

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический
университет»**

Кафедра радиотехники

**АДАПТАЦИЯ
РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ
К ПОМЕХОВОЙ ОБСТАНОВКЕ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**по организации самостоятельной работы
для студентов бакалавриата
направления 11.03.01 «Радиотехника»
(профиль «Радиотехнические средства передачи,
приема и обработки сигналов»)
очной и заочной форм обучения**

Воронеж 2023

УДК 621.37
ББК 32.84

Составитель
д-р техн. наук А. Б. Токарев

Адаптация радиотехнических систем к помеховой обстановке: методические указания по организации самостоятельной работы для студентов бакалавриата направления 11.03.01 «Радиотехника» (профиль «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов» очной и заочной форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. А. Б. Токарев. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2023. 15 с.

Содержат краткие сведения о рабочей программе дисциплины и рекомендации по подготовке к отдельным видам занятий и по углубленной проработке некоторых разделов дисциплины «Адаптация радиотехнических систем к помеховой обстановке» при самостоятельной работе студентами бакалавриата направления 11.03.01 "Радиотехника" (профиль "Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов") очной и заочной форм обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле БРТ_СамР_Адаптация РТС.pdf.

Табл. 4 Библиогр.: 6 назв.

УДК 621.37
ББК 32.84

Рецензент – А. В. Башкиров, д-р техн. наук, зав. кафедрой конструирования и производства радиоаппаратуры ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студента (СРС) – это часть образовательного процесса, направленная на развитие готовности к профессиональному самообразованию, средство приобретения необходимых навыков и компетенций.

Самостоятельная работа по дисциплине «Адаптация радиотехнических систем к помеховой обстановке» предусматривает расширенное изучение разделов дисциплины, углубленную проработку теоретического материала по отдельным вопросам учебного курса, подготовку к выполнению лабораторных работ (включая выполнение домашних заданий, работу со словарями и справочниками, ознакомление с нормативными документами, решение задач, подготовку отчетов и ответов на контрольные вопросы).

Результаты СРС проявляются в активности студента на занятиях и повышении качественного уровня выполнения лабораторных работ и тестовых заданий. Контроль результативности СРС осуществляется во время занятий, проводимых в форме контактной работы.

1. Основные сведения об изучаемой дисциплине

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины – углубление уровня знаний, позволяющих подходить к решению радиотехнических задач со статистических позиций; приобретение навыков оптимизации радиотехнических систем в условиях действия естественных и преднамеренных помех.

Для достижения цели ставятся задачи:

1. Изучение свойств и характеристик разнообразных каналов связи и особенностей различных видов модуляции сигналов.
2. Получение навыка использования методов оптимальной обработки сигналов в радиотехнических системах различного назначения в сложной помеховой обстановке.
3. Изучение основ адаптивной фильтрации сигналов.

1.2. Разделы, входящие в рабочую программу дисциплины

Очная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего часов
1	Анализ радиообстановки и адаптация радиотехнических систем	8	-	12	16	36
2	Особенности многолучевого распространения сигналов	6	-	4	16	26
3	Прием сигналов в многолучевых радиоканалах	6		8	16	30
4	Адаптивная фильтрация сигналов	4		-	12	16

Заочная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего часов
1	Анализ радиообстановки и адаптация радиотехнических систем	2		8	24	34
2	Особенности многолучевого распространения сигналов	2		-	24	26
3	Прием сигналов в многолучевых радиоканалах	2		-	24	26
4	Адаптивная фильтрация сигналов	2		-	16	18

1.3. Формы итоговой аттестации

При очной форме обучения изучение дисциплины завершается в семестре 8 зачетом.

При заочной форме обучения изучение дисциплины завершается в триместре 15 зачетом.

1.4. Типовые вопросы к зачету

1. Узкополосные и панорамные методы исследования радиообстановки.

2. Типовые методы и устройства, рекомендуемые для анализа радиообстановки в широких полосах частот.

3. Адаптация алгоритмов энергетического обнаружения к неизвестному уровню шума в анализируемом радиодиапазоне.

