

**УКРАИНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

На правах рукописи

Степаненко Юлия Геннадьевна

УДК 621.391

**МЕТОД СИНТЕЗА АНСАМБЛЕЙ СЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ
ДЛЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ
С КОДОВЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ КАНАЛОВ**

05.12.02 - Телекоммуникационные системы и сети

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
Лысечко Владимир Петрович
кандидат технических наук, доцент

Харьков - 2013

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	6
РАЗДЕЛ 1. Анализ методов синтеза ансамблей сложных сигналов для систем радиосвязи с кодовым разделением каналов в условиях помех множественного доступа.....	15
1.1. Анализ взаимокорреляционных свойств сложных сигналов для систем радиосвязи с кодовым разделением каналов. Выбор критерия для оценки уровня помех множественного доступа.....	15
1.2. Оценка влияния помех множественного доступа на работу сети радиосвязи с кодовым разделением каналов.....	21
1.2.1. Оценка влияния помех множественного доступа на работу сети радиосвязи с кодовым разделением каналов с учетом энергетических свойств используемых сигналов.....	22
1.2.2. Оценка влияния помех множественного доступа на работу сети радиосвязи с кодовым разделением каналов с учетом корреляционных свойств сигналов.....	27
1.3. Постановка научно-прикладной задачи диссертации. Выбор пути уменьшения помех множественного доступа.....	33
1.4. Выводы по разделу 1.....	37
РАЗДЕЛ 2. Разработка метода формирования больших ансамблей кодовых последовательностей с улучшенными взаимокорреляционными свойствами.....	39

2.1. Разработка математической модели процесса формирования больших ансамблей кодовых последовательностей с улучшенными взаимокорреляционными свойствами.....	39
2.2. Развитие метода формирования ансамблей сложных сигналов на основе синхронной перестановки временных интервалов.....	48
2.3. Исследование свойств перестановочных ансамблей последовательностей коротких видеоимпульсов.....	56
2.4. Выводы по разделу 2.....	60

РАЗДЕЛ 3. Совершенствование метода перестановки временных интервалов в последовательностях коротких видеоимпульсов.....

3.1. Разработка процедуры перестановки временных интервалов путем поэтапного перебора.....	61
3.2. Анализ взаимокорреляционных свойств ансамблей сложных сигналов, полученных на основе перестановок временных интервалов последовательностей с низким взаимодействием во временной области.....	67
3.3. Анализ автокорреляционных свойств последовательностей, используемых для формирования перестановочных ансамблей сложных сигналов.....	77
3.4. Выводы по разделу 3.....	87

РАЗДЕЛ 4. Оценка эффективности применения разработанных методов в системах радиосвязи множественного доступа.....

4.1. Разработка практических рекомендаций по выбору параметров перестановочных сигналов на основе кодовых последовательностей с низким взаимодействием во временной области.....	88
--	----

4.2. Сравнительная характеристика взаимокорреляционных свойств сигналов на основе использования перестановочных ансамблей последовательностей с низким взаимодействием во временной области.....	96
4.3. Сравнительная оценка объемов известных ансамблей.....	98
4.4. Выводы по разделу 4.....	107
ВЫВОДЫ.....	108
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	111
Приложение А. Акт реализации результатов диссертационной работы.....	121
Приложение Б. Свидетельство о регистрации авторского права на компьютерную программу «Корреляция».....	124
Приложение В. Компьютерная программа для формирования ансамблей последовательностей сложных сигналов«Корреляция»	126
Приложение Г. Вид перестановочных последовательностей с низким взаимодействием во временной области и соответствующих им ФВК и АКФ.....	144

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ААСС – асинхронные адресные системы связи

АКФ – автокорреляционная функция

АРМ - автоматическое регулирование мощности

БС – базовая станция

ВКФ – взаимные корреляционные функции

ДСЧ – дискретные составные частотные сигналы

ДЧ – дискретные частотные сигналы

КФМ – кодовая фазовая модуляция

КЧМ – кодовая частотная модуляция

МВБЛ ФВК – максимальные выбросы боковых лепестков ФВК

МДАКР – множественный доступ с асинхронным кодовым разделением

МО – математическое ожидание

МС – мобильная станция

ПМД – помеха множественного доступа

ПСП – псевдослучайная последовательность

РС – регистр сдвига

ФАК – функция автокорреляции

ФВК – функция взаимной корреляции

ШПС – широкополосные сигналы

CDMA - Code Division Multiple Access (множественный доступ с кодовым разделением)

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Обеспечение эффективного функционирования национальной транспортной системы и международных транспортных коридоров, проходящих по территории нашего государства предопределяют необходимость развития и усовершенствование информационной системы обеспечения управления подвижными объектами на уровне современных требований в сфере связи, навигации и наблюдений. Руководствуясь Законом Украины «Про Концепцію Національної програми інформатизації» была разработана Концепция создания государственной интегрированной информационной системы обеспечения управления подвижными объектами (связь, навигация, наблюдение), утвержденная распоряжением Кабинета Министров Украины № 410-з от 17 июля 2003 года, реализующая политику интеграции Украины в мировую транспортную и информационную систему [39, 40]. Государственная интегрированная информационная система позволит на качественно новом уровне разрешить задачу информационного обеспечения грузовых и пассажирских перевозок, взаимного обмена информацией о местоположении подвижного состава и состоянии грузов. Это будет способствовать оптимизации морских перевозок, снижению экономических потерь на железнодорожном транспорте и при речных перевозках, минимизации потерь при перевозках скоропортящихся грузов железнодорожными или шоссейными рефрижераторами, значительному сокращению простоев транспортных средств, повышению рентабельности грузовых перевозок и т.д.

