

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И СВЯЗИ УКРАИНЫ
УКРАИНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи

МАРТЫНЕНКО МИХАИЛ ВАСИЛЬЕВИЧ

УДК 621.391.2:621.396.96

**СИСТЕМЫ ПРИЁМА СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ
ПРЕОБРАЗОВАНИЙ**

05.12.02 – Телекоммуникационные системы и сети

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук

Научный руководитель –
доктор технических наук, профессор
ПОЛЯКОВ ПЕТР ФЕДОРОВИЧ,
Заслуженный работник транспорта
Украины

Харьков 2007

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
РАЗДЕЛ 1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПРИЁМА СИГНАЛОВ В КАНАЛАХ С ЧАСТОТНО-СЕЛЕКТИВНЫМИ ЗАМИРАНИЯМИ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ	
1.1. Описание линейного канала с частотно-селективными замираниями.....	8
1.2. Модель сложного сигнала.....	21
1.3. Методы и системы передачи информации по каналам с рассеянием по времени и частоте.....	33
1.4. Постановка задачи исследований.....	40
1.5. Выводы.....	42
РАЗДЕЛ 2. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУРЬЕ И ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ. АНАЛОГОВЫЕ МЕТОДЫ	
2.1. Интегральное разложение Фурье функций класса $L_2\left(-\frac{T}{2}, \frac{T}{2}\right)$. Синтез преобразователя Фурье	43
2.2. Анализ погрешности преобразования.....	52
2.3. Выводы.....	61
РАЗДЕЛ 3. ПРИЕМ И ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ ПРЕОБРАЗОВАННОЙ МОДЕЛИ	
3.1. Преобразованная модель канала с частотно-селективными замираниями.....	63
3.2. Фурье-фильтры. Особенности построения.....	71
3.3. Прием сигналов при наличии совокупности помех. Качественный анализ.....	78

3.4. Квазиоптимальный прием сигналов в каналах с сосредоточенными по спектру и импульсными помехами. Количественный анализ.....	82
3.5. Квазиоптимальный прием аналоговых сигналов в каналах с селективными замираниями, сосредоточенными и флуктуационными помехами. Количественный анализ.....	88
3.6. Синтез систем приема сигналов в каналах с селективными замираниями. Преобразованная модель. Марковский подход	97
3.7. Выводы.....	105
РАЗДЕЛ 4. АНАЛИЗ ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ ОТКЛИКА ФИЛЬТРА С КВАДРАТИЧНОЙ ФАЗОЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ НА ЛИНЕЙНО ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННЫЙ РАДИОИМПУЛЬС	
4.1. Вывод точного выражения, описывающего отклик фильтра.....	108
4.2. Качественный анализ.....	117
4.3. Условие отсутствия частотной модуляции отклика.....	126
4.4. Выводы.....	136
ВЫВОДЫ.....	140
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	142

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Актуальность проблемы повышения помехоустойчивости телекоммуникационных систем возрастает вместе с ростом количества радиоизлучений и «тесноты в эфире». Следует отметить, что помеховая обстановка в конкретной точке нашей планеты характеризуется наличием большого количества помех с различной структурой и спектральным составом. Естественно предполагать, что преобладающим на достаточно коротком отрезке времени (который будет определен ниже) являются один-два вида помех (в основном, стационарные). В этих условиях при синтезе оптимальных систем приема можно предложить использовать обобщенную спектральную теорию сигналов, хорошо систематизированную в работе [86]. Первые попытки ее использования при исследовании ЧМ и АМ сигналов и модулированных фильтров содержатся в работах [13,73].

Использование обобщенной спектральной теории сигналов для синтеза систем приема сигналов, как будет показано ниже, открывает новые интересные возможности повышения их помехоустойчивости как к аддитивным, так и мультипликативным помехам; позволяет реализовать новые методы частотной селекции и детектирования сигналов, новые методы и устройства следящей фильтрации, повысить качественные показатели панорамных радиоприемных устройств и устройств распознавания сигналов, линейных фильтров со сложным законом изменения их параметров, реализовать новые системы оптимального приема сигналов в многолучевых каналах связи и др.

