

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра телекоммуникаций и основ радиотехники (ТОР)

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой ТОР  
\_\_\_\_\_ Е.П. Ворошилин  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2012 г.

#### КОДИРОВАНИЕ В ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта (расчетного задания, самостоятельной работы) по дисциплине "Методы разделения каналов, модуляции и кодирования в инфокоммуникационных системах" для студентов специальностей 210700.68 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" и 210400.68 "Радиотехника".

СОГЛАСОВАНО  
Зав. кафедрой РЗИ, профессор  
\_\_\_\_\_ А.С. Задорин  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2012 г.

РАЗРАБОТЧИК  
Доцент кафедры ТОР  
\_\_\_\_\_ В.И. Белов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2012 г.

2012

#### СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1 ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА .....	4
1.1 Техническое задание .....	4
1.2 Организация работы над проектом .....	4
1.3 Критерии оценки курсовых проектов .....	4
2 СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА .....	5
2.1. Общие требования .....	5
2.2. Содержание пояснительной записки .....	5
3 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА .....	7
3.1 Требования к оформлению чертежей .....	7
3.2 Требования к оформлению пояснительной записки .....	8
4 СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЙ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ .....	14
4.1 Задаваемые параметры и характеристики .....	14
4.2 Вопросы, подлежащие разработке .....	14
5 РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА .....	15
6 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ .....	16
ЛИТЕРАТУРА .....	16
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	17

3

#### ВВЕДЕНИЕ

Курсовой проект дисциплины "Методы разделения каналов, модуляции и кодирования в инфокоммуникационных системах" выполняется по части этой дисциплины, наибольшей по объему, содержащей методы кодирования.

Основное внимание направлено на использование циклических кодов.

Проектирование заключается в разработке функциональных схем кодеров-декодеров, создании программ кодирования и декодирования кодов в пакете Matlab и исследовании эффективности работы алгоритмов кодирования.

Изучение эффективности алгоритмов включает теоретическую часть и практическую часть, связанную с применением статистического моделирования (метод Монте-Карло).

Целью курсового проектирования является закрепление теоретических знаний, полученных при изучении курса "Методы разделения каналов, модуляции и кодирования в инфокоммуникационных системах" и смежных с ним курсов, более глубокое изучение одной из разновидностей кодов, овладение навыками в проектировании систем кодирования.

Требования к оформлению курсового проекта (раздел 2 и 3) взяты из учебного пособия «Многоканальная система передачи информации : руководство к курсовому проектированию / Ю. П. Акулиничев. – Томск, гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007.– 36 с.

4

#### 1 ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

##### 1.1 Техническое задание

Курсовой проект выполняется в соответствии с техническим заданием. Техническое задание определяет:

- назначение проектируемой системы кодирования;
- основные параметры, необходимые для проектирования;

##### 1.2 Организация работы над проектом

Срок выполнения курсового проекта указан в бланке технического задания. Общий объем самостоятельной работы над заданием рассчитан на 20-30 часов (из расчета 1-2 часа в неделю).

Ориентировочная трудоемкость отдельных этапов работы приведена в таблице.

Таблица

Относительная трудоемкость этапов работы над курсовым проектом

№	Наименование этапов	Объем (%)
1	Изучение теории кодирования-декодирования по лекциям и дополнительной литературе	25
2	Составление функциональных схем алгоритмов кодирования	15
3	Разработка программ и исследование эффективности алгоритмов кодирования	50
4	Подготовка пояснительной записки	10

##### 1.3 Критерии оценки курсовых проектов

Оценка курсового проекта определяется следующими критериями:

- а) качество разработанных алгоритмов в теоретической части проекта;
- б) соответствие программной части заявленным алгоритмам;
- в) степень полноты исследования эффективности кодирования в теории и практике (моделировании);
- г) качество оформления (соответствие ГОСТам, ЕСКД);

## 2 СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

### 2.1. Общие требования

Курсовой проект должен быть представлен пояснительной запиской (ПЗ), содержащей текст, рисунки (графики, блок-схемы, структурные схемы) и таблицы.

Текст записки должен содержать указанные ниже разделы:

- 1) титульный лист;
- 2) аннотацию;
- 3) задание на проектирование;
- 4) введение;
- 5) содержание:
  - анализ технического задания и выбор методов выполнения его требований;
  - расчет технических параметров проекта
  - расчет технических требований к ее элементам;
  - разработка схемной и программной реализации кодера и декодера;
  - исследование эффективности алгоритмов кодирования и декодирования;
- 6) заключение;
- 7) список использованной литературы.

