

-

### **19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: письменных работ (контрольные, лабораторные работы). Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практическое задание, позволяющее оценить степень сформированности умений и навыков, и практический опыт, необходимый при анализе и синтезе радиоприемных устройств различных диапазонов длин волн.

При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.

### **16. Критерии аттестации по итогам освоения дисциплины:**

Зачтено	В основном программа изучена, есть трудности в применении знаний при решении некоторых задач
Не зачтено	Материал либо полностью не изучен, либо есть разделы, в которых студент полностью не разбирается

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**Направление:** 03.04.03 Радиофизика  
шифр и наименование направления/специальности

**Дисциплина:** Б1.В.ДВ.01.01 Принципы демодуляции цифровых сигналов  
при наличии помех  
код и наименование дисциплины

**Профиль подготовки:** Системы телекоммуникаций и радиоэлектронной борьбы  
в соответствии с Учебным планом

**Форма обучения:** очная


**Учебный год:** 2018/2019

---

---


Ответственный исполнитель

Зав. кафедрой радиофизики  
должность, подразделение

  
подпись Ю.Э. Корчагин  
расшифровка подписи


Исполнители

проф. кафедры радиофизики  
должность, подразделение


  
подпись В.И. Парфенов  
расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО  
Куратор ООП ВПО

по направлению

  
подпись Ю.Э. Корчагин  
расшифровка подписи

Начальник отдела обслуживания ЗНБ

  
подпись Н.В. Белодедова  
расшифровка подписи

---

---

Программа рекомендована НМС **физического факультета**

(наименование факультета, структурного подразделения)  
протокол № 6 от 28.06.2018г.