Современные тенденции развития средств телекоммуникаций направлены на разработку и внедрение цифровых помехозащищенных систем. Использование перспективных сигнально-кодовых конструкций, выбор оптимальных режимов функционирования дает возможность обеспечить связь в условиях влияния помех разных типов. Разработка

методов и технических средств помехозащищенной передачи дискретных сообщений есть одним из первостепенных направлений реализации Концепции создания государственной интегрированной информационной системы обеспечения управления подвижными объектами.

Одним из главных стратегических приоритетов государственной политики Украины в сфере науки и техники, утвержденных Постановлением Верховной Рады Украины в 1992 году, является развитие перспективных информационных технологий, устройств автоматизации и систем связи. Согласно Закона Украины "Про Концепцію Національної програми інформатизації", одним из основных направлений информатизации является информатизация стратегических направлений развития государственности, безопасности и обороны. Наиболее полно задачи информатизации можно решить путем широкого внедрения систем радиосвязи множественного доступа с кодовым разделением каналов, в которых находят применение ансамбли сложных сигналов с большой базой.

Во многих современных радиоэлектронных системах передачи и обработки информации с целью повышения их эффективности сегодня применяют сложные сигналы. Еще в 1940 г. Е. Хатман впервые предложил использовать в радиолокации импульсные сложные сигналы с внутриимпульсной частотной модуляцией (ЛЧМ). Первыми книгами, в которых рассмотрены основные вопросы, касающиеся сложных сигналов и оказали существенное влияние на развитие теории сложных сигналов, были написаны английским ученым Р. Бенджамином а также американскими авторами Ч. Куком и М. Бернфельдом. Среди отечественных авторов существенный вклад в теорию и технику генерирования и обработки сложных сигналов внесли Л.Е. Варакин, Я.Д. Ширман, В.К. Слока, В.Б. Пестряков, В. Ипатов и многие другие авторы [1, 10, 11, 29-31, 35, 44, 103]. В каждой работе решается проблема борьбы с помехами множественного доступа, обусловленными одновременной работой радиостанций разных

абонентов одной системы в общей полосе частот при функционировании систем радиосвязи с кодовым разделением каналов. Такие помехи представлены в виде взаимного мешающего влияния сигналов разных абонентов одной системы за счет неидеальности их взаимокорреляционных характеристик, и в значительной степени влияет на количество обслуживаемых пользователей и качество связи между ними [72]. Существующую проблему можно решить за счет применения ансамблей сложных сигналов с большой базой, разработка которых очень активно ведется по разным направлениям, но число активных абонентов сети ограничено количеством кодовых адресов известных ансамблей.

Таким образом, актуальность темы диссертационных исследований определяется необходимостью разработки новых методов формирования ансамблей сложных сигналов для систем радиосвязи с кодовым разделением каналов с целью увеличения их объема при неизменном уровне помех множественного доступа.

Научно-прикладная задача диссертации - разработка метода синтеза ансамблей сложных сигналов с большим объемом для систем радиосвязи с кодовым разделением каналов.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Исследования в диссертационной работе проводились в соответствии со следующими нормативными актами.

1. Концепция Национальной программы информатизации, одобренная Законом Украины «Про Концепцію Національної програми інформатизації» от 4 февраля 1998 г. №75/98 – ВР.

2. Концепция создания Государственной интегрированной информационной системы обеспечения управления подвижными объектами, утвержденная постановлением Кабинета Министров Украины от 17 июля 2003 г. №410 – р.

3. Государственная научно-техническая программа «Створення перспективних телекомунікаційних систем і технологій».

4. Научно-исследовательская работа «Визначення вимог до рухомих засобів зв'язку тактичної ланки управління ВВ МВС України при виконанні завдань за призначенням» (шифр - «Поляна»), № ДР 0111 U 008896, 2012г.

Цель и задачи исследований. Целью диссертационной работы является повышение эффективности телекоммуникационных сетей с кодовым разделением каналов за счет увеличения объемов ансамблей сложных сигналов с низким уровнем помех множественного доступа.

Для достижения поставленной цели необходимо решить общую научно-прикладную задачу, которая заключается в разработке метода синтеза ансамблей сложных сигналов с большим объемом для систем радиосвязи с кодовым разделением каналов. Чтобы решить общую научно-прикладную задачу диссертации необходимо решить следующие частные задачи исследований:

1. Провести анализ известных методов формирования ансамблей сложных сигналов для систем радиосвязи с кодовым разделением каналов и обосновать выбор направления исследования по повышению эффективности телекоммуникационных сетей за счет увеличения объемов ансамблей сложных сигналов.

2. Усовершенствовать метод формирования кодовых последовательностей с улучшенными взаимокорреляционными свойствами и выполнить исследование их корреляционных свойств.

3. Осуществить дальнейшее развитие метода формирования ансамблей последовательностей сложных сигналов на основе перестановок временных интервалов последовательностей с низкой взаимной корреляцией.

4. Разработать метод перестановок временных интервалов в последовательностях, исследовать ансамблевые и корреляционные характеристики полученных сигналов.