В настоящей работе подробно освещены эти вопросы с использованием представления сигнала в частотно-временной плоскости, т.е. использованы интегральные разложения сигнала по системам базисных дельта- и тригонометрических функций. Интегральное разложение Фурье реализуется на основе устройств с дисперсией фазовой скорости [84], при этом исследуются потенциальные возможности (предельно-достижимые технические харак-

теристики) таких интегральных преобразователей, в частности, диапазон одновременного анализа, в котором возможно осуществить преобразования Фурье и анализ погрешности преобразований Фурье. Последнее частично рассмотрено в работах [77-79].

Связь работы с научными программами, планами, темами. Работа выполнялась в соответствии с Концепцией развития ЕНСС в Украине, Концепцией развития телекоммуникационных систем на железнодорожном транспорте Украины, Программой создания единой транспортной сети связи Министерства транспорта и связи Украины.

Результаты диссертационной работы использовались в научно-исследовательских госбюджетных и хозрасчетных работах кафедры «Транспортная связь» Украинской государственной академии железнодорожного транспорта.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является разработка методов и систем приема сигналов при наличии замираний (временных и частотно-селективных) в канале и воздействия совокупности аддитивных помех (сосредоточенных по спектру и импульсных) на основе использования интегральных преобразований сигналов.

В соответствии с поставленной целью в диссертационной работе решаются такие основные задачи исследования:

1. Разработка новых принципов построения систем передачи информации на основе интегральных преобразований.
2. Создание методов и систем приема сигналов при наличии в канале связи совокупности аддитивных (флуктуационных, импульсных и сосредоточенных по спектру) помех на основе интегральных преобразований.
3. Создание методов и систем приема сигналов в каналах с частотно-селективными замираниями (многолучевых каналах) и аддитивными помехами на основе интегральных преобразований.
4. Синтез оптимальных систем приема сигналов в многолучевых каналах.
5. Синтез устройства преобразования Фурье, анализ погрешности

преобразования и влияние ее на помехоустойчивость приема.

Объектом исследования являются процессы обработки сигналов в каналах связи с многолучевостью и аддитивными помехами.

Предметом исследования являются оптимальные методы и системы приема сигналов в многолучевых каналах при наличии совокупности аддитивных помех.

Методами исследования являются математическая статистика и теория вероятностей, марковская теория оптимальной нелинейной фильтрации, теория функционального анализа, статистическая теория связи.

Научная новизна полученных результатов состоит в следующем:

1. Разработаны новые принципы построения систем передачи информации на основе интегральных преобразований.
2. Разработаны методы и системы приема сигналов при воздействии аддитивных флуктуационных, сосредоточенных по спектру и импульсных помех на основе интегральных преобразований.
3. Синтезирована система приема сигналов в каналах с частотно-селективными замираниями и аддитивными помехами.
4. Синтезирована система аппаратного преобразования Фурье, проведен анализ погрешности преобразования и влияния ее на помехоустойчивость приема.

Практическая ценность. Результаты работы позволяют создать системы приема радиосигналов практически инвариантных к воздействию сосредоточенных помех в многолучевых каналах. Результаты работы использованы при модернизации системы радиосвязи «Орион», а также в учебном процессе и при разработке нормативно-технической документации.

Личный вклад соискателя состоит в постановке и решении теоретических и экспериментальных задач, связанных с оптимизацией телекоммуникационных систем на основе аппаратного двойного (прямого и обратного) преобразований Фурье и распространения его на случай воздействия в канале с частотно-селективными замираниями аддитивных помех произвольной структуры при приеме сложных сигналов. Работа выполнена на кафедре «Транспортная связь»

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Акرويد Мгновенные спектры и мгновенная частота // ТИИЭР. –Т.58. –1970. -№2. –С.89.
2. Андронов И.С. Потенциальная помехоустойчивость разнесенного приема. - Электросвязь, 1965. №9.
3. Андронов И.С., Финк Л.М. Передача дискретных сообщений по параллельным каналам. -М. Сов. Радио. 1971. -408 с.
4. Бельфноре К.А., Парк Дж.Х. Компенсация посредством решающей обратной связи //ТИИЭР. - 1979.Т.67. №8 -С. 67-83.
5. Бенджамин Р. Анализ радио- и гидролокационных сигналов. Пер. с англ. Под ред. И.Е.Овсиевича. –М.: Воениздат, 1969.
6. Богущ Р.Л., Джульяко Ф.У., Репп Д.Л. Частотно-селективные замирания и их коррекция методом решающей обратной связи// ТИИЭР. 1979. т.67. №8, -с.67-83.
7. Бремерман Г. Распределения, комплексные переменные и преобразователи Фурье. Пер. с англ. Под ред. В.С.Владимирова. –М.: Мир, 1968.
8. Бреннан Д.Г. Анализ медленных флуктуации. Лекции по теории систем связи/Пер, с англ. под ред.Б. Р. Левина, -М.: Мир 1964.
9. Варакин Л.Е. Резонанс, согласованный фильтр и сложные сигналы.-В кн. Теоретическая электротехника. Республиканский межведомственный научно-техн. сборник, 1969, вып.8, с.21-29.
10. Бьюси (Richard S. Bucy), 190, №6, УДК 621.391.2. Ориг. с.854-864.
11. Вакман Д.Е, Вайнштейн Л.А. Амплитуда, фаза, частота - основные понятия

