

**УКРАИНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

На правах рукописи

УДК 621.391

Зубенко Валентина Александровна

**МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ И ДЕКОДИРОВАНИЯ КАСКАДНЫХ  
КODOVЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЛУЧШЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ**

05. 12. 02 – Телекоммуникационные системы и сети

Диссертация на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Научный руководитель

кандидат технических наук, доцент

Поддубняк Владимир Иосифович

Харьков – 2012

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	5
<b>РАЗДЕЛ 1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ОБОСНОВАНИЕ ПУТЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОВ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО КОДИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ</b>	13
1.1. Повышение помехоустойчивости передачи дискретных сообщений на основе использования избыточных кодов. Анализ критериев и показателей эффективности помехоустойчивых кодов	13
1.2. Сравнительный анализ известных методов непрерывного помехоустойчивого кодирования информации	17
1.3. Сравнительный анализ известных методов блочного помехоустойчивого кодирования информации	27
1.4. Обоснование выбора направления исследований и постановка научной задачи	36
Выводы	41
<b>РАЗДЕЛ 2. РАЗРАБОТКА КАСКАДНЫХ КОДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЛУЧШЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ</b>	43
2.1. Анализ существующих методов построения каскадных кодовых конструкций для повышения помехоустойчивости передачи дискретных сообщений	44
2.1.1. Сравнительный анализ методов построения каскадных кодовых конструкций на непрерывных кодах	44
2.1.2. Сравнительный анализ методов построения каскадных кодовых конструкций на блочных кодах	48
2.2. Исследование методов построения турбо-продуктивных кодов и процедур алгебраического синтеза	56
2.3. Разработка каскадных кодовых конструкций с улучшенными	60

свойствами	
2.4. Разработка и исследование алгебраических процедур синтеза предлагаемых каскадных кодовых конструкций	66
2.4.1. Разработка алгебраических процедур синтеза предлагаемых каскадных кодовых конструкций с кодами Рида-Соломона на первом каскаде	71
2.4.2. Разработка алгебраических процедур синтеза предлагаемых каскадных кодовых конструкций с алгеброгеометрическими кодами на первом каскаде	74
Выводы	77
<b>РАЗДЕЛ 3. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ МЯГКОГО ДЕКОДИРОВАНИЯ КАСКАДНЫХ КОДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ИТЕРАТИВНЫМ ОБМЕНОМ МЯГКИМИ РЕШЕНИЯМИ</b>	79
3.1. Сравнительный анализ методов мягкого декодирования и обоснование путей их совершенствования	80
3.2. Совершенствование метода мягкого декодирования с использованием упорядоченных подмножеств проверочных уравнений линейных блоковых кодов	86
3.3. Разработка правила формирования упорядоченных подмножеств проверочных уравнений для мягкого декодирования линейных блоковых кодов	101
3.4. Разработка вычислительных алгоритмов мягкого декодирования линейных блоковых кодов предложенным методом	106
Выводы	110
<b>РАЗДЕЛ 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДИСКРЕТНЫХ СООБЩЕНИЙ С</b>	112

<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАСКАДНЫХ КОДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ</b>	
4.1. Разработка методики экспериментальных исследований помехоустойчивости передачи дискретных сообщений с использованием избыточных блоковых кодов	113
4.2. Разработка имитационной модели канала передачи дискретных сообщений с использованием каскадных кодовых конструкций	118
4.3. Экспериментальные исследования помехоустойчивости передачи дискретных сообщений с использованием каскадных кодовых конструкций и методов декодирования с итеративным обменом мягких решений	127
4.5. Разработка практических рекомендаций по использованию результатов диссертационной работы для повышения помехоустойчивости передачи дискретных сообщений	132
Выводы	134
<b>ВЫВОДЫ</b>	136
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b>	140
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А. ЛИСТИНГ ИСХОДНОГО КОДА ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ КАНАЛА ПЕРЕДАЧИ ДИСКРЕТНЫХ СООБЩЕНИЙ С МЯГКИМ ДЕКОДИРОВАНИЕМ КАСКАДНЫХ КОДОВ</b>	158

## **ВВЕДЕНИЕ**

Среди основных приоритетных направлений развития систем и сетей связи в утвержденной постановлением Кабинета Министров Украины «Про Концепцию развития связи Украины до 2010 года» отмечаются [73]: создание цифровых сетей междугородной и международной телефонной связи, их ускоренное переоснащение на базе новейших цифровых технологий; создание единой интегрированной многосервисной широкополосной сети; внедрение новых видов услуг и новых технологий обработки и передачи информации, в том числе использование новейших технических средств и компьютерных методов обработки сообщений; исследование, разработка и внедрение новых принципов организации связи; организация разработки и производства в Украине технических средств связи и необходимых компонентов на уровне европейских и мировых стандартов качества.

Одним из первоочередных направлений в решении комплекса задач, определенных Концепцией, является разработка новейших методов и технических средств цифровой обработки сигналов, технологий помехоустойчивой высокоскоростной телепередачи информации [29,32,35,73]. Перспективным направлением в этом смысле являются методы синтеза помехоустойчивых кодов с улучшенными свойствами, вычислительно эффективные алгоритмы их построения и декодирования.

**Актуальность темы.** Опыт эксплуатации систем и сетей связи, результаты исследований эффективности применяемых методов помехоустойчивого кодирования показали, что наибольший энергетический выигрыш от кодирования дает использование сверточных кодов и параллельных каскадных кодовых конструкций на их основе (турбо-кодов) [34,37,45,68,83,85,]. Так, в работах [37,45,99,104] показано, что методы построения сверточных кодов и каскадные кодовые конструкции совместно с методами мягкого декодирования позволяют обеспечить помехоустойчивость передачи дискретных сообщений, близкую к теоретическому пределу.

В тоже время, наряду с высокой энергетической эффективностью данного класса кодов, следует отметить чрезвычайно высокую сложность их практической реализации [68,83,85,99,104]. Это объясняется, прежде всего, тем, что применение как сверточных кодов, так и параллельных каскадных кодов на их основе, предполагает применение алгоритмов декодирования по максимуму правдоподобия, чрезвычайно сложных в практической реализации [68,83,85,99,104].