### 2.2. Содержание пояснительной записки

**Реферат** – краткое точное изложение содержания документа, включающее основные фактические сведения и выводы.

Реферат помещают на отдельной странице. Заголовком служит слово «Реферат», расположенное симметрично тексту. За-

головки выполняются прописными буквами.

Реферат выполняется по ОС ТАСУР 6.1-97 и должен содержать:

- сведения о количестве листов ПЗ, рисунков, иллюстраций, таблиц, использованных источников, приложений;
- перечень ключевых слов;
- текст реферата.

Перечень ключевых слов должен состоять из 5-10 слов или словосочетаний из ПЗ, которые в наибольшей мере характеризуют ее содержание. Ключевые слова пишутся в именительном падеже прописными буквами.

Текст реферата должен содержать:

- цель работы;
- полученные результаты и их новизну;
- основные особенности спроектированной системы;
- область применения проекта;
- прогнозные предложения о развитии объекта исследования.

Изложение материала в реферате должно быть кратким и четким. Фамилии, названия учреждений, организаций, фирм и другие иностранные собственные имена в тексте приводят на языке оригинала. Допускается приводить собственные имена в русской транскрипции с добавлением в скобках оригинального названия (при первом упоминании).

**Задание на проектирование** – составляется руководителем и утверждается заведующим кафедрой.

**Расчет технических параметров проектируемого устройства.**

На основании требований технического задания и в соответствии с заданным (или выбранным) принципом действия рассчитываются основные характеристики устройства. К ним, в частности, относятся: длительность кодового слова, ширина спектра сигнала, вероятность правильного декодирования кодового слова.

Другие параметры оговариваются в техническом задании или определяются студентом, исходя из назначения и принципа действия устройства.

**Составление схем кодирования и декодирования в уст-**

**ройстве, описание работы схем и расчет основных технических требований к ее элементам.**

Должно быть дано описание работы всех схем устройства, приведены временные графики работы основных элементов.

**Разработка аппаратной или программной реализации кодера и декодера.**

Для аппаратной реализации кодера и декодера заданного корректирующего кода необходима разработка их детальных функциональных схем с указанием всех логических элементов и связей между ними.

Программы кодирования и декодирования для персонального компьютера могут быть составлены с использованием любого из языков программирования. Необходимо привести листинг программы и численный пример, подтверждающий ее работоспособность.

**Заключение.**

В этом разделе подводятся итоги выполненной работы, отмечает соответствие проекта техническому заданию, положительные стороны и недостатки принятых технических решений, намечает пути улучшения тактико-технических параметров устройства.

В заключении формулируются общие выводы, касающиеся полезности проделанной работы, в частности, отмечается целесообразность использования ее результатов в реальном проектировании.

## 3 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Настоящие методические указания составлены в соответствии со стандартом ОС ТАСУР 6.1-97 «Работы студенческие, учебные и выпускные квалификационные. Общие требования и правила оформления».

### 3.1 Требования к оформлению чертежей

Чертежи должны быть выполнены в карандаше на листах ватмана стандартного размера или на компьютере в соответ-

ствии с ЕСКД. Правила выполнения электрических схем установлены ГОСТ 2.702-75 и ГОСТ 2.701-84.

Допускается помещение чертежей в конце пояснительной записки с соответствующей укладкой их.

Каждый чертеж должен иметь рамку и основную надпись в соответствии с ГОСТ 2.104-68 «Виды и комплектность конструкторской документации», форма 1. Форма основной надписи, а также пример заполнения граф основной надписи даны в приложении 2.

Другие сведения, которые могут оказаться необходимыми для выполнения графической части проектов, приведены в стандарте ОС ТАСУР 6.1-97.

### 3.2 Требования к оформлению пояснительной записки

Пояснительная записка к проекту выполняется на стандартных листах формата А4 (210x297) ГОСТ 2.301-68 одним из следующих способов:

- с применением печатающих устройств вывода ЭВМ, высота букв и цифр не менее 1,8 мм, через 1,5-2 межстрочных интервала;

- рукописным – четким, разборчивым почерком с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм. Текст должен быть написан чернилами или пастой синего или черного цвета.

В соответствии с ГОСТ 2.004-88 «Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ», должны соблюдаться требования соответствующих стандартов ЕСКД.