теории колебаний - Успехи физических наук, 1977, т. 123, № 4, с.657-682.

12. Варакин Л.Е. Теория сложных сигналов.-М.:Сов.радио, 1970. -376 с.
13. Винницкий А.С. Модулированные фильтры и следящий прием ЧМ сигналов. М.: Сов.радио, 1969. 548 с.
14. Возенкрафт Дж.М. Последовательный прием при связи через канал с параметрами, изменяющимися во времени // Лекции по теории систем связи /Под ред. Дж. Багдади: Пер с англ. Под ред. Б.Р. Левина. -М.: Мир, 1964.-с. 241-288.
15. Гольдберг А.П., Вялых А.Г. Характеристики обнаружения сосредоточенных по спектру радиопомех -Радиотехника, 1979, т. 34 № 4, с. 26-30.
16. Гольденберг Л.М., Кловский Д.Д. Метод приема импульсных сигналов, основанный на использовании вычислительных машин// Труды ЛЭИС. 1959. Вып. VII (44). -С. 17-26.
17. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. –М.: Сов. радио, 1971.
18. Поверхностные акустические волны. Устройства и применения: Пер. с англ./Под общей ред. и с предисловием Ю.В. Гуляева.-ТИИЭР, 1976, т.64, №5. -324 с.
19. Гусятинский И.А., Немировский А.С. Система борьбы с интерференционными замираниями на тропосферных линиях связи -Электросвязь, 1973, № 2, с. 7-12.
20. Таблицы интегралов Френеля/Под ред. В.А. Диткина. М.: АН СССР, 1958.
21. Диторо М. Связь в средах с рассеянием по времени и частоте при использовании адаптивной компенсации //ТИИЭР. - 1968. №10 -С. 15-45.
22. Долгочуб В.Т., Демиденко П.П. Подавление узкополосных помех в широкополосных системах связи.-В кн.: Труды ЦНИИ морского флота, 1978, № 234, с. 88-90.

23. А.С. 536605 (СССР) Устройство для измерения группового времени запаздывания в каналах связи / В.И.Елисеев, П.Ф.Поляков.
24. Журавлев В.И., Зайцев Д.Л. Применение сигналов с линейной ЧМ для передачи дискретной информации.-Труды научно-технической конференции. Проблемы оптимальной фильтрации. М.: Сов. радио, 1968, вып. 2, с. 13-20.
25. Кайлат Т. Каналы с параметрами, изменяющимися во времени //Лекции по теории систем связи под ред. Е. Дж. Багдади: Пер. с англ./ Под ред. Б.Р. Левина. - М.: Мир, 1964. -402с.
26. Кеннеди Р. Каналы связи с замираниями и рассеянием/ Пер. с англ. под ред. И.А. Овсеевича. -М.: Сов. Радио, 1973. - 304с.
27. Кириллов Н.Е., Черкунов А.И. О линейной фильтрации при межсимвольной интерференции// Радиотехника, 1972. №11. с. 23-27.
28. Кириллов Н.Е., Сойфер В.А. Пространственно-временные характеристики линейных каналов с переменными параметрами. – Проблемы передачи информации, 1972, т.ХІІІ вып.2, с. 40-46.
29. Кирилов Н.Е. Помехоустойчивая передача сообщений по линейным каналам со случайно изменяющимися параметрами, - М.: Связь, 1971. -256с.
30. Кирюхин Л.М., Москалец О.Д., Ульянов Г.К. Дисперсионный анализ спектров видео- и радиоимпульсов. Труды ЛИАП, 1969, вып. 64, с.40-52.
31. Кисель В.А. Минимизация интерференционных помех в цифровых каналах с эхо-сигналами //-М.: Радио и связь, 1973. № 10. -С. 28-35.
32. Кловский Д.Д., Николаев Б.И. Инженерная реализация радиотехнических систем (в системах передачи дискретных сообщений в условиях межсимвольной интерференции). -М.: Связь, 1975-200с.
33. Кловский Д.Д. Передача дискретных сообщений по радиоканалам. -М.: Радио и

связь, 1982. -304с.