Другим перспективным направлением в развитии методов помехоустойчивого кодирования является исследование линейных блочных кодов с быстрыми алгоритмами декодирования и построение каскадных конструкций на их основе. В работах [59,68,79,102,118] показано, что по своим асимптотическим свойствам подобные конструкции могут лежать очень близко к теоретическим кодовым границам. В тоже время существующие методы и алгоритмы быстрого декодирования не оптимальны по критерию минимизации вероятности ошибки, применяемая схема с жесткими решениями не позволяет добиться высокой помехоустойчивости передачи дискретных сообщений.

Таким образом, разработка каскадных кодовых конструкций с улучшенными свойствами, исследование методов их декодирования с итеративным обменом мягких решений является перспективным направлением в развитии теории помехоустойчивого кодирования. В этом смысле тема диссертационной работы, которая посвящена разработке методов построения и декодирования каскадных кодовых конструкций с улучшенными свойствами для повышения помехоустойчивости передачи дискретных сообщений является актуальной.

**Связь работы с научными программами, планами, темами.** Диссертационная работа связана со следующими перспективными концепциями и направлениями развития науки и техники в Украине в отрасли телекоммуникационных систем и сетей.

1. Концепция развития связи Украины до 2010 года, утвержденная постановлением Кабинета Министров Украины «Про Концепцію розвитку зв'язку України до 2010 року» от 9 декабря 1999 г. №2238
2. Концепция Национальной программы информатизации одобренной Законом Украины «Про Концепцію Національної програми інформатизації» от 4 февраля 1998 г. N 75/98-ВР
3. Концепция создания Государственной интегрированной информационной системы обеспечения управления подвижными объектами (связь, навигация, наблюдение), одобренная распоряжением Кабинета Министров Украины от 17 июля 2003 г. №410-р.
4. Концепция развития телекоммуникации в Украине, одобренная распоряжением Кабинета Министров Украины от 7 июня 2006 г. № 316-р.

**Цель и задачи исследований.** Целью диссертационной работы является повышение помехоустойчивости передачи дискретных сообщений на основе использования каскадных кодовых конструкций с улучшенными свойствами.

В соответствии с целью работы необходимо решить **научно-техническое задание**, состоящее в разработке методов построения и декодирования каскадных кодовых конструкций с улучшенными свойствами для повышения помехоустойчивости передачи дискретных сообщений.

Для решения этой задачи необходимо решить следующие **задачи исследований**.

1. Провести анализ методов помехоустойчивого кодирования информации и обосновать пути их совершенствования.
2. Усовершенствовать метод построения каскадных кодовых конструкций с улучшенными свойствами, процедуру их синтеза и программную реализацию.
3. Усовершенствовать метод декодирования, разработать вычислительные алгоритмы декодирования каскадных кодовых конструкций с итеративным обменом мягкими решениями, и реализовать их программно.

4. Исследовать помехоустойчивость передачи дискретных сообщений с использованием каскадных кодовых конструкций и обосновать практические рекомендации по их внедрению.

**Объект исследования.** Процесс повышения помехоустойчивости передачи дискретных сообщений с использованием каскадных кодовых конструкций с улучшенными свойствами.

**Предмет исследования.** Методы построения и декодирования каскадных кодовых конструкций с улучшенными свойствами.

**Методы исследования.** Методы алгебры кодов, теории полей Галуа и теории чисел для разработки и исследования каскадных кодовых конструкций с улучшенными свойствами. Методы статистической теории связи, теории вероятности и математической статистики для исследования помехоустойчивости передачи дискретных сообщений с использованием каскадных кодовых конструкций. Методы теории автоматов и теории сложности для разработки предложений по реализации каскадных кодов с улучшенными свойствами и оценки сложности алгоритмов.

**Научная новизна полученных результатов** заключается в том, что в диссертационной работе впервые определенно, сформулировано и решено научно-техническое задание повышения помехоустойчивости передачи дискретных сообщений за счет разработки и внедрения методов построения каскадных кодовых конструкций с улучшенными свойствами и их декодирования на основе итеративного обмена мягких решений.

Получены следующие **научные результаты**.

1. **Усовершенствован** метод построения каскадных кодовых конструкций, отличающийся от известных аналитическим описанием внутренней структуры и особенностей синтеза кодовых слов, предложенными алгебраическими процедурами кодирования через преобразование элементов составных кодов с учетом мощности алфавита символов, что позволяет обобщить синтезируемые каскадные конструкции на случай

недвоичных последовательностей с итеративным обменом мягкими решениями.

2. **Усовершенствован** метод мягкого декодирования каскадных кодовых конструкций с итеративным обменом мягких решений, который отличается от известных методов предложенной процедурой формирования системы проверочных уравнений с наиболее достоверными кодовыми символами, вычислением мягких решений о значении декодируемых символов и их итеративным обменом, что позволяет реализовать быстрое декодирование кодовых слов составных кодов по критерию минимизации ошибочного приема символов информационного сообщения и ускорить, таким образом, процесс турбо-декодирования каскадных кодов.
3. **Получил дальнейшее развитие** метод оценки помехоустойчивости передачи дискретных сообщений в каналах со случайно возникающими ошибками, отличающийся от известных предложенной итеративной процедурой статистического тестирования принимаемой последовательности для эмпирической оценки вероятности ошибки на бит на выходе декодера при заданной границе доверительного интервала (точности оценки), что позволяет при фиксированном соотношении энергии сигнала к спектральной плотности мощности шума получать достоверные (с заданной доверительной вероятностью) зависимости помехоустойчивости передачи дискретных сообщений.

**Практическое значение полученных результатов** диссертационных исследований состоит в разработке новых алгоритмов кодирования и декодирования.

1. Разработано алгоритм построения каскадных кодовых конструкций с улучшенными свойствами. Разработана структурная схема устройства помехоустойчивого кодирования и программная реализация с использованием каскадных кодов с улучшенными свойствами, даны практические рекомендации по его практическому использованию.

2. Разработано алгоритм декодирования каскадных кодовых конструкций с итеративным обменом мягких решений. Разработана структурная схема устройства декодирования и программная реализация, даны рекомендации по их практическому использованию.
3. Разработано имитационную модель канала передачи дискретных сообщений с использованием каскадных кодовых конструкций и метода декодирования с итеративным обменом мягкими решениями. Получены эмпирические зависимости вероятности ошибочного приема символов сообщения от соотношения «сигнал-шум». Установлено, что применение предложенных каскадных кодовых конструкций позволяет снизить вероятность ошибки декодирования и получить энергетический выигрыш 4,5 – 5,5 дВ.
4. Полученные результаты использованы в научно-исследовательских работах, проводимых в рамках «Концепции развития телекоммуникации в Украине», и могут быть использованы в учебном процессе и научно-исследовательских работах Украинской государственной академии железнодорожного транспорта.

