

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Кафедра радиотехники

ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ НА ФОНЕ ШУМОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по организации самостоятельной работы
для студентов магистратуры
направления 11.04.01 «Радиотехника»
очной формы обучения

Воронеж 2022

УДК 621.37
ББК 32.84

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

Обработка сигналов на фоне шумов: методические указания по организации самостоятельной работы для студентов магистратуры направления 11.04.01 «Радиотехника» очной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. А. Б. Токарев. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022. 16 с.

Содержат краткие сведения о рабочей программе дисциплины и рекомендации по подготовке к отдельным видам занятий и по углубленной проработке отдельных разделов дисциплины «Обработка сигналов на фоне шумов» при самостоятельной работе студентами магистратуры направления 11.04.01 "Радиотехника" (профиль "Радиотехнические средства обработки и защиты информации в каналах связи") очной формы обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле «БРТ_СамР_ Обработка на фоне шумов.pdf»

Ил. 0 Табл. 4 Библиогр.: 5 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 «Обработка сигналов на фоне шумов» предусматривает расширенное изучение разделов дисциплины, углубленную проработку теоретического материала по отдельным вопросам учебного курса и подготовку к выполнению лабораторных работ (включая выполнение домашних заданий, ознакомление с нормативными документами, работу со словарями и справочниками).

Результаты СРС проявляются в активности студента на занятиях и в повышении уровня понимания возможностей и ограничений методов статистической обработки случайных процессов и организации приёма и передачи данных в сложной помеховой обстановке. 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 инженерных радиотехнических задач со статистических позиций; приобретение навыков оптимального обнаружения и различения радиосигналов на фоне помех.

Для достижения цели ставятся задачи:

1. Изучение методов статистического анализа и синтеза радиотехнических устройств и систем.

2. Получение навыка использования методов оптимального обнаружения, различения и фильтрации сигналов на фоне помех.

1.2 Разделы, входящие в рабочую программу дисциплины

Очная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего часов
1	Статистическое описание случайных процессов в линейных и нелинейных цепях	8	-	20	28
2	Оптимальная линейная фильтрация сигналов. Различение сигналов. Потенциальная помехоустойчивость	16	8	40	64
3	Сигналы, применяемые в радиотехнических системах различного назначения	8	8	20	36
4	Элементы теории калмановской фильтрации сигналов	8	4	13	25

1.3 Формы итоговой аттестации

При очной форме обучения изучение дисциплины завершается в семестре 1 экзаменом.

1.4 Типовые вопросы к экзамену

1. Случайные процессы (СП) и их вероятностное описание. Числовые характеристики случайных процессов.

2. Строго стационарные случайные процессы, процессы, стационарные в широком смысле и эргодические случайные процессы. Их основные свойства.

3. Корреляционная функция эргодического СП; ее свойства и методы экспериментального измерения. Понятие интервала корреляции СП.

4. Спектральная плотность мощности эргодического СП. Понятие ширины спектра СП. Связь между спектральной плотностью мощности и корреляционной функцией СП. Белый шум. Его энергетические и корреляционные характеристики.

5. Амплитудное и фазовое детектирование узкополосного нормального эргодического процесса и аддитивной смеси гармонического сигнала и узкополосного нормального СП. Статистические характеристики выходных процессов.

6. Закон распределения, спектральная плотность мощности и корреляционная функция случайного процесса на выходе линейной цепи.

7. Плотность вероятности и числовые характеристики процесса на выходе нелинейной безынерционной цепи.

8. Оптимальное выделение сигналов неизвестной формы в условиях действия помехи с произвольной формой спектральной плотности мощности. Коэффициент передачи оптимального фильтра. Минимально достижимая среднеквадратическая ошибка фильтрации сигнала.

9. Согласованный фильтр; импульсная характеристика и комплексный коэффициент передачи согласованного фильтра. Предельно достижимое отношение сигнал / шум на выходе линейной цепи при оптимальном обнаружении сигнала известной формы в условиях действия белого шума (согласованная фильтрация).