34. Кловский Д.Д., Конторович В.Я., Широков СМ. Модели непрерывных каналов связи на основе стохастических дифференциальных уравнений. - М.: Радио и связь, 1984. - 248 с.
35. Современная радиолокация (анализ, расчет и проектирование систем): Пер. с англ. /Под ред. Ю.Б. Кобзарева. М.: Сов.радио, 1969. 704 с.
36. Колмогоров А.Н. Интерполирование и экстраполирование стационарных случайных последовательностей. -Известия АН СССР, сер. математическая, 1941, т. 5, № 1, с. 3-14.
37. Коржик В.И., Финк Л.М. Помехоустойчивое кодирование дискретных сообщений в каналах со случайной структурой. -М.: Связь, 1975. 272 с.
38. Расчет помехоустойчивости систем передачи дискретных сообщений: Справочник/Коржик В.И., Финк Л.М., Щелкунов К.Н.: Под ред. Л.М. Финка. - М.: Радио и всязь, 1981. -232с.
39. Котельников В.А. Теория потенциальной помехоустойчивости. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1956.
40. Кук Ч., Бернфельд М. Радиолокационные сигналы. Теория и применение: Пер. с англ./Под ред. В.С. Кельзона.-М.: Сов. радио, 1971, -568 с.
41. Курант Р., Гильберт Д. Методы математической физики. Т.1. –М.: ГИТТЛ, 1951.
42. Куреши Ш.У.Х. Адаптивная коррекция //ТИИЭР. 1985. т. 73. №9. с.5-49.
43. Лакки Р.В. Обзор литературы по теории связи 1968-1973 г.г.: Экспресс информация. Передача информации /ВИНИТИ, 1974. №21.
44. Ландарь А.А., Миц А.А., Коцюбинский В.А., Поляков П.Ф. Способ деления электрических колебаний. -Известия вузов, сер. Радиоэлектроника, 1972, т. XV, №1,с. 121- 123.

45. Левин Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники, Кн. первая, 2-е изд. М.: Сов. радио, 1975.
46. Левин Б.Р. Радиотехника. –Т. 25, 1970. -№5. –С. 14.
47. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. Кн.1.- М.:Сов.радио, 1969. -752 с.
48. Лезин Ю.С. Оптимальные фильтры и накопители импульсных сигналов.- М.:Сов.радио, 1969. -448 с.
49. Лободинский Ю.Г., Оноприенко Е.И. Об анализе спектра устройством с дисперсией. Радиотехника, т.21, 1966, № 10, с.53-59.
50. Маригодов В.К., Бабуров Э.Ф. Синтез оптимальных радиосистем с адаптивным предсказанием и корректированием сигналов. -М.: Радио и связь, 1985.-248с.
51. Маригодов В.К. Помехоустойчивая обработка информации. Методы оптимального нелинейного предсказания и корректирования.-М.: Наука, 1982.-201с.
52. Мартиненко М.В. Статистическое моделирование алгоритмов приема сигналов в многолучевых каналах//Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків. 2003. №5. –С. 51.
53. Мартиненко М.В. Перетворення Фур'є й обробка сигналів. Аналогові методи. Частина 1. Синтез перетворювача Фур'є//Телекомунікаційні системи та мережі на залізничному транспорті: Міжвуз. зб. наук. праць –Харків: - УкрДАЗТ, 2005. – Вип.71. –С.158-166.
54. Мартиненко М.В. Перетворення Фур'є й обробка сигналів. Аналогові методи. Частина 2. Аналіз помилки перетворення//Телекомунікаційні системи та мережі на залізничному транспорті: Міжвуз. зб. наук. праць –Харків: - УкрДАЗТ, 2005. – Вип.71. –С.167-176.