**Достоверность полученных результатов** подтверждается сходимостью результатов экспериментальных исследований, полученных в ходе функционирования разработанной имитационной модели, с теоретическими данными и известными положениями в теории помехоустойчивого кодирования, в частности с известными результатами по исследованию турбо-продуктивных кодов. Достоверность полученных результатов **обосновывается** их непротиворечивостью основным положениям алгебраической теории кодов, теории чисел, теории полей Галуа.

**Диссертационная работа состоит** из введения, четырех разделов основной части, выводов по работе и приложений. Материал диссертации содержит 187 страниц, из них: основное содержание – 138 страниц, в том числе 18 рисунков, 6 таблиц; 1 приложение общим объемом 32 страницы и список использованных источников из 144 наименования на 17 страницах.

Основные результаты выполненной работы нашли свое отражение в 3-х отчетах о НИР.

**Публикации.** Все основные научные результаты диссертационной работы получено самостоятельно. Основные результаты исследований опубликованы в 5 научных статьях [25-28,38]. **Личный вклад автора** диссертационной работы в публикации, выполненные в соавторстве, заключается в следующем.

- в [25] проведен сравнительный анализ методов построения обобщенных каскадных кодов с использованием блочных и сверточных кодов;

- в [26] обоснованы и формализованы каскадно-кодовые конструкции с улучшенными свойствами; предложены новые алгебраические процедуры синтеза с использованием недвоичных блочных кодов (кодов РС и алгеброгеометрических кодов);

- в [27] усовершенствован метод мягкого декодирования каскадно-кодовых конструкций с итеративным обменом мягкими решениями;

- в [28] разработан алгоритм декодирования каскадных кодовых конструкций с итеративным обменом мягких решений.

- в [38] разработана имитационная модель канала передачи дискретных сообщений с использованием каскадных кодовых конструкций.

**Апробация результатов диссертации.** Основные результаты исследований докладывались и были одобрены на следующих научно-технических конференциях [9,10,39]:

- 23-я Международная конференция «Перспективные компьютерные управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины» 23-29 сентября 2010. г. Алушта, Крым Украина.
- 24-я международная научно-техническая конференция «Перспективные компьютерные, управляющие и

телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины». Алушта, 23-29 сентября 2011 г.

- Международная научно-практическая конференция «Автоматика и энергосберегающие технологии». Кировоград. 17-19 октября 2012 г.

и ежегодных научно-технических конференциях преподавателей и аспирантов Кировоградского национального технического университета, Кировоград (2010-2012).

В заключение автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю кандидату технических наук, доценту Поддубняку Владимиру Иосифовичу за оказанную помощь и поддержку при проведении исследований. Автор благодарен коллективу кафедры транспортной связи ХГАЖТ за ряд полезных советов и пожеланий, высказанных при обсуждении результатов диссертационной работы и оказанную помощь в ее оформлении.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Береза А. М. Основы створення інформаційних систем [Текст]: навч. посіб. / Андрій Мартинович Береза. – 2-е вид., доп. і переробл. – К.: КНЕУ, 2001. – 214 с.
2. Береза А. С. Основы построения АСУ. Основы структурного анализа и синтеза АСУ [Текст] / Береза А. С. – Х.: ХВУ, 1997. – 210 с.
3. Береза А. С. Основы построения АСУ. Системотехнические основы построения АСУ [Текст] / Береза А. С. – Х.: ХВУ, 1996. – 355 с.
4. Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролирующих ошибки [Текст] / Р. Блейхут; пер. с англ. И. И. Грушко, В. М. Блиновский; под ред. К. Ш. Зигангирова. – М.: Мир, 1986. – 576 с.
5. Блох Э. Л. Модели источника ошибок в каналах передачи цифровой информации [Текст] / Блох Э. Л., Попов О. В., Турин В. Я. – М.: Связь, 1971. – 312с.
6. Бондарев В. Н. Цифровая обработка сигналов: методы и средства [Текст] / Бондарев В. Н., Трестер Г., Чернега В. С. – 2-е изд. – Х.: Конус, 2001. – 398 с.
7. Бройдо В. Л. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации [Текст]: учебник для вузов / Бройдо В. Л. - СПб.: ИД Питер, 2002. - 688 с.
8. Берлекэмп Э. Алгебраическая теория кодирования [Текст] / Э. Берлекэмп; пер. с англ. И. И. Грушко; под ред. С.Д. Бермана. – М.: Мир, 1971. – 477 с.
9. Бутримас А.В. Принцип суперпозиции алгебраических сверточных кодов [Текст] / В.И.Поддубняк, В.А.Зубенко, А.В.Бутримас // Матеріали двадцять четвертої міжнародної науково-практичної конференції «Перспективні комп'ютерні, керуючі та телекомунікаційні системи для залізничного транспорту України». – Алушта, 2011 р. – С.131-132.

10. Бутримас А.В. (УкрГАЗТ), Поддубняк В.И., Зубенко В.А. Принцип алгебраического частотного сверточного кодирования [Текст] / В.И.Поддубняк, В.А.Зубенко, А.В.Бутримас (УкрГАЗТ) // Матеріали двадцять четвертої міжнародної науково-практичної конференції «Перспективні комп'ютерні, керуючі та телекомунікаційні системи для залізничного транспорту України». – Алушта, 2011 р. – С.132-133.
11. Вавилов Е. Н. Синтез схем электронных цифровых машин [Текст] / Е. Н. Вавилов, Г. П. Портной. – М.: Советское радио, 1963. – 440 с.
12. Вентцель Е. С. Теория вероятностей [Текст]: учеб. для вузов / Елена Сергеевна Вентцель. – 7-е изд. – М.: Высшая школа, 2001. – 576 с.
13. Вентцель Е. С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения [Текст] / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров – М.: Наука, 1988. – 480 с.
14. Витерби А. Д. Границы ошибок для сверхточных кодов и асимптотически оптимальный алгоритм декодирования [Текст] / Витерби А. Д. // Некоторые вопросы теории кодирования. – М.: Мир, 1970. – С. 142 - 165.
15. Витерби А. Д. Принципы цифровой связи и кодирования [Текст] / А. Д. Витерби, Дж. К. Омура; пер. с англ. под ред. К. Ш. Зигангирова. – М.: Радио и связь, 1982. - 535 с.
16. Влэдуц С. Г. Линейные коды и модулярные кривые [Текст] / С. Г. Влэдуц, Ю. И. Манин // Итоги науки и техники. Серия «Современные проблемы математики. Новейшие достижения». – М.: ВИНТИ, 1984. – Т. 25. – С. 209-257.
17. Влэдуц С. Г. Алгеброгеометрические коды. Основные понятия [Текст] / Влэдуц С. Г., Ногин Д. Ю., Цфасман М. А.. – М.: МЦИМО, 2003. – 504 с.
18. Габидулин Э. М. Кодирование в радиоэлектронике [Текст] / Э. М. Габидулин, В. Б. Афанасьев. – М.: Радио и связь, 1986. – 176 с.
19. Галлагер Р. Г. Простой вывод теоремы кодирования и некоторые применения [Текст] / Р. Г. Галлагер // Кибернетический сборник. Новая