10. Оптимальное обнаружение сигналов известной формы в условиях действия помехи с произвольной формой спектральной плотности мощности. Оптимальный фильтр и его комплексный коэффициент передачи.

11. Проблема синхронизации при когерентном обнаружении сигнала известной формы. Некогерентное обнаружение сигналов, его достоинства и недостатки. Квазиоптимальные фильтры; их достоинства и недостатки в сравнении с согласованными фильтрами.

12. Векторное представление сигнала. Основные характеристики сигнала в функциональном пространстве (расстояние между двумя разными сигналами, угол между векторами этих сигналов, удаление сигнала от начала координат). Функциональное пространство сигналов; размерность пространства. Понятие базы сигнала (ансамбля сигналов).

13. Простые и сложные сигналы. База простого и сложного сигналов. Преимущества и недостатки сложного сигнала по сравнению с простым. Методы формирования сложных сигналов.

14. Потенциальная помехоустойчивость при точно известном ансамбле сигналов.

15. Прием радиосигналов в каналах с замираниями.

16. Прием сигналов в условиях сосредоточенных и импульсных помех.

17. Обнаружение сверхширокополосных радиолокационных сигналов.

18. Оптимальная линейная фильтрация скалярных параметров радиосигналов. Особенности фильтрации векторных параметров сигналов.

19. Уравнения фильтра Калмана при фильтрации скалярных параметров сигналов.

20. Применение фильтров Калмана к задачам нелинейной фильтрации.

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 описки, 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 исследуемых 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 применительно к первому из семестров изучения дисциплины 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 «Статистическое описание случайных процессов в линейных и нелинейных цепях»

Не- деля	Тип СРС	Название темы (занятия) или изучаемый вопрос и рекомендуемая литература для СИТ	Объем, часы
1	Лекц.	Статистическое описание случайных процессов в линейных и нелинейных цепях	1
1	СИТ	Стационарные и эргодические случайные процессы [1, с. 7-19]	4
2	Лекц.	Спектральное и корреляционное описание случайных процессов	1
2	СИТ	Теорема Винера-Хинчина [1, с. 23-30]	4
3	Лекц.	Частотный и временной методы анализа характеристик стационарных сигналов после прохождения через линейные цепи	1

Продолжение табл. 3.1

3	СИТ	Белый шум и его свойства. Типовые шумы, действующие в радиотехнической аппаратуре [1, с. 32-42]	4
4	Лекц.	Преобразование случайных процессов в нелинейных безынерционных цепях	1
4	СИТ	Случаи нелинейного преобразования с конечнозначной и бесконечнозначной обратной функцией [1, с. 71-80]	4

Таблица 3.2

Рекомендации по изучению раздела «Оптимальная линейная фильтрация сигналов. Различение сигналов. Потенциальная помехоустойчивость»

5	Лекц.	Оптимальная фильтрация случайных сигналов с известными спектральными характеристиками	1
5	Лаб.р.	Фильтрация сигналов неизвестной формы фильтром Колмогорова-Винера	4
6	СИТ	Задачи обнаружения, различения, разрешения и фильтрации сигналов [3, с. 21-31, 142-147]	4
6	Лекц.	Оптимальная линейная фильтрация сигналов известной формы на фоне белого шума	1
7	Лекц.	Согласованный фильтр (СФ). Характеристики и физические причины оптимальности СФ при обнаружении сигналов	1
7	СИТ	Расчет показателей правдоподобия выборов сигналов [3, с. 27-37; 2, с. 124-128]	4
8	Лекц.	Проблема синхронизации при согласованной фильтрации радиосигналов. Квазиоптимальные фильтры	1