5. Разработать программное обеспечение, реализующее функционирование предложенных методов и оценить эффективность полученных на их основе решений.

6. Разработать рекомендации по практическому применению предложенных методов в современных и перспективных телекоммуникационных системах.

Объект исследования. Процесс формирования ансамблей сложных сигналов для систем радиосвязи с кодовым разделением каналов.

Предмет исследования. Методы синтеза ансамблей сложных сигналов увеличенного объема.

Методы исследования. При решении частных задач диссертации использовались: метод статистической теории связи, теории вероятностей и случайных процессов, численные методы обработки эмпирических данных.

Для подтверждения достоверности полученных теоретических результатов применялись методы имитационного моделирования. Анализ результатов экспериментальных исследований проводился с использованием методов математической статистики.

Научная новизна полученных результатов. Новые научные результаты диссертационных исследований отражены в следующих пунктах:

1. Впервые разработана математическая модель процесса формирования кодовых последовательностей коротких видеоимпульсов, позволяющая определить период следования импульсов в последовательностях ансамблей сложных сигналов с учетом количества и длительности видеоимпульсов, представленных с помощью аппроксимации функции Хевисайда. Это позволяет синтезировать ансамбли сложных сигналов с малым уровнем взаимной корреляции, что повышает эффективность телекоммуникационных сетей с кодовым разделением каналов.

2. Получил дальнейшее развитие метод формирования ансамблей сложных сигналов, за счет увеличения объема ансамбля последовательностей при неизменном уровне помех множественного доступа, который отличается от известных введением процедуры перестановки временных интервалов в кодовых последовательностях, что позволяет повысить эффективность телекоммуникационных сетей с кодовым разделением каналов.

3. Усовершенствован метод перестановок временных интервалов последовательностей ансамбля сложных сигналов за счет учета их взаимокорреляционных свойств путем перестановки временных интервалов последовательностей коротких видеоимпульсов, что позволяет повысить эффективность телекоммуникационных сетей с кодовым разделением каналов.

Практическое значение полученных результатов заключается в создании программных средств [77], которые реализуют вычислительные алгоритмы:

- формирования перестановочных ансамблей кодовых последовательностей с низким уровнем помех множественного доступа;
- перестановки временных интервалов последовательностей ансамбля сложных сигналов для систем радиосвязи с кодовым разделением каналов.

Разработаны практические рекомендации по выбору параметров сложных сигналов, полученных на основе кодовых последовательностей с улучшенными взаимокорреляционными свойствами для обеспечения заданного уровня помех множественного доступа.

С помощью разработанных в диссертации методов выполнены исследования в Академии внутренних войск МВД Украины по теме: «Визначення вимог до рухомих засобів зв'язку тактичної ланки управління ВВ МВС України при виконанні завдань за призначенням» (шифр - «Поляна»), № ДР 0111 У 008896, 2012г.

Личный вклад автора. Научные работы [84-90] выполнены автором лично. Работа [87] опубликована без соавторов. В статьях, написанных в соавторстве, автору принадлежат: обоснование научного направления, постановка задач и способ их решения, теоретическое обоснование методов и интерпретация результатов исследований. В частности,

- в статье [84] автором разработана математическая модель процесса формирования кодовых последовательностей коротких видеоимпульсов, что позволяет рассчитывать период следования импульсов в последовательностях ансамблей сложных сигналов с малым уровнем взаимной корреляции;
- в статье [85] усовершенствован метод формирования сложных сигналов на основе перестановок временных интервалов последовательностей с низкой взаимной корреляцией;
- в статье [86] автором представлены результаты исследований взаимокорреляционных свойств последовательностей с низким уровнем внутрисистемных помех;
- в статье [88] автором осуществлен статистический анализ корреляционных и энергетических свойств последовательностей с малым взаимодействием во временной области;
- в статье [89] автором усовершенствован метод перестановки временных интервалов в последовательностях ансамблей сложных сигналов.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты диссертации докладывались и были одобрены на следующих международных научно-технических конференциях:

- 5-ая международная научно-техническая конференция «Гарантоздатні системи, сервіси та технології» 12-15 травня 2010 року: Матеріали конференції. – Харків-Полтава-Кіровоград.: НВП «Радій», 2010р.;
- 72 международная научно-техническая конференция кафедр академии, инженерно-технических работников железных дорог, предприятий

и организаций Украины и других стран 21-23 апреля 2010 года: Материалы конференции. – Х.: УкрГАЗТ, 2010г.;

- международная научно-техническая конференция в рамках 8th Summer School Advanced Aspects of Theoretical Electrical Engineering Sozopol'10 Технический Университет «София», Болгария, 2010г.

Публикации. Основные результаты диссертационной работы изложены в 7 научных статьях, из которых 6 статей опубликованы в научных профессиональных изданиях Украины (3 - в научных журналах, 3 - в сборниках научных трудов), 1 статья опубликована в зарубежном сборнике научных трудов, 3 тезиса докладов в сборниках научно-технических конференций и свидетельстве о регистрации авторского права на компьютерную программу «Компьютерная программа для формирования ансамблей последовательностей сложных сигналов «Корреляция»» № 43130 от 06.04.2012г.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованных источников и 4 приложений. Полный объем диссертации составляет 147 страниц, в том числе 4 приложения на 27 страницах, 30 рисунков, 7 таблиц, список использованных литературных источников состоит из 105 наименований на 10 страницах.