4. Основные показатели цифровых спектроанализаторов и их адаптация для решения задачи анализа радиообстановки в широких полосах частот.

5. Типы радиопеленгаторов. Сравнительный анализ их достоинств и недостатков.

6. Корреляционно-интерферометрические пеленгаторы. Их назначение и характеристики.

7. Особенности возможного изменения мощности сигналов, наблюдаемых на выходе многолучевого радиоканала.

8. Характеристики многолучевых радиоканалов: рассеяние во времени и полоса когерентности по частоте.

9. Характеристики многолучевых радиоканалов: рассеяние по частоте и время когерентности.

10. Классификация искажений сигналов, вызванных многолучевостью и методов борьбы с ними в многолучевых радиоканалах.

11. Медленные дружные замирания и разнесенный приём.

12. Когерентный приём цепочек элементарных сигналов в многолучевом радиоканале.

13. Решетчатая диаграмма сигнала гауссовской манипуляции с минимальным сдвигом.

14. Алгоритм Витерби для демодуляции сигналов гауссовской манипуляции с минимальным сдвигом.

15. Оценка длины импульсной характеристики многолучевого радиоканала.

16. Оценка импульсной характеристики при заданной её длине.

17. Оценка многоканальной импульсной характеристики в системах связи с разнесенным приемом.

18. Оценка передаточной функции канала в OFDM-системе

19. Назначение и принципы работы адаптационных алгоритмов.

20. Особенности алгоритмов адаптации, базирующихся на критерии наименьших квадратов.

21. Особенности алгоритмов адаптации, базирующихся на критерии взвешенных наименьших квадратов.

22. Алгоритмы адаптации, базирующиеся на рекурсивном методе наименьших квадратов (РМНК).

23. Применение алгоритмов адаптации к задачам очистки сигналов от шумов.

24. Применение алгоритмов адаптации к задачам компенсации эхо-сигналов.

25. Предназначение и возможности линейного предсказания сигналов.

2. Общие рекомендации по организации самостоятельной работы студентов

2.1. Рекомендации по освоению учебного материала по конспекту лекций и дополнительной литературе

Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно прорабатывать и дополнять сведениями из других источников литературы, представленных не только в программе дисциплины, но и в периодических изданиях. При изучении дисциплины сначала необходимо по каждой теме прочитать рекомендованную литературу и составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме для освоения последующих тем курса; для расширения знаний по дисциплине целесообразно использовать Интернет-ресурсы.

Самостоятельную работу следует начинать с проработки конспекта, желательно в тот же день, когда проходила лекция. При этом следует исправить опiski, расшифровать не принятые ранее сокращения, заполнить пропущенные места, использовать различные способы выделений для повышения наглядности записей. При проработке материала необходимо постараться детально понять текст, вникнуть в его смысл. Для углубленного изучения материала целесообразно использовать рекомендуемую литературу, приведенную в разделе 3. Идеи и положения, по которым остались неясные вопросы, следует обсудить с преподавателем и другими студентами группы в ходе контактной работы.

2.2. Общие рекомендации по изучению вопросов, не вошедших в лекционный цикл

При изучении подразделов, не вошедших в лекционный цикл или углубленной проработке отдельных вопросов дисциплины, основной формой самостоятельной работы является

чтение и конспектирование литературы, а также разбор примеров и решение рекомендованных задач.

Рекомендации по поиску и использованию литературных источников будут приведены в разделе 3. При самостоятельной работе с книгами целесообразно один или несколько раз прочесть рекомендуемые страницы литературных источников (до возникновения понимания основных идей), а затем ключевые положения осваиваемого материала законспектировать, кратко фиксируя взаимосвязи между ключевыми понятиями и положениями. Для имеющих значительный объем материалов целесообразно зафиксировать показательные цитаты (с указанием страниц). Оставшиеся непонятными понятия и ключевые формулы следует зафиксировать в лекционной тетради в виде карандашных набросков, уточнить их смысл в ходе контактной работы с преподавателем и затем зафиксировать в тетради уточненные определения и теоретические положения.