Продолжение табл. 3.2

8	СИТ	Основы расчета потенциальной помехоустойчивости для ансамблей, состоящих из двух сигналов, при когерентном приеме [2, с. 139-141; 3, с. 38-42, 60-64]	4
9	Лекц.	Оптимальное обнаружение сигналов известной формы на фоне помехи с неравномерной спектральной плотностью мощности	2
9	Лаб.р.	Фильтрация сигналов неизвестной формы фильтром Колмогорова-Винера	1
10	Лекц.	Задачи различения и разрешения сигналов	1
10	СИТ	Относительная фазовая манипуляция. Достоинства и расчет помехоустойчивости [2, с. 142-145]	5
11	Лекц.	Потенциальная помехоустойчивость систем связи	1
11	СИТ	Расчет потенциальной помехоустойчивости при некогерентном приеме [2, с. 146-157; 3, с. 42-47, 52-55]	4
12	Лекц.	Типовые характеристики помехоустойчивости для ансамблей сигналов, применяемых в современных системах связи	1

Таблица 3.3

Рекомендации по изучению раздела «Сигналы, применяемые в радиотехнических системах различного назначения»

Не- деля	Тип СРС	Название темы (занятия) или изучаемый вопрос и рекомендуемая литература для СИТ	Объем, часы
13	Лекц.	Корреляционный анализ детерминированных сигналов	1
13	Лаб.р.	Синтез псевдослучайных последовательностей	4
14	Лекц.	Особенности корреляционных характеристик сигналов, состоящих из последовательности импульсов одинаковой длительности	1
14	СИТ	Методы синтеза сложных видеосигналов [3, с. 164-167; 4, с. 57-70, 73-82]	4
15	Лекц.	Понятие базы ансамбля сигналов. Сложные сигналы, их свойства и применение в радиотехнических системах различного назначения	1
15	СИТ	Методы синтеза сложных радиосигналов [3, с. 150-163; 4, с. 16-20, 33-36, 38-45, 50-56]	4
16	Лекц.	Сложные сигналы, применяемые в современных системах связи	1
16	Лаб.р.	Синтез и свойства сложных радиосигналов	4

Таблица 3.4

Рекомендации по изучению раздела «Элементы теории
калмановской фильтрации сигналов»

Не- деля	Тип СРС	Название темы (занятия) или изучаемый вопрос и рекомендуемая литература для СИТ	Объем, часы
17	Лекц.	Оптимальная линейная фильтрация параметров сигналов. Модели фильтруемых сообщений	1
18	Лекц.	Оптимальная линейная фильтрация скалярного параметра. Уравнения фильтра Калмана	1
19	Лекц.	Физическая сущность фильтрации Калмана. Структурные схемы реализации фильтров Калмана	1
19	СИТ	Применение фильтров Калмана к задачам нелинейной фильтрации [3, с. 116-118, 120-122]	4
20	Лекц.	Фильтр Калмана при оценивании векторных параметров сигналов	1
19	СИТ	Разбор практического примера оценивания траектории движения объектов [3, с. 458-469]	4
20	Лаб.р.	Фильтрация скалярного параметра случайного процесса фильтром Калмана	4

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Токарев А.Б. Теория вероятностей и случайные процессы в радиотехнике. Часть 2: учеб. пособие. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2017. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

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. Радиотехнические системы: Учеб. для вузов по спец. «Радиотехника» / Ю. П. Гришин, В. П. Ипатов, Ю. М. Казаринов и др. Под ред. Ю. М. Казаринова. – М.: Высш. шк., 1990. – 496 с.

4. Попов, В.Ф. Широкополосные и сверхширокополосные сигналы в системах мобильной связи и навигации: учеб. пособие / В.Ф. Попов – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2015. – 204 с. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/epd-reader?publicationId=58103>.

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 экзамену	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	15

ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ НА ФОНЕ ШУМОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по организации самостоятельной работы
для студентов магистратуры
направления 11.04.01 «Радиотехника»
очной формы обучения

Составитель:
Токарев Антон Борисович

В авторской редакции

Компьютерный набор А. Б. Токарева

Подписано к изданию 08.02.2022.
Уч.-изд. л. 0,9.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14