серия: сборник переводов под ред. А. А. Ляпунова, О. Б. Лупанова. – М.: Мир, 1966. – Вып. 3. – С. 50-90.

20. Галузинський Г. П. Перспективні технологічні засоби оброблення інформації [Текст]: навч.-метод. пос. / Г. П. Галузинський, І. В. Гордієнко. – К.: КНЕУ, 2002. – 280 с.
21. Гетманцев В. Д. Лінійна алгебра і лінійне програмування [Текст]: навч. пос. / Гетманцев В. Д. – К.: Либідь, 2001. – 255 с.
22. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст]: учеб. пос. для вузов / Владимир Ефимович Гмурман. – М.: Высш. шк., 2002. – 480 с.
23. Гоппа В.Д. Коды на алгебраических кривых [Текст] / Гоппа В. Д. // Докл. АН СССР. – 1981. – Т. 259, № 6. – С. 1289-1290.
24. Гриффитс Ф. Принципы алгебраической геометрии. Т. 1 [Текст] / Ф. Гриффитс, Дж. Харрис; пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – 496 с.
25. Гусев С.А. Исследование методов построения каскадных кодовых конструкций для повышения помехоустойчивости передачи дискретных сообщений [Текст] / С.И.Приходько, С.А.Гусев, В.А.Зубенко // Системи управління, навігації та зв'язку. – Київ: Центральний науково-дослідний інститут навігації і управління, 2011 р. – Випуск 1 (17). – С.219-224.
26. Гусев С.А. Разработка каскадных кодовых конструкций с улучшенными свойствами [Текст] / С.И. Приходько, С.А.Гусев, В.А.Зубенко // Системи обробки інформації: зб. наук. праць Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2011 р. – Випуск 2 (92). – С.119-128.
27. Гусев С.А. Мягкое декодирование каскадных кодов-произведений с использованием упорядоченных подмножеств проверочных уравнений [Текст] / А.А.Кузнецов, С.И.Приходько, С.А.Гусев, В.А.Зубенко // Системи обробки інформації: зб. наук. праць Харківського університету

- Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2011 р. – Випуск 4 (94). – С. 137-145.
28. Гусев С.А. Итеративное декодирование каскадных кодовых конструкций [Текст] /А.А.Кузнецов, С.А.Гусев, В.А.Зубенко.// Системи управління, навігації та зв'язку. – Київ: Центральний науково-дослідний інститут навігації і управління, 2011 р. – Випуск 2 (18). – С. 122-130.
29. Додд А. З. Мир телекоммуникаций. Обзор технологий и отрасли [Текст] / Аннабел З. Додд.; пер. с англ. М. Бодров, А. Кучумов. – М.: Олимп-Бизнес, 2002. – 400 с.
30. Долгов В. И. Основы статистической теории приема дискретных сигналов [Текст] / Долгов В. И. – Х.: ХВВКИУ РВ, 1989. – 448 с.
31. Донской В. И. Дискретная математика [Текст]: учеб. пособие / Донской В. И. – Симферополь: СОНАТ, 2000. – 360 с.
32. Зв'язок військовий. Терміни та визначення: ДСТУ В 3265 – 95. – [ Чинний від 1997-01-01]. – К.: УкрНДІССІ, 1995. – 23 с. – (Державний стандарт України).
33. Ж. Серр. Алгебраические группы и поля классов [Текст] /Ж. Серр; пер. с франц. И. В. Долгачев. – М.: Мир, 1968. – 288 с.
34. Жураковський Ю. П. Теорія інформації та кодування [Текст]: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / Ю. П. Жураковський, В. П. Полторак. – К.: Вища школа, 2001. – 255 с.
35. Закон України «Про Концепцію Національної програми інформатизації» N 75/98-ВР від 4 лютого 1998 року // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 1998. –№ 27 - 28. – С.182.
36. Згуровський М. З. Вступ до комп'ютерних інформаційних технологій [Текст]: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Згуровський М. З., Коваленко І. І., Міхайленко В. М. – 2-е вид. – К.: Вид-во Європ. ун-ту, 2002. – 266 с.

37. Злотник Б. М. Помехоустойчивые коды в системах связи [Текст] / Злотник Б. М. – М.: Радио и связь, 1989. – 232 с. – (Статистическая теория связи; вып. 31).
38. Зубенко В.А. Разработка имитационной модели канала передачи дискретных сообщений с использованием каскадных кодовых конструкций [Текст] / В.И. Поддубняк, В.А.Зубенко // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць Кіровоградського національного технічного університету. – Кіровоград: КНТУ, 2012 р. – Вип. 25. Ч II. – С. 80-85.
39. Зубенко В.А. Методы кодирования и декодирования алгебраических каскадных сверточных кодов [Текст] // Матеріали двадцять третьої міжнародної науково-практичної конференції «Перспективні комп'ютерні, керуючі та телекомунікаційні системи для залізничного транспорту України». – Алушта, 2010 р. – С.75-76.
40. Теория передачи сигналов [Текст]: учебник для вузов / А. Г. Зюко, Д. Д. Кловский, М. В. Назаров, Л. М. Финк. – М.: Радио и связь, 1986. – 304 с.
41. Иванов М. Т. Теоретические основы радиотехники [Текст]: учеб. пос. для вузов / Иванов М. Т., Сергиенко А. Б., Ушаков В. Н.; под ред. В. Н. Ушакова. – М.: Высш. шк., 2002. – 310 с.
42. Ильин В. А. Линейная алгебра [Текст]: учеб. для вузов / В. А. Ильин, Э. Г. Позняк. – 4-е изд. – М.: Наука. ФИЗМАТЛИТ, 1999. – 296 с.
43. Карпов Ю. Г. Теория автоматов [Текст] / Карпов Ю. Г. – СПб.: Питер, 2002. – 224 с.
44. Кацман Г. Л. Спектры алгеброгеометрических кодов [Текст] / Г. Л. Кацман, М. А. Цфасман // Пробл. передачи информ. – 1987. – Т. 23, № 4. – С. 19 – 34.