2.3. Рекомендации по подготовке к выполнению лабораторных работ и их защите

Лабораторная работа – это проведение студентами с использованием приборов, технических приспособлений или вычислительной техники со специализированным программным обеспечением исследований, позволяющих получить наглядные результаты в изучаемой тематической области.

При подготовке к лабораторному занятию необходимо заранее изучить методические рекомендации по его проведению, обратить внимание на цель занятия, его направленность, проработать по конспекту лекций и предложенной литературе теоретические положения, объясняющие исследуемые явления и эффекты. Следует постараться найти ответы на основные вопросы для подготовки к занятию, выполнить домашнее задание к лабораторной работе (при его наличии), подготовить рекомендованные шаблоны протоколов испытаний.

После выполнения исследований необходимо произвести самостоятельный критический анализ собранных данных, попытаться оценить их достоверность. Корректность сомнительных результатов следует сначала обсудить с коллегами по бригаде (при бригадном варианте проведения исследований), а при сохранении неясности – с преподавателем. После этого необходимо оформить результаты проведенных исследований, сформулировать выводы, подготовить ответы на контрольные вопросы, приведенные в методических указаниях к выполнению лабораторной работы, и представить отчет по работе преподавателю для обсуждения и защиты результатов исследований.

3. Рекомендации по самостоятельному изучению отдельных разделов и вопросов дисциплины

Рекомендации по разделению часов самостоятельной работы студентов между разными видами занятий приведены в табл. 3.1-3.4. Под типом СРС во всех таблицах понимается:

1) «Лекц.» – проработка учебного материала по конспекту лекций и дополнительной литературе;

2) «Лаб.р.» – подготовка к выполнению лабораторных работ и их защите;

3) «СИТ» – самостоятельное изучение темы с использованием основной и дополнительной литературы.

Таблица 3.1

Рекомендации по изучению раздела «Анализ радиобстановки и адаптация радиотехнических систем»

Неделя	Тип СРС	Название темы (занятия) или изучаемый вопрос и рекомендуемая литература для СИТ	Объем, часы
1	Лекц.	Методы анализа радиобстановки в широких полосах частот	1
2	Лекц.	Адаптация обнаружителей сигналов к неизвестному уровню фоновых шумов	1
2	Лаб.р.	Поиск активных радиоканалов в широких полосах частот*	4
3	Лекц.	Цифровые спектроанализаторы и их основные показатели	1
4	Лекц.	Корреляционно-интерферометрические пеленгаторы и их характеристики	1
4	Лаб.р.	Исследование свойств цифровых спектроанализаторов*	4
6	Лаб.р.	Исследование свойств корреляционно-интерферометрических пеленгаторов [1, с. 294-309, 331-347]	4

Примечание: студенты заочного обучения выполняют первые две лабораторные работы.

Таблица 3.2

Рекомендации по изучению раздела «Особенности многолучевого распространения сигналов»

Неделя	Тип СРС	Название темы (занятия) или изучаемый вопрос и рекомендуемая литература для СИТ	Объем, часы
5	Лекц.	Импульсная характеристика канала.	1
5	СИТ	Мощность сигнала на выходе многолучевого канала [2, с. 92-103; 3, с. 961-995; 6, с. 237-248]	3
6	Лекц.	Основные числовые показатели многолучевых радиоканалов	1
7	Лекц.	Имитационное моделирование многолучевых каналов	1
7	СИТ	Типовые рекомендуемые в различных стандартах модели каналов [3, с. 961-995; 6, с. 254-270]	6
8	Лаб.р.	Моделирование многолучевых радиоканалов	4

Таблица 3.3

Рекомендации по изучению раздела «Прием сигналов в многолучевых радиоканалах»

Неделя	Тип СРС	Название темы (занятия) или изучаемый вопрос и рекомендуемая литература для СИТ	Объем, часы
8	Лекц.	Искажения из-за многолучевости и методы борьбы с ними. Прием сигналов в многолучевых радиоканалах.	1
9	Лекц.	Оценка импульсной характеристики при заданной её длине. Оценка длины импульсной характеристики.	1