Во введении раскрыто современное состояние вопроса, обоснована актуальность темы работы, определена цель исследования, перечислены основные научные и практические результаты, которые выносятся на защиту. Приведены данные об апробации и публикации результатов диссертационной работы.

В первом разделе проведен анализ основных характеристик сетей радиосвязи с кодовым разделением каналов, а также определены причины возникновения помех множественного доступа, выбран путь повышения эффективности телекоммуникационной сети за счет увеличения объема ансамблей кодовых последовательностей в системах с КРК.

Во втором разделе Получил дальнейшее развитие метод формирования сигналов на основе перестановок временных интервалов последовательностей с низкой степенью взаимного подобия, позволяющие увеличить объем ансамблей сигналов с низким уровнем помех множественного доступа. Исследованы ансамблевые характеристики полученных сигналов.

В третьем разделе усовершенствован метод перестановок временных интервалов в кодовых последовательностях с улучшенными взаимокорреляционными свойствами с учетом взаимокорреляционных свойств интервалов перестановки; выполнен анализ взаимокорреляционных и автокорреляционных свойств полученных сигналов.

В четвертом разделе разработаны практические рекомендации для выбора параметров перестановочных последовательностей с низким взаимодействием во временного области; осуществлена сравнительная характеристика взаимокорреляционных и ансамблевых свойств сигналов, сформированных на основе использования последовательностей с низким уровнем взаимодействия во временной области с аналогичными характеристиками известных сигналов.

В выводах по работе представлены основные результаты проведенных исследований, решающие актуальную научно-прикладную задачу.

ВЫВОДЫ

Совокупность полученных в диссертационной работе результатов решает актуальную научно-прикладную задачу, заключающуюся в разработке метода синтеза ансамблей сложных сигналов с большим объемом для систем радиосвязи с кодовым разделением каналов, обеспечивающий повышение эффективности телекоммуникационных сетей. На основе проведенных исследований и результатов решения частных задач получены новые научные и практические результаты, которые являются существенным вкладом в дальнейшее развитие теории и практики повышения эффективности телекоммуникационных систем в условиях множественного доступа.

Результаты исследований, представленные в работе, позволяют сделать следующие выводы.

1. Проведенный анализ методов формирования ансамблей сложных сигналов для систем радиосвязи с кодовым разделением каналов показал, что известные методы не обеспечивают снижение уровня помех множественного доступа до приемлемого значения при случайном временном сдвиге и имеют ограниченное количество кодовых адресов, присваиваемых активным абонентам сети. При этом, оценка влияния помех множественного доступа на работу сети радиосвязи с кодовым разделением каналов показала, что основным фактором, который влияет на их уровень являются взаимокорреляционные свойства сигналов одной системы, ухудшение которых приводит к уменьшению количества обслуживаемых абонентов.

2. В ходе выполнения диссертационной работы получены следующие научные результаты:

- впервые разработана математическая модель процесса формирования кодовых последовательностей коротких видеоимпульсов, позволяющая определить период следования импульсов в последовательностях ансамблей

сложных сигналов с учетом количества и длительности видеоимпульсов, представленных с помощью аппроксимации функции Хевисайда. Это позволяет синтезировать ансамбли сложных сигналов с малым уровнем взаимной корреляции, что повышает эффективность телекоммуникационных сетей с кодовым разделением каналов;

- получил дальнейшее развитие метод формирования ансамблей сложных сигналов за счет увеличения объема ансамбля последовательностей при неизменном уровне помех множественного доступа, который отличается от известных введением процедуры перестановки временных интервалов в кодовых последовательностях, что позволяет повысить эффективность телекоммуникационных сетей с кодовым разделением каналов;

- усовершенствован метод перестановок временных интервалов последовательностей ансамбля сложных сигналов за счет учета их взаимокорреляционных свойств путем перестановки временных интервалов последовательностей коротких видеоимпульсов, что позволяет повысить эффективность телекоммуникационных сетей с кодовым разделением каналов.

3. При решении частных задач диссертации получены следующие практические результаты:

- разработаны алгоритмы формирования перестановочных ансамблей сложных сигналов на основе кодовых последовательностей с низким уровнем взаимной корреляции, позволяющие, по сравнению с известными алгоритмами формирования, увеличить в 15-20 раз объем ансамблей при незначительном увеличении помех множественного доступа;

- разработана программная реализация алгоритмов формирования перестановочных ансамблей кодовых последовательностей с низким взаимодействием во временной области;

- разработаны практические рекомендации по выбору параметров сложных сигналов, полученных на основе кодовых последовательностей с улучшенными взаимокорреляционными свойствами для синтеза больших

ансамблей сложных сигналов с ограниченным уровнем помех множественного доступа.

4. Исследования свойств перестановочных ансамблей сложных сигналов показали, что уровень максимальных выбросов боковых лепестков функции взаимной корреляции сигналов, полученных на основе перестановок временных интервалов последовательностей коротких видеоимпульсов с низким взаимодействием во временной области на 20-25% меньше аналогичных показателей других сигналов.

5. Достоверность полученных результатов подтверждается сходимостью теоретических и экспериментальных исследований, полученных путем математического моделирования с использованием среды MATLAB для разработки метода синтеза ансамблей сложных сигналов с большим объемом.