45. Кларк Дж. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи [Текст] / Кларк Дж., мл., Кейн Дж.; пер. с англ. Гельфанд С. И. – М.: Радио и связь. – 1987. – 392 с. – (Стат. теория связи; вып. 28).
46. Коломієць В. Ф. Міжнародні інформаційні системи [Текст]: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / Коломієць В. Ф. – К.: Київський університет, 2001. – 458 с.
47. Концепция Национальной программы информатизации одобренной Законом Украины «Про Концепцію Національної програми інформатизації» от 4 февраля 1998 г. № 75/98-ВР.
48. Коржик В. И. Помехоустойчивое кодирование дискретных сообщений в каналах со случайной структурой [Текст] / В. И. Коржик, Л. М. Финк. – М.: Связь, 1975. – 272 с. – (Статистическая теория связи; вып. 4).
49. Типикин А. П. Коррекция ошибок в оптических накопителях информации [Текст] / Типикин А. П., Петров В. В., Бабанин А. Г.; отв. ред. Додонов А. Г.; АН УССР. Ин-т проблем регистрации информации. – К.: Наук. думка, 1990. – 172 с.
50. Котоусов А. С. Теория информации [Текст]: учеб. пос. для вузов / Котоусов А. С. – М.: Радио и связь, 2003. – 80 с.
51. Коуров Л. В. Информационные технологии [Текст]: учеб. пос. для студ. вузов / Коуров Л. В. – Мн.: Амалфея, 2000. – 192 с.
52. Кремер Н. Ш. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст]: учеб. для вузов / Кремер Н. Ш. – М.: Юнити, 2000. – 543 с.
53. Кузьмин И. В. Основы теории шифрования и кодирования [Текст]/ И. В. Кузьмин, В. А. Кедрус. – К.: Вища школа, 1986. – 238 с.
54. Кулаков Ю. О. Комп'ютерні мережі [Текст]: підруч. для ВНЗ / Кулаков Ю. О. – К.: Юніор, 2002. – 432 с.
55. Кэйнал Л.Н. Модели каналов с памятью и их применение для защиты от ошибок [Текст] / Л. Н. Кэйнал, А.Р.К. Састри; пер. с англ. // Тр. ин-та инженеров по электротехн. и радиоэлектр. – 1978. – Т. 66, № 7. – С.5-29.

56. Лидл Р. Конечные поля. Т. 1 [Текст] / Р. Лидл, Г. Нидеррайтер; пер. с англ.; в 2 т. – М.: Мир, 1988. – 430 с.
57. Лидл Р. Конечные поля. Т. 2 [Текст] / Р. Лидл, Г. Нидеррайтер; пер. с англ.; в 2 т. – М.: Мир, 1988. – 392 с.
58. Основы построения систем и сетей передачи информации [Текст]: учеб. пос. для вузов / В. В. Ломовицкий, А. И. Михайлов, К. В. Шестаков, В. М. Щекотихин. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005. – 382 с.
59. Лосев В. В. Поиск и декодирование сложных дискретных сигналов [Текст] / Лосев В. В., Бродская Е. Б., Коржик В. И.; под ред. В. И. Коржика. – М.: Радио и связь, 1988. – 224 с.
60. Мелихов А. Н. Ориентированные графы и конечные автоматы [Текст] / Мелихов А. Н. – М.: Наука. – 1971. – 416 с.
61. Муттер В.М. Основы помехоустойчивой телепередачи информации [Текст] / Муттер В.М. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 288с.
62. Надежность и эффективность в технике [Текст]: справочник в 10 т. / [ред. совет: В. С. Авдуевский и др.]. – М.: Машиностроение, 1986. – Т.3: Эффективность технических систем / под ред. В. Ф. Уткина, Ю. В. Крючкова. – 1988. – 328 с.
63. Надежность и эффективность в технике [Текст]: справочник в 10 т. / [ред. совет: В. С. Авдуевский и др.]. – М.: Машиностроение, 1986. – Т.1: Методология. Организация. Терминология / под ред. А. И. Рембезы. – 1986. – 223 с.
64. Нефедов В. И. Основы радиоэлектроники и связи [Текст]: учеб. для вузов / Нефедов В. И. – М.: Высшая школа, 2002. – 510 с.
65. Олифер В. Г. Компьютерные сети / Олифер В. Г. – СПб.: ИД Питер, 2002. – 864 с.
66. Попов В. Б. Основы компьютерных технологий [Текст]: учеб. пособие / Попов В. Б. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 704 с.

67. Петров В. Н. Информационные системы [Текст]: учеб. для вузов / Петров В. Н. – СПб.: ИД Питер, 2001. – 688 с.
68. Питерсон У. Коды, исправляющие ошибки [Текст] / Питерсон У., Уэлдон Э.; пер. с англ. – М.: Мир, 1976. – 596 с.
69. Полознюк О. Е. Конспект лекций по высшей математике [Текст] / Полознюк О. Е. – К.: Донеччина, 2002 - Ч. 1: Линейная алгебра. Векторная алгебра. Аналитическая геометрия. – 2002. – 104 с.
70. Помехоустойчивое кодирование и надежность ЭВМ [Текст]: [сб. ст.] / АН СССР, Ин-т пробл. передачи информ.; отв. ред. В. В. Зяблов. - М.: Наука, 1987. – 191 с.
71. Помехоустойчивость и эффективность систем передачи информации [Текст] / [А. Г. Зюко, А. И. Фалько, И. П. Панфилов и др.]; под ред. А. Г. Зюко. – М.: Радио и связь, 1985. – 272 с.
72. Проектування інформаційних систем [Текст]: посіб. [для студ. вищ. навч. закл.] / Пономаренко В. С., Пушкар О. І., Журавльова І. В., Мінухін С. В. – К.: ВЦ «Академія», 2002. – 496 с.
73. Про Концепцію розвитку зв'язку України до 2010 року [Электронный ресурс]: постанова №2238 від 09.12.1999 / Кабінет Міністрів України. – К.: Кабінет Міністрів України, 1999. – Режим доступа: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2238-99-п>.
74. Прокис Дж. Цифровая связь [Текст] / Джон Прокис; [пер. с англ.; под ред. Д. Д. Кловского]. – М.: Радио и связь, 2000. – 800 с.
75. Пятибратов А. П. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации [Текст]: учебник [для студ. вузов] / А. П. Пятибратов, Л. П. Гудыно, А. А. Кириченко; под ред. А. П. Пятибратова. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 512 с.
76. Руководство по технологиям объединенных сетей [Текст] / Cisco Systems. – М.: Вильямс, 2002. – 1040 с.