ПЗ является текстовым конструкторским документом. Поэтому ее построение и оформление должно соответствовать ГОСТ 2.105-95, раздел 2 «Требования к текстовым документам, содержащим в основном сплошной текст». Согласно этим требованиям каждый лист текстового конструкторского документа обрамляется рамкой и снабжается основной подписью по форме 2 и 2а ГОСТ 2.104-68.

Допускается выполнять по формам 2 и 2а только 2-3 первых листа ПЗ.

Расстояние от рамки формы (или от того места, где она должна быть) до границ текста следует оставлять в начале строк – не менее 5 мм, в конце строк – не менее 3 мм. Расстояние от верхней или нижней строки текста до рамки формы должно быть не менее 10 мм.

Нумерация страниц ПЗ должна быть сквозной, включая листы с рисунками, первой страницей является титульный лист. Номера страниц должны проставляться в основной надписи в графе «Лист». На титульном листе и в задании номер страницы не проставляется. На листах без рамки номер проставляется в правом верхнем углу. Титульный лист оформляется согласно ГОСТ 2-105-95. Форма титульного листа приведена в приложении 4.

Текст должен быть написан простым языком, чтобы его мог понять специалист не только в данной области, но и в смежной.

Не следует применять в тексте неконкретные выражения типа «удовлетворительное совпадение», «хорошее соответствие», «достаточная точность» и т.д., а также употреблять сложные обороты речи, жаргонные выражения, профессионализмы.

Не допускается:

- применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;

- применять произвольные словообразования;

- применять индексы стандартов (ГОСТ, ОСТ и т.п.), технических условий (ТУ) и других документов без регистрационного номера.

Содержание пояснительной записки разбивают на разделы и подразделы. При необходимости разделы и подразделы разбивают на пункты, а пункты на подпункты. Каждый пункт записывают с абзаца.

Между заголовками разделов и подразделов и последующим текстом следует оставлять одну свободную строку, а между последней строкой текста и последующим заголовком – две свободные строки.

Разделы должны иметь порядковые номера, обозначенные арабской цифрой. Номера подразделов состоят из номера разде-

ла и подраздела, разделенных точкой. Номера пунктов состоят из номеров раздела, подраздела и пункта, разделенных точками.

Содержащиеся в подпунктах отдельные требования, указания или положения, излагаемые в виде перечисления, записывают с абзаца. Подпункты обозначаются в пределах пункта арабскими цифрами со скобкой. Каждый подпункт должен начинаться с новой строки со строчной буквы. В конце подпункта, если за ним следует еще подпункт, ставят точку с запятой.

Каждый раздел рекомендуется начинать с новой страницы. Наименования разделов и подразделов должны быть краткими и соответствовать содержанию. Заголовки подразделов записываются строчными буквами (кроме первой прописной). Точку в конце заголовка не ставят. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Переносы слов в заголовках не допускаются.

При аналитических расчетах рекомендуется следующий порядок записи: приводится формула, после знака равенства подставляются численные значения в основных единицах системы СИ и пишется результат с указанием единиц измерения по ГОСТ 8.417-81, например:  $V, мВ, мкВ, А, мА, мкА, Ом, кОм, МОм, Ф, мкФ, Гц, кГц, МГц, м, см, мм, дБ, Вт, с, мс, мкс, нс$ .

Числовые значения величин в тексте должны указываться с необходимой степенью точности. В тексте ПЗ числа с размерностью следует писать цифрами, цифры до десяти без размерности – словами, свыше десяти – цифрами, например: Дальность действия увеличилась в два раза.

Значения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, должны быть приведены непосредственно под формулой. Значение каждого символа дают с новой строки в той последовательности, в какой они приведены в формуле. Первая строка расшифровки должна начинаться со слова “где” без двоеточия после него.

Формулы, на которые имеются ссылки в тексте, должны нумероваться в пределах раздела арабскими цифрами. Номер формулы должен состоять из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например: (1.2). Номер указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках, например:

$$A = 0,5x - 8 \quad (3.222)$$

Ссылки в тексте на номер формулы дают в скобках, например: “... в формуле (3.1)”.

Цифровой материал, как правило, оформляют в виде таблиц. Таблица должна иметь заголовок, который следует выполнять строчными буквами, кроме первой прописной, и помещать над таблицей посередине. Заголовок должен быть кратким и полностью отражать содержание таблицы.