6. Научные и практические результаты, полученные в диссертационной работе, целесообразно использовать:

- при проведении научно-исследовательских работ по разработке методов и средств повышения эффективности телекоммуникационных сетей с кодовым разделением каналов;

- при модернизации существующих систем, а также при создании перспективных интеллектуальных радиосетей с кодовым разделением каналов;

- при проведении конструкторских работ по созданию новых программных, аппаратных и программно-аппаратных средств и изделий, направленных на повышение эффективности телекоммуникационных сетей с кодовым разделением каналов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Агеев Д.В. Основы теории линейной селекции [Текст]: научно-технический сборник / Д.В. Агеев – ВЛЭИС, 1935. – №10.
2. Алексеев А.И. Теория и применение псевдослучайных сигналов [Текст] / А.И. Алексеев, А.Г. Шереметьев, Г.И. Тузов, Б.И. Глазов. – М.: Наука, 1969. – 365 с.
3. Алешин Г.В. Основы построения оптимальных информационно-измерительных радиотехнических систем [Текст]: учебное пособие / Г.В. Алешин. – Х.: ХВУ, 1994. – 252с.
4. Амиантов И.Н. Избранные вопросы статистической теории связи [Текст] / И.Н. Амиантов. – М.: Сов. радио, 1971. – 416 с.
5. Банкет В.Л. Цифровые методы в спутниковой связи [Текст] / В.Л. Банкет, В.М. Дорофеев. – М.: Радио и связь, 1988. – 240 с.
6. Беннет С.Б. ИСЗ Intelsat VI: Ступень непрерывного развития [Текст] / С.Б. Беннет, Дж. Д. Брейверман // ТИИЭР.– 1984. – №4. – С. 26-39.
7. Бессарабова А.А. Разделение каналов по форме в широкополосных системах передачи информации [Текст]: учеб.пособие. – 2-е изд., испр. и доп. / А.А. Бессарабова, М.Д. Венедиктов, В.И. Ледовских. – Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т, 2006. - 102 с.
8. Болотовский Б.М. "Оливер Хевисайд" [Текст] / Б.М. Болтовский. – М.: Изд. "Наука", 1985. – 259 с.
9. Бомштейн Б.Д. Методы борьбы с помехами в каналах проводной связи [Текст] / Б.Д. Бомштейн, Л.К. Киселев, Е.Т. Моргачев. – М.: Связь, 1975. – 248 с.
10. Варакин, Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами [Текст] / Л.Е. Варакин. – М.:Радио и связь, 1985. – 384 с.

11. Варакин Л.Е. Теория сложных сигналов [Текст] / Л.Е.Варакин – М.: Сов. радио, 1970. – 376 с.
12. Васин В.А. Радиосистемы передачи информации [Текст]: учебное пособие для вузов. / В.А. Васин, В.В. Калмыков и др. “Горячая линия – Телеком”, 2005.
13. Вентцель Е. С. Теория вероятностей и её инженерные приложения [Текст] / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров, 2-е изд. – М.: Высшая школа, 2000. – 480 с.
14. Волков И.К. Интегральные преобразования и операционное исчисление [Текст]: учеб. для вузов / И.К. Волков, А.Н. Канатников, под ред. В. С. Зарубина, А. П. Крищенко, 2-е изд. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. — 228 с.
15. Вопросы статистической теории радиолокации [Текст]: в Т.1 / под ред. Г.П.Тартаковского. – М.: Сов. радио, 1963. – 424 с.
16. Градштейн И.С. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений [Текст] / И.С. Градштейн, И.М. Рыжик, 4 – е изд. – М.: Физматгиз, 1963. – 1100 с.
17. Гришин Ю.П. Радиотехнические системы [Текст] / Ю.П. Гришин, В.П. Ипатов и др; Под ред. Ю.М. Казаринова. – М.: Высш. шк., 1990. – 496 с.
18. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи [Текст] / Ю.А. Громаков. – М.: Мобильные телесистемы – эко-трендз, 1997. – 380 с.
19. Диксон Р.К. Широкополосные системы [Текст]: пер. с англ. / под ред. В.И. Журавлева. – М.: Связь, 1979. – 304с.
20. Долгов В.И Теория дискретных сигналов [Текст]: учебное пособие. – Ч. 1. / В.И. Долгов, И.Д. Горбенко, И.И. Сныткин. –Х.: МО СССР, 1983. – 168 с.
21. Дьяконов В. MATLAB 6 [Текст]: учебный курс / В. Дьяконов – СПб.: Питер, 2001. – 592 с.