55. Матвеев В.А., Сикарев А.А., Фалько А.И. Подавление сосредоточенных помех (обзор)/Изв. Вузов СССР. –Радиотехника. –Т. 20, 1979. -№4. –С.3-15.
56. Мартиненко М.В. Особливості синтезу систем при негауссівських моделях. Тези докладів 66 міжнародної науково-технічної конференції кафедр Академії та спеціалістів залізничного транспорту і підприємств, Харків, 23-25 листопада 2004р., с.42.
57. Миддлтон Д. Введение в статистическую теорию связи. Пер. с англ./Под ред. Б.Р. Левина.-М: Сов. Радио, 1962. т. 2.-831 с.
58. Михайлов А.В. Высокоэффективные оптимальные системы связи. -М.: Связь, 1980. -344с.
59. Мартиненко М.В. Системи акустoeлектронної обробки сигналів у системах зв'язку. Тези докладів 67 міжнародної науково-технічної конференції кафедр Академії та спеціалістів залізничного транспорту і підприємств, Харків, 13-14 жовтня 2005р., с.9.
60. Морроу В.Е. Общая классификация каналов // Лекции по теории систем связи под ред. Е. Дж. Багдади: Пер. с англ./ Под ред. Б.Р. Левина. - М.: Мир, 1964. с. 11-26.
61. Николаев Б.И. Последовательная передача дискретных сообщений по непрерывным каналам с памятью. -М.: Радио и связь, 1988. -264с.
62. Овсеевич И.А., Пинскер М.С. Предыскажение и корректирование в канале с замираниями// Изв. АН СССР. Энергетика и автоматика, 1960. №3. - С.145-159.
63. Овсеевич И.А., Пинскер М.С. Оптимальное линейное предыскажение и корректирование. Изв. АН СССР. ТК, 1963. №5 с.54-61.
64. Овсеевич И.А., Пинскер М.С. Оптимальное линейное предыскажение и корректирование сигнала при передаче его по многолучевой системе // Изв. АН

СССР. Энергетика и автоматика, 1959. №2. С.49-59.

65. Окунев Ю.П. Системы связи с инвариантными характеристиками помехоустойчивости. -М.: связь, 1980.- 80с.
66. Парамонов А.А. Прием дискретных сигналов в присутствии межсимвольных помех. Адаптивные выравниватели // Зарубежная радиоэлектроника. 1985. №9. с. 36-60.
67. Пестряков В.Б. Фазовые радиотехнические системы (основы статистической теории).-М.:Сов.радио, 1968. -468 с.
68. Поляков П.Ф., Миц А.А. Делитель электрических колебаний//Радиотехника. Респ. межвед. научн.-техн. сб., 1971, вып.16.
69. Поляков В.П., Мартыненко М.В. Преобразование Фурье и обработка сигналов. Аналоговые методы. Частотно-временная фильтрация//Телекомунікаційні системи та мережі на залізничному транспорті: Міжвуз. зб. наук. праць –Харків: - УкрДАЗТ, 2006. – Вип.78. –С.90-102.
70. Поляков В.П., Мартыненко М.В. Преобразование Фурье и обработка сигналов. Аналоговые методы. Реализация преобразователей Фурье класса $(-T/2, T/2)$ //Телекомунікаційні системи та мережі на залізничному транспорті: Міжвуз. зб. наук. праць –Харків: - УкрДАЗТ, 2006. – Вип.78. –С.66-76.
71. Поляков П.Ф., Ландарь А.А., Миц А.А., Коцюбинский В.Л. Способ деления электрических колебаний//Известия вузов СССР. Сер. Радиоэлектроника, т.15, 1972, №11.
72. Поляков П. Ф., Миц А. А. Оптимальный прием аналоговых широкополосных сигналов при наличии сосредоточенных помех. - Радиотехника и электроника, 1973, т. XVIII, № 1, с. 94-100.
73. Поляков П. Ф. Новый подход к использованию преобразования Фурье в

системах передачи информации. - Тезисы докладов Всесоюзной научно-техн. конференции «Проблемы космической радиосвязи», М., 1979, с. 32-33.