Заголовки граф таблицы начинают с прописных букв, а подзаголовки со строчных, если они составляют одно предложение с заголовком. Подзаголовки, имеющие самостоятельное значение, пишут с прописной буквы. В конце заголовков и подзаголовков таблиц знаки препинания не ставят. Заголовки указывают в единственном числе. Графу “№ п/п” в таблицу не включают. При необходимости нумерации параметров порядковые номера указывают в боковике таблицы перед их наименованием.

Диагональное деление головки таблицы не допускается. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

Все таблицы, если их в ПЗ более одной, нумеруют в пределах раздела арабскими цифрами. Номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

Над левым верхним углом таблицы помещают надпись “Таблица” с указанием номера таблицы, например: “Таблица 2.1” (первая таблица второго раздела). Надпись “Таблица” пишут выше заголовка.

Если в ПЗ одна таблица, то номер ей не присваивается и слово “Таблица” не пишут. На все таблицы должны быть ссылки в тексте, при этом слово “Таблица” в тексте пишут полностью, если таблица не имеет номера, и сокращенно – если имеет номер, например: “... в табл. 1.1”.

Для пояснения излагаемого текста в ПЗ помещают иллюстрации. Иллюстрации должны размещаться сразу после ссылки на них в тексте. Иллюстрации следует размещать так, чтобы их можно было рассматривать без поворота ПЗ. Если такое расположение невозможно, иллюстрации располагают так, чтобы для

их рассматривания надо было повернуть ПЗ по часовой стрелке.

Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Все иллюстрации (фотографии, схемы, чертежи и пр.) именуются рисунками. Рисунки следует выполнять на той же бумаге, что и текст. Рисунки нумеруются последовательно в пределах раздела арабскими цифрами. Номер рисунка должен состоять из номера раздела и порядкового номера рисунка, разделенных точкой, например: “Рисунок 1.2” (второй рисунок первого раздела). При ссылке на рисунок следует указывать его полный номер, например: “(рисунок 1.2)”. Повторные ссылки на рисунок следует давать с сокращенным словом “смотри”, например: “(см.рис. 1.2)”.

Иллюстрации должны иметь наименование, и при необходимости – поясняющие данные. Слово “рисунок”, его номер и наименование помещают ниже изображения и пояснительных данных симметрично иллюстрации. Например, “Рисунок 1.2 – Графическое изображение алгоритма”.

Иллюстрации, на которых изображаются графики, выполняются различно в зависимости от того, отображают ли они лишь качественный характер или же количественное соотношение между аргументом и функцией.

Первый вид графиков изображается на плоскости, ограниченной осями координат, заканчивающимися стрелками. При этом слева от стрелки оси ординат и под стрелкой оси абсцисс проставляется буквенное обозначение соответственно функции и аргумента, без указания их единиц измерений.

Вдоль осей допускается указывать условные координаты некоторых характерных точек.

Графики, по которым можно установить количественную связь между независимой и зависимой переменными, должны снабжаться координатной сеткой, логарифмической или равномерной. Буквенные обозначения переменных проставляются сверху слева от левой границы координатного поля и справа под нижней границей поля.

Единицы измерения (размерности) проставляются в одной строке с буквенными обозначениями переменных и отделяются от них запятой.

Численные значения аргумента и функции вписываются против линий координатной сетки соответственно в одну строку с буквенным обозначением под нижней границей координатного поля и в один столбец с буквенным обозначением слева от левой границы координатного поля. Следует избегать чрезмерно мелкой координатной сетки, причем допускается в целях лучшего чтения графика промежуточные числовые значения проставлять через одну или две клетки. Поле, образованное координатной сеткой, следует использовать рационально так, чтобы не оставались пустыми строки и столбцы клеток.

Если на одном графике необходимо разместить семейство кривых, то их следует изображать либо различными линиями (например, сплошной, пунктирной, штрихпунктирной), либо проставлять около них на свободных местах цифры или буквы, которые должны быть разъяснены в поясняющих данных к рисунку или в тексте, либо делать возле них краткие поясняющие подписи, не затрудняющие чтение графика.

Если на одном графике необходимо разместить две различные функциональные зависимости, то обозначение и размерность одной из них следует помещать вдоль левой границы координатного поля, а другой вдоль правой границы координатного поля. При этом на поле графика возле кривых должны быть приведены соответствующие буквенные обозначения.

Если графики иллюстрируют экспериментальные зависимости, полученные в результате однократного проведения прямых или косвенных измерений, то обязательно проставление координат экспериментальных точек. Координаты могут быть указаны различными символами (значками), например, # и т.п. Расшифровка символов приводится в подрисуночной надписи или в тексте.