22. Дьяконов В. MATLAB. Обработка сигналов и изображений. Специальный справочник [Текст] / В.Дьяконов, И. Абраменкова. – СПб.: Питер, 2002. – 608 с.
23. Дядюнов Н.Г. Ортогональные и квазиортогональные сигналы [Текст] / Н.Г. Дядюнов, А.И. Сенин. – М.: Связь, 1977. – 234 с.
24. Дятлов А.П. Системы спутниковой связи с подвижными объектами [Текст]: учебное пособие. Ч.1. / А.П. Дятлов. – Таганрог. ТРТУ. 2004. – 95 с.
25. Засецкий А.В. Контроль качества в телекоммуникациях и связи [Текст] / А.В. Засецкий, А.Б. Иванов, С.Д. Постников, И.В. Соколов. – М.: Сайрус Системс, 2001. – 336с.
26. Злотников Ю.С. Протоколы информационного обмена в широкополосных пакетных радиосетях [Текст] / Ю.С. Злотников // Зарубежная радиоэлектроника. – 1989.– № 6.– С. 35-53.
27. Зорич В. А. Математический анализ [Текст]: учебник / В.А. Зорич. – М.: Физматлит, 1984. – 544 с.
28. Иванов М.Т. Теоретические основы радиотехники [Текст]: учеб. пособие / М. Т. Иванов, А. Б. Сергиенко, В. Н. Ушаков; под ред. В. Н. Ушакова. – М.: Высш. шк., 2002. – 306с.
29. Ипатов В.П. Периодические дискретные сигналы с оптимальными корреляционными свойствами [Текст] / В.П. Ипатов. – М.: Радио и связь, 1992. – 152 с.
30. Ипатов В.П. Системы мобильной связи [Текст]: учебное пособие для вузов / В.П. Ипатов, В.К. Орлов, И.М. Самойлов, В.Н. Смирнов; под ред. В.П. Ипатова. – М.: Горячая линия-Телеком, 2003. – 272 с.
31. Ипатов, В.П. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. Принципы и приложения [Текст] / В.П. Ипатов. – М.: Техносфера, 2007. – 488 с.

32. Калинин А. И. Распространение радиоволн на трассах наземных и космических радиолиний [Текст] / А.И. Калинин. – М.: Связь, 1999. – 300 с.
33. Каляев А.В. Многопроцессорные системы с программируемой архитектурой [Текст] / А.В. Каляев. – М.: Радио и связь, 1984. – 240 с.
34. Кантор Л.Я. Помехоустойчивость приема ЧМ сигналов [Текст] / Л.Я. Кантор, В.М. Дорофеев. – М.: Связь, 1977. – 335 с.
35. Касами Т. Теория кодирования [Текст]: пер.с яп. А.В. Кузнецова / Т. Касами, Н. Токура, Е. Ивадари, Я. Инагаки / под ред. Б.С. Цыбакова, С.И. Гельфанда. – М.: Мир, 1978. – 576 с.
36. Кловский Д.Д. Передача дискретных сообщений по радиоканалам [Текст] / Д.Д. Кловский. – М.: Радио и связь, 1969. – 304 с.
37. Ключко В.И. Методы и средства защиты информации от ошибок в АСУ [Текст] / В.И. Ключко. – М.: МО СССР, 1980. – 256 с.
38. Комиссаров Ю.Я. Помехоустойчивость и электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств [Текст] / Ю. Я. Комиссаров, С.С. Родионов. – К.: Техника, 1978. – 208 с.
39. Концепція Національної програми інформатизації, схвалена Законом України «Про Концепцію Національної програми інформатизації» від 4 лютого 1998 р. N 75/98-ВР.
40. Концепція створення Державної інтегрованої інформаційної системи забезпечення управління рухомими об'єктами (зв'язок, навігація, спостереження), схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 17 липня 2003 р. N 410-р.
41. Коржик В.И. Помехоустойчивое кодирование дискретных сообщений в каналах со случайной структурой [Текст] / В.И. Коржик, Л.М. Финк. – М.: Связь, 1975. – 272 с.
42. Коржик В.И. Расчет помехоустойчивости систем передачи дискретных сообщений [Текст]: справочник / В.И. Коржик, Л.М. Финк, К.Н. Щелкунов; под ред. Л.М. Финка. – М.: Радио и связь, 1981. – 232 с.

43. Корн Г. Моделирование случайных процессов на аналоговых и аналогово-цифровых машинах [Текст]: пер. с англ. / под ред. Е.В. Доброва. – М.: Мир, 1968. – 315 с.
44. Кочемасов В. Н. Формирование сигналов с линейной частотной модуляцией [Текст] / В.Н. Кочемасов, Л.А. Белов, В. С. Оконешников. М. : Радио и связь, 1983. – 192 с.
45. Крамер Р. Стационарные случайные процессы. Свойства выборочных функций и их приложения [Текст]: пер. с англ. / Р. Крамер, М. Литбеттер. – М.: Мир, 1969. – 398 с.
46. Кузьмин С.З. Основы проектирования систем цифровой обработки информации [Текст] / С.З. Кузьмин. – М.: Радио и связь, 1986. – 352 с.
47. Кучейко А.А. Спутниковая связь для силовых ведомств: поиск оптимального решения [Текст] / А.А. Кучейко // Спутниковая связь. – 2000.– № 3 .– С. 20-23.
48. Литюк В.И. Введение в основы теории математического синтеза ансамблей сложных сигналов [Текст]: учеб. пособие / В.И. Литюк, Л.В. Литюк – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2006. – 80 с.
49. Лысечко В.П. Метод борьбы с внутрисистемными радиопомехами [Текст] / В.П. Лысечко, В.Н. Харченко. // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ –2004. – Вип. 2. – С.232-237.
50. Лысечко В.П. Метод определения параметров сложных сигналов [Текст] / В.П. Лысечко // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ –2004. – Вип. 7. – С.131-136.
51. Мазурков М.И. Системы широкополосной радиосвязи [Текст]: учеб. пособие для студ. вузов / М.И. Мазурков. – О.: Наука и техника, 2010. – 340 с.
52. Маковеева М.М. Системы связи с подвижными объектами [Текст]: учеб. пособ. для ВУЗов / М.М. Маковеева, Ю.С. Шинаков. – М.: Радио и связь, 2002. – 440 с.

