

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Кафедра математики и физики**

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Е.И. Луковникова

« \_\_\_\_\_ » декабря 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ И КОДИРОВАНИЯ**

**Б1.В.15**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**01.03.02 Прикладная математика и информатика**

**ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ**

**Инженерия программного обеспечения**

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

<b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ</b>	<b>4</b>
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости .....	5
<b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....	6
4.3 Лабораторные работы.....	7
4.4 Семинары / практические занятия .....	7
4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....	7
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>9</b>
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>10</b>
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>10</b>
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>10</b>
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>11</b>
9.1 Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ	11
9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы.....	36
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>38</b>
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>38</b>
<b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>	<b>39</b>
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>	<b>43</b>
<b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....</b>	<b>44</b>
<b>Приложение 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....</b>	<b>45</b>

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

## Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к базовому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане. Способствует формированию фундаментальных теоретических знаний в области применения наиболее эффективных методов кодирования, позволяющих осуществлять передачу определенного количества информации по каналу связи с помощью минимального количества символов, как при отсутствии, так и при наличии помех.

## Цель дисциплины

Освоение студентами математических методов решения задач, связанных с процессами хранения и передачи информации; изучение алгоритмов помехоустойчивого кодирования и сжатия текстовой, графической, звуковой информации.

В результате изучения дисциплины, обучающиеся должны освоить методы определения пропускной способности каналов связи, достаточной для передачи всей поступающей информации без задержек и искажений; изучить основные алгоритмы построения различных кодов, используемых как для защиты данных, так и для их сжатия. Кроме того обучающиеся должны освоить методику решения различных задач, связанных с процессами получения, передачи, хранения и использования информации.

## Задачи дисциплины

Сформировать понятие о количественной оценке информации через понятие энтропии; познакомить на практике учащихся с алгоритмами сжатия текстовой, графической, звуковой информации с потерями и без потерь; сформировать представление о ошибках, возникающих при передаче информации по каналу связи и способах и методах их обнаружения и исправления; научить применять методы расчета скорости передачи информации для конкретных каналов связи.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-1	Способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой	<b>знать:</b> – основные понятия теории кодирования, классификацию и характеристики кодов; <b>уметь:</b> – представлять целые и вещественные числа в прямом, обратном и дополнительном двоичном кодах; <b>владеть:</b> - способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин и современные информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.
ОПК-2	способность приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии	<b>знать:</b> – современные источники информации, технологии, применяемые в образовании; <b>уметь:</b> – применять современные образовательные и информационные технологии для приобретения профессиональных знаний; <b>владеть:</b> – методами поиска, анализа и оценки профессионально значимой информации.

ПК-4	способность работать в составе научно-исследовательского и производственного коллектива и решать задачи профессиональной деятельности	<b>знать:</b> – источники формирования информационной базы, характеризующей функционирование экономических систем в сфере международной торговли и внешнеэкономических связей; <b>уметь:</b> – использовать источники экономической, социальной, управленческой информации для анализа экономических процессов, выявления проблем и определения способов их решения; <b>владеть:</b> – навыками сбора, анализа и обработки данных для решения текущих и стратегических внешнеэкономических задач.
------	---	--

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Теория информации и кодирования относится к базовому циклу, вариативная часть (код Б1.В.15) и является обязательной для изучения.

Представляет основу для изучения дисциплин: Криптографические методы защиты информации, Программные средства защиты информации, Технические средства и методы защиты информации, Компьютерные сети.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

## 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Контрольная работа	Вид промежуточной аттестации (экзамен, зачет)
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Семинары Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	3	6	144	68	34	34	-	22	+	экзамен
Заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Заочная (ускоренное обучение)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### 3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудо- ем- кость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час
			6
1	2	3	4
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	68	40	36
Лекции (Лж)	34	6	18
Лабораторные работы (ЛР)	34	34	18
Контрольная работа	+	+	+
Групповые (индивидуальные) консультации	+	+	+
<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	76	-	76
Подготовка к лабораторным работам	10	-	10
Подготовка к экзамену в течение семестра	12	-	12
Выполнение контрольной работы	54	-	54
<b>III. Промежуточная аттестация</b> экзамен	+	-	+
Общая трудоемкость дисциплины час.	144	-	144
зач. ед.	4	-	4

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для очной формы обучения:

№ раз- дела и те- мы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудо- ем- кость, (час.)	Виды учебных занятий, включая само- стоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		самостоя- тельная ра- бота обу- чающихся*
			лекции	лабора- торные работы	
1	2	3	4	5	6
<b>1.</b>	<b>Основные понятия теории ин- формации.</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
1.1.	Измерение информации	7	2	4	1
1.2.	Модели сигналов	3	2	-	1
<b>2.</b>	<b>Помехоустойчивое кодирование.</b>	<b>36</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>10</b>
2.1.	Типы, приемы и методы кодирования информации.	17	6	6	5
2.2.	Алгоритмы кодирования информации.	19	8	6	5
<b>3.</b>	<b>Информационные характери- стики канала связи.</b>	<b>44</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>10</b>
3.1.	Характеристики каналов связи.	6	4	-	2
3.2.	Кодирование в канале связи без шума.	16	6	8	2
3.3.	Кодирование в канале связи с шумом.	22	6	10	6
	<b>ИТОГО</b>	<b>90</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>22</b>

#### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

<i>№ раздела и темы</i>	<i>Наименование раздела и темы дисциплины</i>	<i>Содержание лекционных занятий</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	2	3	4
<b>1.</b>	<b>Основные понятия теории информации.</b>		
1.1.	Измерение информации	Вклад советских и российских ученых в становление и развитие теории информации. Понятие информации, ее виды и свойства. Цифровая и аналоговая информация. Сигналы и сообщения. Понятие информации. Различные подходы к измерению информации и их применение. Структурные меры информации. Статистический подход. Энтропия и ее свойства. Энтропия сложной системы. Условная энтропия и ее свойства. Количество информации. Дифференциальная энтропия.	Лекция-беседа (2 часа)
1.2.	Модели сигналов	Структурная схема системы передачи данных. Классификация каналов связи. Типы сообщений и их характеристики. Понятие сигнала и его модели. Различные формы представления детерминированных сигналов. Случайный процесс, спектральное представление. Дискретизация сигналов. Основные методы. Ошибки при восстановлении сигналов. Теорема В.А. Котельникова и ее применение. Квантование сигналов. Оценка ошибок. Различные виды модуляции сигналов.	Лекция-беседа (2 часа)
<b>2.</b>	<b>Помехоустойчивое кодирование</b>		
2.1.	Типы, приемы и методы кодирования информации.	Избыточное кодирование. Кодирование с проверкой четности. Кодовое расстояние по Хеммингу. Граница Хемминга. Обнаруживающая и исправляющая способность кода. Линейные коды, кодирование и декодирование, синдром. Свойства линейных кодов. Вычисление минимального кодового расстояния по порождающей матрице.	Разбор конкретных ситуаций (1 час)
2.2.	Алгоритмы кодирования информации.	Код Хемминга. Расширенный код Хемминга. Полиномиальная арифметика в поле чисел $(0,1)$ . Неприводимые полиномы. Циклические коды, кодирование и декодирование, синдром. Построение матрицы линейного кода по порождающему полиному. Циклический код Хемминга. Свойства циклических кодов.	
<b>3.</b>	<b>Информационные характеристики канала связи</b>		
3.1.	Характеристики каналов связи	Классификация каналов связи (КС). Пропускная способность КС без шума и с шумом; со стиранием и без стирания. Методы приближения скорости передачи информации к пропускной способности КС. Пропускная способность как функция физических характеристик сигнала.	Лекция-беседа (1 час)
3.2.	Кодирование в канале связи без шума.	Кодирование равновероятных и неравновероятных сообщений. Теорема Шеннона для канала	

		без шума. Методы построения оптимальных кодов. Коды Хаффмана и Шеннона -Фано. Универсальные коды. Код Лемпеля –Зива.	
3.3.	Кодирование в канале связи с шумом.	Основные параметры и характеристики помехоустойчивых кодов (ПК). Классификация ПК. Построение и характеристики кодов, обнаруживающих ошибки: с проверкой на четность, с повторением и инверсией, на одно сочетание. Свойства, построение и вычисление синдромов линейных кодов. Примеры линейных кодов: Хэмминга, Рида -Маллера. Построение кодирующих и декодирующих схем для линейных кодов. Применение помехоустойчивых кодов.	