При ссылке в тексте на использованную литературу следует приводить порядковый номер по списку литературы, заключенный в квадратные скобки и, в необходимых случаях, страницы, например: [18, с. 75].

Список литературы оформляют следующим образом. Заголовки "Список литературы" располагают симметрично тексту, прописными буквами. В список литературы входят все те литературные источники, на которые имеются ссылки в ПЗ. Список

литературы выполняют в соответствии с ГОСТ 7.1-84 "Система информационно-библиографической документации. Библиографическое описание произведений печати". Примером может служить список рекомендуемой литературы к типовым проектам, помещенный в настоящих методических указаниях.

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЙ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

### 4.1 Задаваемые параметры

Порождающий полином корректирующего циклического кода, соответствующий варианту (см. таблицу в приложении 2)

### 4.2 Вопросы, подлежащие разработке:

- 1) определение или расчет длины информационной двоичной кодовой комбинации (слова) на входе канала, число проверочных символов, порождающей и проверочной матриц кода;
- 2) формирование порождающей и проверочной матриц систематического кода;
- 3) разработка алгоритма кодирования и алгоритмов декодирования по минимуму расстояния, синдромному и мажоритарному методам в режиме исправления ошибок;
- 4) разработка функциональных схем кодера и декодера, обнаруживающего ошибки для выбранного корректирующего кода;
- 5) разработка программ кодирования и декодирования, программы для статистического метода расчета битовой вероятности в среде Matlab;
- 6) теоретические расчеты зависимости битовой вероятности от отношения сигнал/шум при кодировании и отсутствия кодирования;
- 7) те же расчеты, что и в пункте 5, только путем моделирования;
- 8) сравнительный анализ эффективности устройства кодирования-декодирования, сделанный по результатам всех расчетов;

## 5 РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА

- 1) Задать произвольно скорость ввода информационных символов в канале.
- 2) Определить длительность информационных символов в кодовой комбинации на выходе кодера и построить соответствующие диаграммы.
- 3) Найти порождающую и проверочную матрицы можно с использованием формул

$$G(x) = \begin{pmatrix} g(x) \\ xg(x) \\ x^2g(x) \\ \dots \\ x^{k-1}g(x) \end{pmatrix}, \quad H(x) = \begin{pmatrix} (h(x))_c \\ (xh(x))_c \\ (x^2h(x))_c \\ \dots \\ (x^{r-1}h(x))_c \end{pmatrix}$$

где  $(h(x))_c$  – полином с коэффициентами полинома  $h(x)$ , записанными в обратном порядке;  $h_{ij} = h_{n-1-j}$ .

Например, при  $n=7$ ,  $h(x) = 1 + x + x^2 + x^4 \Leftrightarrow \mathbf{h} = 1110100$  имеем  $(h(x))_c = x^2 + x^4 + x^5 + x^6 \Leftrightarrow \mathbf{h} = 0010111$ .

- 4) Построить кодовую таблицу и найти кодовое расстояние  $d_{\min}$ , кратность обнаруживаемых ошибок и кратность исправляемых ошибок.
- 5) По битовой вероятности ошибки на выходе демодулятора и кодовому расстоянию определить битовую вероятность ошибки на выходе декодера.
- 6) На основе анализа полиномов для циклического кода составить детальные функциональные схемы кодера и декодера корректирующего кода и промоделировать работу кодера и декодера в среде программирования Matlab.
- 7) Составить функциональные схемы модулятора и демодулятора.
- 8) При используемых параметрах корректирующего кода вычислить битовую вероятность ошибки на выходе демодулятора, вероятность ошибки при приеме кодового слова и битовую вероятность ошибки на выходе декодера в режиме *исправления*

ошибки.

## 6 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Вероятность ошибки при демодуляции двоичного импульса в приемнике когерентной СПИ равна

$$P_2 = 1 - \Phi(z)$$

где  $\Phi(z)$  – интеграл вероятности.

Значения  $\Phi(z)$  для  $|z| < 3$  приведены в учебниках по теории вероятности либо в математических пакетах программ Matlab, Mathcad.

При работе декодера в режиме исправления ошибок следует определить длительность сигнала на входе приемника, отношение сигнал/шум и битовую вероятность ошибки на выходе демодулятора [1, 3]. Затем определить битовую вероятность ошибки на выходе декодера и сравнить с соответствующей вероятностью при работе декодера в режиме обнаружения ошибок.