77. Савицкий Н. И. Технологии организации, хранения и обработки данных [Текст]: учеб. пос. для вузов / Савицкий Н. И. – М.: «Инфра-М», 2001. – 232 с.
78. Скляр Бернанд. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение [Текст] / Бернанд Скляр; пер. с англ. – 2-е изд., испр. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 1104 с.
79. Стеклов В. К. Проектування телекомунікаційних мереж [Текст]: підруч. для студ. вищ. навч. закл. / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман – К.: Техніка, 2002. – 792 с.
80. Стеклов В. К. Основи управління мережами та послугами телекомунікацій [Текст]: підруч. для студ. вищ. навч. закл. / Стеклов В. К. – К.: Техніка, 2002. – 440 с.
81. Столлингс В. Компьютерные системы передачи данных [Текст] / Вильям Столлингс; пер. с англ. А. В. Высоцкого, А. В. Назаренко. – М.: Вильямс, 2002. – 928 с.
82. Судоплатов С.В. Элементы дискретной математики [Текст]: учебник [для студ. вузов] / С. В. Судоплатов, Е. В. Овчинникова – М.: Инфра-М, 2002. – 280 с.
83. Теория кодирования [Текст] / Т. Касами, Н. Токура, Е. Ивадари, Я. Инагаки; пер. с япон. А. В. Кузнецова; под ред. Б. С. Цыбакова и С. И. Гельфанда.– М.: Мир, 1978. – 576 с.
84. Уолрэннд Дж. Телекоммуникационные и компьютерные сети [Текст] / Дж. Уолрэннд; [пер. с англ.]. – М.: Постмаркет, 2001. – 480 с.
85. Мак-Вильямс Ф. Дж. Теория кодов, исправляющих ошибки [Текст] / Ф. Дж. Мак-Вильямс, Н. Дж. А. Слоэн; [пер. с англ.; под ред. Л. А. Бассальго]. - М.: Связь. - 1979. - 744 с.
86. Фигурин В. А. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст]: уч. пос. [для студ. вузов] / В. А. Фигурин, В. В. Оболонин. – Мн.: «Новое знание», 2000. – 208 с.

87. Хартли Р. Передача информации [Текст] / Р. Хартли // Теория информации и ее приложения. Сборник переводов. – М.: ФИЗМАТГИЗ. – 1959. – С. 5 - 35.
88. Хопкрофт Дж. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений [Текст] / Джон Хопкрофт, Раджив Мотвани, Джефри Ульман; пер. с англ. – М.: Вильямс, 2002. – 528 с.
89. Цфасман М. А. Коды Гоппы, лежащие выше границы Варшавова – Гилберта [Текст] / Цфасман М. А. // Проблемы передачи информации. – М., 1982. - № 3. - С. 3 - 6.
90. Цымбал В. П. Теория информации и кодирование [Текст]: учебник [для студ. вузов] / Цымбал В. П. - К.: Вища школа, 1992. - 262 с.
91. Шафаревич И. Р. Основы алгебраической геометрии [Текст] / Шафаревич И. Р. – М.: Наука, 1972. – 568 с.
92. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике [Текст] / Клод Элвуд Шеннон; [пер. с англ.; под ред. Р. Л. Добрушина и О. Б. Лупанова]. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1963. – 830 с.
93. Шеннон К. Связь при наличии шума [Текст] / Клод Элвуд Шеннон // Теория информации и ее приложения. Сборник переводов. – М.: ФИЗМАТГИЗ, 1959. - С.82 - 112.
94. Шиллер Й. Мобильные коммуникации [Текст] / Йоган Шиллер; пер. с англ. О. О. Лисового, В. В. Марченко. - М.: Вильямс, 2002. – 384 с.
95. Шрюфер Е. Обробка сигналів: цифрова обробка сигналів. Підручник [Текст] / Шрюфер Е.; за ред. В. П. Байка. - К.: Либідь, 2000. - 296 с.
96. Элементы теории передачи дискретной информации [Текст] / Л. П. Пуртов, А. С. Замрий, А. И. Захаров, В. М. Охорзин; под ред. Л. П. Пуртова. – М.: Связь, 1972. – 232 с.
97. Яблонский С. В. Введение в дискретную математику [Текст] / Сергей Всеволодович Яблонский. – [4-е изд.]. – М.: Высшая школа, 2003. – 384 с.

98. Albert M. Chan. A new reduced-complexity sphere decoder for multiple antenna systems [Электронный ресурс] / Albert M. Chan, Inkyu Lee // IEEE Transactions on information theory. – 2002. – Vol. 1. – P. 460 - 464. – Режим доступа: <http://wireless.korea.ac.kr/main/publications/documents/c.pdf> .
99. Andersen J. D. Selection of component codes for turbo coding based on convergence properties [Электронный ресурс] / Andersen J. D. // Annales des telecommunications. – 1999. – Vol. 54, № 3-4. – Режим доступа: <http://www.tele.dtu.dk/~jda/> .
100. B.-Z. Shen. Which linear codes are algebraic-geometric ? [Электронный ресурс] / B.-Z. Shen, G.J.M. van Wee, Ruud Pellikaan // IEEE Transactions on information theory. – 1991. – Vol. 37. – P. 583-602. – Режим доступа: <http://www.win.tue.nl/~ruudp/paper/12.pdf> .
101. Bahl L. R. Optimal decoding of linear codes for minimizing symbol error rate [Электронный ресурс] / Bahl L. R., Cocke J., Jelinek F., Raviv J. // IEEE Transactions on information theory. – 1974. – Vol. 20. – P. 284-287. – Режим доступа: <http://www.csee.wvu.edu/~xinl/library/papers/infor/BCJR1974.pdf> .
102. Battail G. A conceptual framework for understanding turbo codes [Электронный ресурс] / Battail G. // IEEE Journal on selected areas in communications. –1998. – Vol. 16, № 2. – P. 245-254. – Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=661112>.
103. Berlekemp E. R. Algebraic coding theory [Текст] / Berlekemp E. R. – New York: McGraw-Hill, 1984. – 474 p.
104. Berrou C. Near Shannon limit error-correcting coding and decoding: turbo-codes [Электронный ресурс] / C. Berrou, A. Glavieux, P. Thitimajshima // Proceedings of IEEE ICC'93, Geneva, Switzerland. - 1993. - Vol. 2. - P. 1064 - 1070. - Режим доступа: <http://www-elec.enst-bretagne.fr/equipe/berrou/Near Shannon Limit Error.pdf> .
105. Munuera C. Equality of geometric Goppa codes and equivalence of divisors [Электронный ресурс] / C. Munuera, R. Pellikaan // Journal of pure and