74. Поляков П.Ф. Метод обратной модели. Труды IV Всесоюзной конференции по распространению радиоволн. 1978. - с. 12.
75. Поляков П.Ф. Прием сигналов в многолучевых каналах. - М.: Радио и связь, 1986. - 248с.
76. Поляков П.Ф. Статистическая теория оптимальной и квазиоптимальной дискретной обработки непрерывных и дискретных сложных сигналов. -М.: ВИНТИ, 1984, № 1957-84. -122 с.
77. Поляков П.Ф. Тезисы докл. и сообщ. Всесоюзн. научно-техн. конф. «Дальнейшее развитие и внедрение новой техники приемных устройств». Москва-Горький, 1977. –С. 45.
78. Поляков П.Ф., Елисеев В.И. Устройство для измерения группового времени запаздывания в каналах связи. А.С. СССР № 536605. БИ № 43, 1976.
79. Поляков П.Ф., Мартиненко М.В. Аналіз структури відгуку фільтра на радіоімпульс. Частина.1 Виведення точного вираження, що описує відгук фільтра//Радіотехніка: Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2007. вип. 48. С. 217-223.
80. Просин А. В. Аналоговая связь по многолучевым радиоканалам, содержащим статистически неоднородные среды. - В кн.: Передача информация по радиоканалам, содержащим статистически неоднородные среды. М.: Наука, 1976, с. 3-90.
81. Функции с двойной ортогональностью в радиоэлектронике и оптике // США, 1961-1968. Пер. и научн. обр. Размахнина М.К. и Яковлева В.П. –М.: Сов. радио, 1971.
82. Сифоров В.И. Об условиях получения высокой пропускной способности каналов

связи со случайными изменениями параметров. - Электросвязь, 1958. №1.с.3-8.

83. Солодов А.В., Петров Ф.Е. Линейные автоматические системы с переменными параметрами. –М.: Наука, 1971.
84. Тверской В.И. Дисперсионно-временные методы измерений спектров радиосигналов. -М.: Сов.радио,1974. 240 с.
85. Тихонов В.И., Кульман Н.К. Нелинейная фильтрация и квазикогерентный прием сигналов. -М.: Сов. радио, 1975.
86. Трахтман А.М. Введение в обобщенную спектральную теорию сигналов. –М.: Сов. радио, 1972.
87. Турин В.Я. Передача информации по каналам с памятью. -М.: Связь, 1947. - 248с.
88. Уидроу Б. и др. Адаптивные компенсаторы помех. Принцип построения и применения // ТИИЭР. 1975. т. 63. №12.- р. 69-98.
89. Уидроу Б., Стирнз С. Адаптивная обработка сигналов. -М.: Радио и связь, 1989.- 440с.
90. Ульянов Г.К. Ультразвуковые устройства в современной радиоэлектронике.- Труды Ленинградского института авиационного приборостроения, 1969,№64,с.3-15.
91. Уорд. Анализ сжимающих фильтров с произвольной длительностью импульсного отклика.-ТИИЭР, т.54, 1966, № 4. с.281-283.
92. Фалько А.И. Об оптимальном приеме при воздействии «небелого» шума - Радиотехника, 1970, т. 25, № 8, с. 29-33.
93. Фалько А.И. Помехоустойчивость широкополосных систем связи при воздействии сосредоточенных помех-Труды учебных институтов связи, 1967, вып.36, с.16-26.

94. Финк Л.М. Андронов И.С. О помехоустойчивости одного метода разнесенного приема. - Радиотехника, 1966. №8.
95. Финк Л.М. Теория передачи дискретных сообщений -М.: Сов. радио, 1970. 728 с.
96. Харкевич А.А. Очерки общей теории связи. -М.: Гостехиздат, 1955.
97. Харкевич А.А. Передача сигналов модулированным шумом.-Электросвязь, 1957, № 11, с.42-46.
98. Харкевич А.А. Спектры и анализ // Физматгиз. –1962.
99. Хургин Я.И., Яковлев В.П. Финитные функции в физике и технике. –М.: Наука, 1971.
100. Чайковский В.И., Обуховский В.Г. Применение анализатора спектра для оптимального обнаружения радиоимпульса на фоне помехи,- Радиотехника, 1975, т.30, № 3, с. 13- 14.
101. Чельшев К.Б., Петров В.К. Применение теории широкополосных систем связи к непрерывным сигналам. -Известия вузов сер. Радиоэлектроника, 1971, т. XIV, № 6, с. 633-639.
102. Ширман Я.Д. Разрешение и сжатие сигналов.-М.:Сов.радио, 1974. -360 с.
103. Теоретические основы радиолокации /Под ред. Я.Д. Ширмана. -М.: Сов.радио, 1970. 560 с.
104. Янке Е., Эмде Ф. Таблицы функций с формулами и кривыми. –М.: ГИФМЛ. – 1959.
105. Ярлыков М.С., Черняков М.В. Оптимизация асинхронных адресных систем радиосвязи. М.: Связь, 1979.
106. Bello P.A. A troposcatter channel model // IEEE Trans. CT. Apr. 1969.
107. Bello P.A. Some Techniques for the Instantaneous Real-Time Measurement of