В пояснительной записке обязательно должны быть ссылки на источники используемых вами схем и математических выражений.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Теория и техника передачи информации : учебное пособие / Ю. П. Акулиничев, А. С. Бернгардт. – Томск: Эль Контент, 2012. – 210 с. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/1750>
2. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение, 2-е изд.: Пер. с англ. – М: Изд. дом. "Вильямс", 2003. – 1104 с.
3. Прокис Дж. Цифровая связь : пер. с англ. / Дж. Прокис ; под ред. Д. Д. Кловского. — М.: Радио и связь, 2000. — 800 с.
4. Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролирующихся ошибки. М.: Мир, 1986.
5. Мак-Вильямс Ф. Дж., Слоэн Н. Дж. А. Теория кодов, исправляющих ошибки, М.: Связь, 1979.–200 с.
6. Кловский Д.Д., Шилкин В.А. Теория электрической связи. Сб. задач и упражнений. Учебное пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1990. – 280 с.

## Приложение 1

Форма титульного листа к курсовому проекту

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра телекоммуникаций и основ радиотехники (ТОР)

**Методы кодирования в инфокоммуникационных системах**  
наименование темы проекта (прописными буквами)

Пояснительная записка к курсовому проекту по дисциплине  
"Методы разделения каналов, модуляции и кодирования в инфокоммуникационных системах"

Студент гр.  
(подпись) и.о. фамилия  
(дата)

Руководитель проекта  
должность и.о. фамилия  
(дата)

2012

## Приложение 2

Таблица №1. Варианты заданий для  $(n, k)$  – кодов с длиной слова  $n=15$

Варианты	Параметры $n, k$	Расстояние кода $d_0$	Порождающий многочлен $G(x)$
1	2	3	4
1.1	(15,11)	3	$G_1(x)=x^4+x+1$
1.2	(15,7)	5	$G_2(x)=x^8+x^7+x^6+x^4+1$
1.3	(15,5)	7	$G_3(x)=x^{10}+x^8+x^5+x^4+x^2+x+1$

Таблица №2. Варианты заданий для  $(n, k)$  – кодов с длиной слова  $n=31$

Варианты	Параметры $n, k$	Расстояние кода $d_0$	Порождающий многочлен $G(x)$
1	2	3	4
2.1	(31,26)	3	$G_1(x)=x^5+x^2+1$
2.2			$G_2(x)=x^5+x^4+x^2+x+1$
2.3			$G_3(x)=x^5+x^4+x^3+x+1$

19

2.4			$G_4(x)=x^5+x^3+1$
2.5	(31,21)	5	$G_5(x)=x^{10}+x^9+x^8+x^6+x^5+x^3+1$
2.6			$G_6(x)=x^{10}+x^7+x^5+x^2+x+1$
2.7	(31,16)	7	$G_7(x)=x^{15}+x^{11}+x^{10}+x^9+x^8+x^7+x^5+x^3+x^2+x+1$
2.8			$G_8(x)=x^{15}+x^{14}+x^{13}+x^{12}+x^{11}+x^{10}+x^9+x^8+x^7+x^6+1$

Таблица №3. Варианты заданий для  $(n, k)$  – кодов с длиной слова  $n=63$

Варианты	Параметры $n, k$	Расстояние кода $d_0$	Порождающий многочлен $G(x)$
1	2	3	4
3.1	(63,57)	3	$G_1(x)=x^6+x+1$
3.2	(63,51)	5	$G_2(x)=\oplus \sum x^i, i=12,10,8,5,4,3,0$
3.3	(63,45)	7	$G_3(x)=\oplus \sum x^i, i=18,17,16,15,9,7,6,3,2,1,0$
3.4	(63,39)	9	$G_4(x)=\oplus \sum x^i, i=24,23,22,20,19,17,16,13,10,9,8,6,5,4,2,1,0$

20

3.5	(63,36)	11	$G_5(x)=\oplus \sum x^i, i=27,22,21,19,18,17,15,8,4,1,0$
3.6	(63,30)	13	$G_6(x)=\oplus \sum x^i, i=33,32,30,29,28,27,26,23,22,20,15,14,13,11,9,8,6,5,1,0$
3.7	(63,24)	15	$G_7(x)=\oplus \sum x^i, i=39,38,37,36,34,33,31,28,27,25,22,19,17,11,6,3,0$