- applied algebra. – 1993. – Vol. 90. – P. 229-252. – Режим доступа:  
<http://www.win.tue.nl/~ruudp/paper/18.pdf> .
106. Munuera C. Self-dual and decomposable geometric Goppa codes [Электронный ресурс] / C. Munuera, R. Pellikaan // Eurocode (P. Camion, P. Charpin and S. Harari eds.), Udine, CISM Courses and Lectures 339, Springer-Verlag, Wien-New York. – 2000. – Vol. 92. – P. 77-87. – Режим доступа:  
<http://www.win.tue.nl/~ruudp/paper/16.pdf> .
107. Dillard R. A. Detectability of spread spectrum signals [Электронный ресурс] / Dillard R. A. // IEEE Transactions on aerospace and electronic systems. – 1979. – Vol. 15, № 4. – P. 526 – 537. - Режим доступа:  
<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4102190> .
108. Farrán J. I. “brnoeth.lib”. A SINGULAR 2.0 library for the Brill-Noether algorithm [Электронный ресурс] / J. I. Farrán, C. Lossen // Weierstrass semigroups and AG codes. – 2001. – Режим доступа:  
<http://www.singular.uni-kl.de> .
109. Feng G.-L. Decoding algebraic geometric codes up to the designed minimum distance [Электронный ресурс] /G.-L. Feng, T.R.N. Rao // IEEE Transaction on information theory. – 1993. – Vol. 39, № 1. – P. 37 – 45. – Режим доступа:  
<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=179340> .
110. Geraniotis E. Error probability for direct-sequence spread-spectrum multiple-access communications. Part II: Approximations [Электронный ресурс] / E. Geraniotis, M. Pursley // IEEE Transaction on communications. – 1982. – Vol. 30, № 5. – P. 985 – 995. – Режим доступа:  
<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1095552> .
111. Geraniotis E. Noncoherent hybrid DS-SFH spread-spectrum multiple-access communications [Электронный ресурс] / Geraniotis E. // IEEE Transaction on communications. – 1986. – Vol. 34, № 9. – P. 862–872. – Режим доступа:  
<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1096648> .

112. Geraniotis E. Error probabilities for slow-frequency-hopped spread-spectrum multiple-access communications over fading channels [Электронный ресурс] / E. Geraniotis; M. Pursley // IEEE Transaction on communications. – 1982. – Vol. 30, № 5, part 2. – P. 996-1009. – Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1095551>.
113. Greuel G.-M. Computer algebra and algebraic geometry - achievements and perspectives [Электронный ресурс] / Greuel G.-M. // Journal of symbolic computation. – 2000. – Vol. 30, № 3. – P. 253-290. – Режим доступа: <http://www.mathematik.uni-kl.de/~greuel/Paper/Greuel/JSC00.ps.gz>
114. Hagenauer J. Iterative decoding of binary block and convolutional codes [Электронный ресурс] / Hagenauer J., Offer E., Papke L. // IEEE Transaction on information theory. – 1996. – Vol. 42, №2. – P. 429 - 445. – Режим доступа: <http://www.ima.umn.edu/csg/bib/bib16.0429hage.pdf> .
115. Heegard C. Turbo coding [Текст] / Chris Heegard, Stephen B. Wicker. – Boston: Kluwer Academic Publishers, 1999. – 234 p.
116. Holmes J. K. Acquisition time performance of PN spread-spectrum systems [Электронный ресурс] / J. K. Holmes, C. C. Chen // IEEE Transactions on communications. – 1977. – Vol. 25, № 8. – P. 778 - 784. – Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1093913> .
117. Holmes J. K. Coherent spread spectrum systems [Текст] / J. K. Holmes. - New York: John Wiley & Sons, Inc., 1982. – 624 p.
118. Hunt A. Hyper-codes: High-performance low-complexity error-correcting codes [Электронный ресурс] / Hunt A., Crozier S., Falconer D. // 19-th Biennial symposium on communications, Kingston, Ontario, Canada, May 31 – June 3, 1998). – 1998. – P. 263 – 267. Режим доступа: [http://www.crc.gc.ca/files/fec/home/papers/HUN98b\\_QBS\\_HC.pdf](http://www.crc.gc.ca/files/fec/home/papers/HUN98b_QBS_HC.pdf) .
119. Algebraic-Geometry Codes [Электронный ресурс] / I. Blake, C. Heegard, T. Hoholdt, V. K. W. Wei // IEEE Transactions on information theory. – 1998.

- Vol. 44, №6. – P. 2596 – 2618. – Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=720550> .
120. Hansen J. P. Codes on the Klein quartic, ideals, and decoding (Corresp.) [Электронный ресурс] / Johan P. Hansen // IEEE Transactions on information theory. – 1987. – Vol. 33, № 6. – P. 923 – 925. – Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1057365> .
121. Johannesson R. Fundamentals of convolutional coding [Текст] / R. Johannesson, K. S. Zigangirov. – New-York: IEEE Press, 1999. – 443 p.
122. Pickholtz R. L. Revisions to theory of spread-spectrum communications. – A Tutorial [Электронный ресурс] / Pickholtz R. L., Schilling D. L., Milstein L. B. // IEEE Transactions on communications. – 1984. – Vol. 32, № 2. – P. 211 – 212. – Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1096025> .
123. Pickholtz R. L. Theory of spread-spectrum communications – a tutorial [Электронный ресурс] / Pickholtz R. L., Schilling D. L., Milstein L. B. // IEEE Transactions on communications. – 1982. – Vol. 30, № 5. – P. 855 – 884. – Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1095533> .
124. Pursley M. Performance evaluation for phase-coded spread-spectrum multiple-access communication. Part I: System analysis [Электронный ресурс] / Pursley M. B. // IEEE Transactions on communications. – 1977. – Vol. 25, № 8. – P. 795 – 799. – Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1093915> .
125. Pellikaan R. Weierstrass semigroups in an asymptotically good tower of function fields [Электронный ресурс] / Ruud Pellikaan, H. Stichtenoth, F. Torres // Finite Fields and their Applications. – 1998. – Vol. 4. – P. 381 – 392. – Режим доступа: <http://www.win.tue.nl/~ruudp/paper/30.pdf> .
126. Pellikaan R. Asymptotically good sequences of curves and codes [Электронный ресурс] / Ruud Pellikaan // Proc. 34th allerton conf. on

communication, control and computing, Urbana-Champaign, October 2 – 4, 1996. – 1996. – P. 276 – 285. – Режим доступа:

<http://www.win.tue.nl/~ruudp/paper/25.pdf> .

127. Pellikaan R. On special divisors and the two variable zeta function of algebraic curves over finite fields [Электронный ресурс] / Ruud Pellikaan // Arithmetic, Geometry and Coding Theory: the international conference held at CIRM, Luminy, France, June 28 – July 2, 1993. – Berlin: Walter de Gruyter & Co., 1996. – P. 175 – 184. – Режим доступа:

<http://www.win.tue.nl/~ruudp/paper/22.pdf> .

128. Pellikaan R. The Klein quartic, the Fano plane and curves representing designs [Электронный ресурс] / Ruud Pellikaan // Codes, Curves, and Signals: Common Threads in Communications. – Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 1998. – P. 9 – 20. – Режим доступа:

<http://www.win.tue.nl/~ruudp/paper/32.pdf> .

129. Pellikaan R. The shift bound for cyclic, Reed-Muller and geometric Goppa codes [Электронный ресурс] / Ruud Pellikaan // Arithmetic, Geometry and Coding Theory: the international conference held at CIRM, Luminy, France, June 28 – July 2, 1993. – Berlin: Walter de Gruyter&Co., 1996. – P. 155 – 174. – Режим доступа: <http://www.win.tue.nl/~ruudp/paper/21.pdf> .

130. Fast decoding of algebraic-geometric codes up to the designed minimum distance [Электронный ресурс] / Sakata S., Justesen J., Madelung Y., Jensen H. E. // IEEE Transactions on information theory. – 1995. – Vol. 41, № 5, part 1. – P. 1672 – 1677. – Режим доступа:

<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=476240> .

131. Optimization of the process gain of an m-ary direct sequence spread spectrum communication system [Электронный ресурс] / Schilling D. L., Milstein L. B., Pickholtz R. L., Brown R. W. // IEEE Transactions on communications. – 1980. – Vol. 28, № 8, part 2. – P. 1389 – 1398. – Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1094782> .

132. Scholtz R. A. The origins of spread spectrum communications [Электронный ресурс] / Scholtz R. A. // IEEE Transactions on communications. – 1982. – Vol. 30, № 5. – P. 822–854. – Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1095547> .
133. Simon M. K. Coherent detection of frequency-hopped quadrature modulations the presence of Jamming. Part I: QPSK and QASK; Part II: QPR class I modulation [Электронный ресурс] / Simon M. K., Polydoros A. // IEEE Transactions on communications. – 1981. – Vol. 29, № 11. – P. 1644 – 1668. – Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1094924> .
134. Spread spectrum communications. V. 1 [Текст] / Simon M. K., Omura J. K., Scholtz R. A., Levitt B. K. – Rockville, Md.: Computer Science Press, 1985. – 402 p.
135. Spread spectrum communications. V. 2 [Текст] / Simon M. K., Omura J. K., Scholtz R. A., Levitt B. K. – Rockville, Md.: Computer Science Press, 1985. – 358 p.
136. Stark W. E. Coding for frequency-hopped spread-spectrum communication with partial-bani interference. Part I: Capacity and cutoff rate [Электронный ресурс] / Stark W. E. // IEEE Transactions on communications. – 1985. – Vol. 33, № 10. – P. 1036 – 1044. – Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1096223> .
137. Hoholdt T. Algebraic geometry codes [Электронный ресурс] / T. Hoholdt, J. H. van Lint, Ruud Pellikaan // Handbook of coding theory. – 1998. – Vol. 1. – P. 871-961. – Режим доступа: <http://www.win.tue.nl/~ruudp/paper/31.pdf> .
138. Valenti M. C. Turbo codes and iterative processing [Электронный ресурс] / Valenti M. C. // IEEE New Zeland Wireless Communications Symposium, Auckland, New Zeland, Nov. 1998. – 1998. – P. 1-7. – Режим доступа: <http://www.csee.wvu.edu/~mvalenti/documents/valenti1998g.pdf> .

139. Valenti M. C. Iterative detection and decoding for wireless communications: Ph.D. in electrical engineering dissertation [Электронный ресурс] / Valenti M. C. – Virginia, 1999. – 144 p. – Режим доступа: <http://www.csee.wvu.edu/~mvalenti/documents/valenti1999a.pdf> .
140. Viterbi A. J. Advances in coding and modulation for noncoherent channels affected by fading partial band, and multiple access interference [Текст] / Viterbi A. J., Jacobs I. M. // Advances in communication systems: Theory and applications. – New York: Academic Press, 1975. – Vol. 4. – P. 279-308.
141. Voss C. An explicit construction of a sequence of codes attaining the Tsfasman-Vladut-Zink bound. The first steps [Электронный ресурс] / C. Voss, T. Hoholdt // IEEE Transactions on information theory. – 1997. – Vol. 43, №1. – P. 128 – 135. – Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=567659> .
142. Ward R. B. Acquisition of pseudonoise signals by sequential estimation [Электронный ресурс] / Ward R. B. // IEEE Transactions on communication technology. – 1965. – Vol. 13, №4. – P. 475 – 483. – Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1089161> .
143. Wu Y. Design and implementation of parallel and serial concatenated convolutional codes [Текст]: a preliminary review of initial research and proposal for current and future work toward doctor of philosophy degree / Wu Y. – Blacksburg, Virginia, 1999. – 144 p.
144. Ziemer R. E. Digital communications and spread spectrum systems [Текст] / Ziemer R. E., Peterson R. L. – New York: Macmillan Publishing Company, 1985. – 700 p.