53. Марков С. Цифровые сигнальные процессоры [Текст]: в кн. 1 / С.Марков. – М.: МИКРОАРТ, 1996. – 144 с.
54. Мовсесян В.М. Оценка статистических характеристик канала передачи цифровой информации [Текст] / В.М. Мовсесян, Р.М. Мовсесян Р.М. // Радиоэлектроника. – 1991. – №1. – С.37-41.
55. Морозова В.Д. Теория функций комплексного переменного [Текст]: учеб. для вузов / под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. - 3-е изд., исправл. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 520 с.
56. Мотлохов В.В. Антенные устройства. Линейные и апертурные антенны [Текст]: 2-е изд. / В.В. Мотлохов. – МО СССР, 1990. – 420 с.
57. Невдяев Л. CDMA: сигналы и их свойства [Электронный ресурс] / Л. Невдяев. // Сети/ Network world. – 2010. – №11, 2000. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/nets/2000/11/141475>. – Загл. с экрана.– (Дата обращения: 15.10.2011).
58. Немировский М.С. Цифровая передача информации в радиосвязи [Текст] / М.С. Немировский. – М.: Связь, 1980. – 256 с.
59. Никитин Г.И. Применение функций Уолша в сотовых системах связи с кодовым разделением каналов [Текст]: учебное пособие / Г.И. Никитин. – СПб.: ГУАП, 2003. – 86 с.
60. Оганов Т.А. Помехоустойчивость инвариантного приема импульсных сигналов [Текст] / Т.А. Оганов. – М.: Радио и связь, 1984. – 176 с.
61. Олейник В.Ф. Математические модели случайных сигналов в радиолиниях связи [Текст] / В.Ф. Олейник // Радиоэлектроника. –2000. – №1. – С. 49-52.
62. Оппенгейм Э. Применение цифровой обработки сигналов [Текст]: пер.с англ. / под ред. А.М.Рязанцева. – М.: Мир, 1980. – 552 с.
63. Орлов А.И. Прикладная статистика [Текст]: учебник / А.И. Орлов. – М.: Издательство "Экзамен", 2004. – 656 с.

64. Основы технического проектирования систем связи через ИСЗ [Текст] / под ред. А.Д. Фортушенко. – М.: Связь, 1970. – 331 с.
65. Палий А.И. Радиоэлектронная борьба [Текст]: 2-е изд. / А.И. Палий. – М.: Воениздат, 1989. – 350 с.
66. Пелтон Н. Дж. Сети спутниковой связи: Техничко-экономический анализ основных направлений развития Intelsat [Текст] / Н. Дж. Пелтон. – ТИИЭР. – 1984. – № 4. – С. 12-26.
67. Петрович Н.Т. Системы связи с шумоподобными сигналами [Текст] / Н.Т.Петрович, М.К. Размахнин. – М.: Советское радио, 1969. – 232с.
68. Пискунов Н. С. Дифференциальное и интегральное исчисление для ВУЗов [Текст]: учебное пособие, 13-е изд. / Н.С. Пискунов. – М: Наука, 1985. – 429 с.
69. Поляков П.Ф. Прием сигналов в многолучевых каналах [Текст] / П.Ф. Поляков. – М.: Радио и связь, 1986. – 248 с.
70. Помехозащищенность радиосистем со сложными сигналами [Текст] / под ред. Г.И. Тузова. – М.: Радио и связь, 1985. – 284 с.
71. Прокис Дж. Цифровая связь [Текст]:пер. с англ. / под ред. Д.Д. Кловского. – М.: Радио и связь. 2000. – 800 с.
72. Пышкин И.М. Теория кодового разделения сигналов [Текст] / И.М. Пышкин. – М.: Связь, 1980. – 208 с.
73. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов [Текст]: пер. с англ / Л. Рабинер, Б. Гоулд, под ред. Ю.Н. Александрова. – М.: Мир, 1978. – 848 с.
74. Ратынский М.В. Основы сотовой связи [Текст]: 2-е изд. перераб. и доп. / под ред. Д.В. Зимины. – М.: Радио и связь, 2000. – 248 с.
75. Свердлик М.Б. Оптимальные дискретные сигналы [Текст] / М.Б.Свердлик. – М.: Сов. радио, 1975. – 200 с.
76. Сверхбольшие интегральные схемы и современная обработка сигналов [Текст]: пер. с англ. / под ред. С.Гуна, Х.Уайхауса, Т.Кайлата, ред. В.А. Алексащенко. – М.: Радио и связь. 1989. – 472 с.