- Multipath and Doppler Spread. IEEE Trans. On Comm. Techn., Vol. 13, №3, 1965, p.185.
108. Bello P.A., Nelin B.D. The effect of frequency selective fading of the binare error probabilities of incoherent and differentially coherent matched filter receivers /IEEE Trans. 1963. CS. June. - P. 170-186.
 109. Bernfeld. Pulse-compression techniques. Proc. IEEE, т. 51, 1963, c. 1261.
 110. Denenberg J.N. The power mean frequency estimator: Another approach to the FM detector. IEEE Trans. Broadcast and Telev. Receivers, Vol. 20, 1974, №3, p. 201-205.
 111. P.M. Hahn, «Theoretical Diversity Improvement in Multiplae Frequency Shift Keying.» IRETrans. Commun Systems, 177-184, June, 1962.
 112. Haas F. Kortegolf outvangst roudet fading «Radio Nieuws», 1927.-p. 1
 113. I. Difranco. Closed-Form Solution for the Output of a Finite-Bandwidth Pulse-Compression Filter. Proc. IRE, Vol. 49, 1961, Num. 6, p. 1086.
 114. I.R. Williams, G.G. Ricker. Signal detectability performance of optimum Fourier receivers.-IEEE Trans. Audio and Elektroacoust, AU-20, 1972, № 4, p. 264
 115. J.G. Proakis, «On the Probability for Multichannel Reception of Binary Signals.» IEEE Trans. Commun. Technology, 68-70, Februry 1968.
 116. J.N. Pierce, «Theoretical Limitations on frequency and Time Diversity for Fading Binary Transmissions.» IRE Trans Commun. Systems, 186-189, June 1961.
 117. Kahn L.R. Compatible Single Sidband.-Proc.IRF., 1961, vol.49, №10, p.1503-1527.
 118. Kailath T. Correlation Detection of Signals Perturbed by a Raudow Channel/ - Traus IRE, IT-6, 1960, №3
 119. Kettel E. Ein automatischer Optimisator fur den Abgleich des Impulsent-zerrerez. In einer Datenubertraunq. // Arch. Elektz. Ubertz. 1964. № 18. s. 271-276.

120. Kettel E. Uber traqunqesysteme mit idealer Impulstunction // Arch. Elektr. Uberz. 1961. №15. s 207-214.
121. L. Turin, «On Optimal Diversity Reception, II», Trans. Commun. Systems, 22-31, March 1962.
122. Lafuse H.J. A Wideband Communication System Using Frequency Slope Modulation. – Proc. NEC, 1963, v. 19, p. 346-357.
123. Lucky R.W. Automatic Equalization for digital Communication //Bell Syst. Techn/ 1965. №4 -P. 547-588.
124. Nudd G.R. and Otto O.W. Chirp signal processing using SAW filters. Proc. IEEE Ultrasonic Symp., paper G.2, 1975.
125. Rihaczek A.W. Signal energy distribution in time and frequency. IEEE Trans. Inform. Theory, Vol. IT-14, 1968, №5, p. 369-374.
126. Van Trees H.L. Analog Communication Over Randomly-Time-Varying Channels.- IEEE Trans. Of Inform. Theory, 1966, vol. 12, N 1, p. 51-63.
127. W.C. Lindsey, «Error Probability for Incoherent Diversity Reception.» IEEE Trans. Inform. Teory, 491-499, October 1695.
128. Wendland B. Abtastsysteme zur adaptinen und nicht adaptinen Eutzerrung von – Kanalen // NTT, 1969. № 37. s. 335-352.
129. Wiener N. Extrapolation interpolation end smoothing of stationary time series. N.Y., J.Wiley, 1949.
130. Wille J. Theorie et applications de la noting de signal analytique. Cables et Transmission, Vol. 2, 1948, №1, p.61-74.
131. Поляков П.Ф., Мартиненко М.В., Поляков В.П., Мартиненко Л.М. Введение в теорию приема сигналов в многолучевых каналах в условиях воздействия совокупности импульсных и сосредоточенных по спектру помех: Збірник