Продолжение табл. 3.3

9	СИТ	Оценка передаточной функции канала в OFDM-системе [5, с.44-57; 6, с. 246-249]	5
10	Лекц.	Оценка многоканальной импульсной характеристики в системах связи с разнесенным приемом.	1
10	Лаб.р.	Оценка многоканальной импульсной характеристики в системах связи с разнесенным приемом.	4
12	Лаб.р.	Прием сигналов в многолучевых радиоканалах	4

Таблица 3.4

Рекомендации по изучению раздела
«Адаптивная фильтрация сигналов»

Неделя	Тип СРС	Название темы (занятия) или изучаемый вопрос и рекомендуемая литература для СИТ	Объем, часы
10	СИТ	Основы технологии компенсации эхосигналов, очистки сигналов от шумов [4, с. 37-44, 53-57]	2
10	СИТ	Основы технологии идентификации линейных систем, линейного предсказания сигналов [4, с. 33-37, 57-58]	3
11	Лекц.	Основы адаптивной обработки сигналов. Требования к адаптивным фильтрам.	1
12	СИТ	Комплексный градиент и его применение в адаптивной фильтрации сигналов [4, с. 59-70]	2
12	СИТ	Основы адаптивной фильтрации сигналов [4, с. 72-100]	3

12	Лекц.	Фильтрация по методу наименьших квадратов, рекурсивная адаптивная фильтрация.	1
----	-------	---	---

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рембовский А.М., Ашихмин А.В., Козьмин В.А. Радиомониторинг: задачи, методы, средства / Под редакцией А.М. Рембовского. - 3-е изд., перераб. и доп. – М: Горячая линия-Телеком, 2012.

2. Теория передачи сигналов: Учебник для вузов / Зюко А.Г., Кловский Д.Д., Назаров М.В., Финк Л.М. – М.: Связь, 1980. – 288 с.

3. Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е, испр. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1004 с.

4. Джиган, В.И. Адаптивная фильтрация сигналов: теория и алгоритмы. – М.: Техносфера, 2013. – 528 с.

5. Ермолаев, В.Т. Теоретические основы обработки сигналов в системах мобильной радиосвязи: электронное методическое пособие / В.Т. Ермолаев, А.Г. Флакман – Нижний Новгород: НГУ им. Н.И. Лобачевского, 2010. – 108 с. – Текст: электронный – URL: <http://www.unn.ru/pages/e-library/methodmaterial/2010/56.pdf>

6. Волков Л.Н. Системы цифровой радиосвязи: базовые методы и характеристики / Л.Н. Волков, М.С. Немировский, Ю.С. Шинаков. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 392 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗУЧАЕМОЙ ДИСЦИПЛИНЕ	4
1.1. Цели и задачи дисциплины	4
1.2. Разделы, входящие в рабочую программу дисциплины.....	4
1.3. Формы итоговой аттестации	5
1.4. Типовые вопросы к зачету.....	5
2. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ	7
2.1. Рекомендации по освоению учебного материала по конспекту лекций и дополнительной литературе	7
2.2. Общие рекомендации по изучению вопросов, не вошедших в лекционный цикл.....	7
2.3. Рекомендации по подготовке к выполнению лабораторных работ и их защите.....	8
3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ОТДЕЛЬНЫХ РАЗДЕЛОВ И ВОПРОСОВ ДИСЦИПЛИНЫ.....	10
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	13

АДАПТАЦИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ К ПОМЕХОВОЙ ОБСТАНОВКЕ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по организации самостоятельной работы
для студентов бакалавриата
направления 11.03.01 «Радиотехника»
(профиль «Радиотехнические средства передачи,
приема и обработки сигналов»)
очной и заочной форм обучения

Составитель
Токарев Антон Борисович

В авторской редакции

Компьютерный набор А. Б. Токарева

Подписано к изданию 19.06.2023.
Уч.-изд. л. 0,7.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84