77. Свідोцтво про реєстрацію авторського права на твір «Компьютерная программа для формирования ансамблей последовательностей сложных сигналов», («Корреляция») № 43130, Державна служба інтелектуальної власності України, 06.04.2012р.
78. Седлецкий В.Б. Приемопередающая аппаратура спутниковой связи [Текст] / В.Б. Седлецкий, В.П. Соколов, И.И. Лившиц // Зарубежная радиоэлектроника. – 1982. – № 9. – С. 70-94.
79. Семенов А.М. Широкополосная радиосвязь [Текст] / А.М. Семенов, А.А. Сикарев. – М.: Воениздат, 1970. – 280 с.
80. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов [Текст]: учебник для ВУЗов / А.Б. Сергиенко. – СПб.: Питер, 2003. – 608 с.
81. Сикарев А.А. Микроэлектронные устройства формирования и обработки сложных сигналов [Текст] / А.А. Сикарев, О.Н. Лебедев. – М.: Радио и связь, 1983. – 216 с.
82. Скляр Бернанд. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение [Текст] / Бернанд Скляр. – М.: Вильямс, 2003. – 1104 с.
83. Спилкер Дж. Цифровая спутниковая связь [Текст]: пер. с англ. / под ред. В.В.Маркова. – М.: Связь, 1976. – 592 с.
84. Степаненко Ю.Г. Метод визначення періоду проходження коротких відеоімпульсів в кодових послідовностях на основі апроксимації функції Хевісайда [Текст] / Ю.Г. Степаненко, В.П. Лисечко, С.І. Приходько // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС –2009. – Вип. 4(20). – С. 170-173.
85. Степаненко Ю.Г. Метод наращивания объема ансамбля последовательностей коротких видеоимпульсов с низким уровнем взаимной корреляции [Текст] / Ю.Г. Степаненко, В.П.Лысечко, Г.Н.Качуровский // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – Х.: УкрДАЗТ –2010. – Вип. 116. – С. 100-106.

86. Степаненко Ю.Г. Метод боротьби із внутрішньосистемними завадами в системах зв'язку з кодовим розділенням каналів [Текст] / Ю.Г. Степаненко, В.П.Лисечко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. Науково-технічний журнал – Х.: «ХАІ»–2010. – Вип. 5(46). – С. 277-281.
87. Степаненко Ю.Г. Метод формуванн ансамблів складних сигналів шляхом перестановки часових інтервалів [Текст] / Ю.Г. Степаненко // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць – К.: Центральний науково-дослідний інститут навігації і управління –2010. – Вип. 4 (16). – С.183-186.
88. Степаненко Ю.Г. Кореляційні та енергетичні властивості ансамблів складних сигналів [Текст] / Ю.Г. Степаненко, В.П. Лисечко, К.А. Трубочанінова // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць – К.: Центральний науково-дослідний інститут навігації і управління –2009. – Вип. 2 (10). – С.166-169.
89. Степаненко Ю.Г. Метод перестановки часових інтервалів шляхом поетапного перебору [Текст] / Ю.Г. Степаненко, Жученко С.С., Чигрин Д.С.// Системи озброєння і військова техніка: науковий журнал – Х.: ХУПС –2012. – Вип. 3(31). – С. 235-238.
90. Stepanenko Yuliya Metod of determination of short videoimpulses passing period in code sequences on the basis of Heaviside step function approximation [Текст] / Yuliya Stepanenko, Volodymyr Lysechko // Summer School Advanced Aspects of Theoretical Electrical Engineering Sozopol'10, TU Sofia, Bulgaria.
91. Сухопутная подвижная радиосвязь [Текст]: кн. 1. Основы теории. / Под ред. Семенихина В.С., Пышкина И.М. – М.: Радио и связь, 1990. – 432с.
92. Тепляков И.М. Радиосистемы передачи информации [Текст] / И.М. Тепляков, Б.В. Рощин. – М.: Радио и связь, 1982. – 264 с.
93. Тихонов В.И. Оптимальный прием сигналов [Текст] / В.И. Тихонов. – М.: Сов. радио, 1983. – 320 с.

94. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника [Текст] / В.И. Тихонов. – М.: Радио и связь, 1982. – 624 с.
95. Трахтман А.М. Введение в обобщенную спектральную теорию сигналов [Текст] / А.М. Трахтман. – М.: Сов. радио, 1972. – 352 с.
96. Трифонов А.П. Совместное различие сигналов и оценка их параметров на фоне помех [Текст] / А.П. Трифонов, Ю.С. Шинаков. – М.: Радио и связь, 1986. – 264 с.
97. Уолрэнд Дж. Телекоммуникационные и компьютерные сети [Текст] / Дж. Уолрэнд. – М.: Постмаркет. – 2001. – 480 с.
98. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра [Текст]: пер. с англ. / под ред. В. И. Журавлева. – М.: Радио и связь, 2000. – 520 с.
99. Френкс Л. Теория сигналов [Текст]: пер. с англ.; под ред. Д.Е. Вакмана. – М.: Советское радио, 1974. – 344 с.
100. Харкевич А.А. Спектры и анализ [Текст] / А.А. Харкевич. – М.: Физматгиз, 1963. – 467 с.
101. Шелухин О.И. Системы радиодоступа [Текст] / О.И. Шелухин, В.А. Хизгилов, С.В. Чивилев / под. ред. О.И. Шелухина. – М.: ГАСБУ, 1998. – 116 с.
102. Шиллер Йоган Мобильные коммуникации [Текст]: пер.с англ. / Йоган Шиллер. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2002. – 384 с.
103. Ширман Я.Д. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех [Текст] / Я.Д.Ширман, В.Н. Манжос. – М.: Сов. радио, 1981. – 416 с.
104. Шумоподобные сигналы в системах передачи информации [Текст] / под ред. В.Б.Пестрякова. – М.: Сов. радио, 1973. – 424 с.
105. Ярлыков М.С. Оптимизация асинхронных адресных систем радиосвязи [Текст] / М.С. Ярлыков, М.В. Черняков // Статистическая теория связи, вып. 11. – М.: Связь, 1979. – 219с.