### 4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем лабораторных работ</i>	<i>Объем в часах</i>	<i>Вид занятия в инновационной форме</i>
1.	1.	Измерение количества информации.	4	Занятие-тренинг (4 часа)
2.	2.	Кодирование текстовой информации.	6	Анализ ситуаций (6 часов)
3.		Построение и реализация эффективных кодов.	6	Анализ ситуаций (6 часов)
4.	3.	Построение и реализация групповых кодов.	6	Анализ ситуаций (6 часов)
5.		Построение и реализация циклических кодов.	6	Анализ ситуаций (6 часов)
6.		Построение и реализация рекуррентных кодов.	6	Анализ ситуаций (6 часов)
<b>ИТОГО</b>			<b>34</b>	<b>34</b>

### 4.4. Семинары/ практические занятия

учебным планом не предусмотрено.

### 4.5. Контрольные мероприятия: контрольная работа

*Тема.* Алфавитные, арифметические и словарные методы кодирования. Сжатие изображения с потерями на основе преобразования Фурье. Расчет интегральных характеристик для моделей каналов: двоичного симметричного (ДСК), дискретного канала без памяти (ДКБП) и канала с аддитивным белым гауссовским шумом (АБГШ). Построение линейных групповых кодов с заданным кодовым расстоянием и корректирующей способностью.

*Цель работы.* Сформировать у учащихся умения

- строить алфавит осуществляющий оптимальное кодирование информации с потерями и без потерь;

- определять ключевые характеристики каналов передачи информации на основе некоторой абстрактной модели канала.

- строить алфавит осуществляющий передачу информации с заданными характеристиками помехоустойчивости.

*Структура:* контрольная работа содержит задания, которые выполняются индивидуально, отчет должен содержать подробное описание алгоритма действий.

Номер варианта для всех заданий определяется по порядковому номеру студента в списке группы.

*Основная тематика:*

7 заданий:

1. Перевести число в код Грэя. 1) 4759 2) 4583 3) 5846 4) 5973 5) 5983 6) 9746 7) 5763 8) 8465 9) 8345 10) 5783

2. Записать код Хэмминга для заданной комбинации и показать процесс исправления ошибок в нем. 1) 1010100101 2) 1010010101 3) 1001101001 4) 1110100101 5) 1101001010 6) 1101010111 7) 1100110101 8) 1100101011 9) 1110101011 10) 1110101111

3. Для заданной кодовой комбинации построить циклический код и показать процесс исправления ошибки в нем. 1) 110101000000101 2) 110101010101011 3) 111010101010101 4) 111010101001100 34 5) 110101010000111 6) 111110101111100 7) 110000101011100 8) 111001001110001 9) 111001111010110 10) 111110101011101

4. Используя методики Хаффмана, Шеннона – Фано и метод арифметического кодирования построить код для сообщения «бббааггтвваааавгбвв».

5. Проверить, правильно ли была принята кодовая комбинация, при условии, что был передан код Хэмминга 101101101111.

6. Для заданной кодовой комбинации и образующего полинома  $P(x)$  построить циклический код 1011100110  $P(x)=x^2+x+1$

7. Используя методики Хаффмана, Шеннона – Фано и метод арифметического кодирования построить код для сообщения «гаабввгаббгавагбвагв».

Выдача задания, прием кр и защита проводится в соответствии с календарным учебным графиком.

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценки контрольной работы</b>
<b>Зачтено</b>	«Зачтено» ставится при условии правильного выполнения 6 заданий и более.
<b>Не зачтено</b>	Если не выполнено два и более задания, то студент получает оценку «Не зачтено» и не допускается к семестровым контрольным мероприятиям: экзамену.

**5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

<i>Компетенции</i>  <i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>			$\Sigma$ <i>комп.</i>	$t_{ср}$ <i>час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
		ОПК	ОПК	ПК				
		1	2	4				
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>1.</b> Основные понятия теории информации.	10	3,3	3,3	3,3	3	10	Лк, ЛР, СР	кр, экзамен
<b>2.</b> Помехоустойчивое кодирование.	36	12	12	12	3	36	Лк, ЛР, СР	кр, экзамен
<b>3.</b> Информационные характеристики канала связи.	44	14,7	14,7	14,7	3	16	Лк, ЛР, СР	кр, экзамен
<i>всего часов</i>	<b>90</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>3</b>	<b>90</b>		

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Чечета С.И. Введение в дискретную теорию информации и кодирования: учебное издание/ С.И. Чечета.-М.: МЦНМО.-2011.-224

с. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=63307](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=63307)

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование издания (автор, заглавие, выходные данные)	Вид заня- тия (Лк, ЛР, кр, СР)	Количество экземпляров в библиоте- ке, шт.	Обеспечен- ность, (экз./ чел.)
1	2	3	4	5
<b>Основная литература</b>				
1.	Штарьков Ю.М. Универсальное кодирование. Теория и алгоритмы/Ю.М. Штарьков.-М.: ФИЗМАТ-ЛИТ.-2013.-288 с. <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=275569">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=275569</a>	Лк, ЛР, кр, СР	1 (ЭУ)	1
2.	Шкундин С.З., Берикашвили В.Ш. Теория информационных процессов и систем/С.З. Шкундин, В.Ш. Берикашвили.-М.:Изд-во: «Горная книга».- 2012.-475 с. <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=229031">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=229031</a>	Лк, ЛР, кр, СР	1 (ЭУ)	1
3.	Чернышев А.Б., Антонов В.Ф., Суюнова Г.Б. Теория информационных процессов и систем: учебное пособие/ А.Б. Чернышев, В.Ф. Антонов, Г.Б. Суюнова.- Ставрополь: Из-во: СКФУ.- 2015.-169 с. <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=457890">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=457890</a>	Лк, ЛР, кр, СР	1 (ЭУ)	1
<b>Дополнительная литература</b>				
6.	Умняшкин С.В. Основы теории цифровой обработки сигналов: Учебное пособие/С.В. Умняшкин.- Москва: ТЕХНОСФЕРА.-2016.-528 с. <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=444859">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=444859</a>	Лк, ЛР, кр, СР	1 (ЭУ)	1

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В процессе обучения студенты могут использовать общие ресурсы:

1.Электронный каталог библиотеки БрГУ

[http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=](http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=).

2. Электронная библиотека БрГУ

<http://ecat.brstu.ru/catalog> .

3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»

<http://biblioclub.ru> .

4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»

<http://e.lanbook.com> .

5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"

<http://window.edu.ru> .

6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .

7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)

<https://uisrussia.msu.ru/> .

8. Национальная электронная библиотека НЭБ

<http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/> .

## **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Обучающийся должен разработать собственный режим равномерного освоения дисциплины. Подготовка студента к предстоящей лекции включает в себя ряд важных познавательно-практических этапов:

- чтение записей, сделанных в процессе слушания и конспектирования предыдущей лекции, вынесение на поля всего, что требуется при дальнейшей работе с конспектом и учебником;
- техническое оформление записей (подчеркивание, выделение главного, выводов, доказательств);
- выполнение практических заданий преподавателя;
- знакомство с материалом предстоящей лекции по учебнику и дополнительной литературе.

Лабораторные работы позволяют студенту более глубоко разобраться в теоретическом материале и определить сферы его практического применения. Основная цель – развитие самостоятельности студента.

Контрольные мероприятия представляют собой способ проверки знаний студента, его умений и предполагают письменные ответы на поставленные вопросы, либо самостоятельное выполнение практических заданий. Подготовка к контрольным мероприятиям состоит в ответственном выполнении всех заданий по дисциплине и самостоятельной проработке основной и дополнительной литературы.

При выполнении приведенных выше рекомендаций подготовка к экзамену сведется к повторению изученного и совершенствованию навыков применения теоретических положений и различных методов к стандартным и нестандартным заданиям.

### **9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ**

#### **Лабораторная работа №1 ИЗМЕРЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ИНФОРМАЦИИ.**

**Цель работы:** научить решать задачи на количественное измерение информационного объема текстовой информации.

**Задание:**

*Задачи на измерение информации*

1. Измерьте информационный объем сообщения «Ура! Скоро Новый год!» в битах, байтах, килобайтах (Кб), мегабайтах (Мб).

Указание: считается, что текст набран с помощью компьютера, один символ алфавита несет 1 байт информации. Пробел – это тоже символ в алфавите мощностью 256 символов.

2. Измерьте примерную информационную емкость одной страницы любого своего учебника, всего учебника.

Указание: Для выполнения задания возьмите учебник по любимому предмету, посчитайте число строк на странице, число символов в строке, включая пробелы.

3. Сколько таких учебников может поместиться на дискете 1,44 Мб, на винчестере в 1 Гб.

4. В детской игре «Угадай число» первый участник загадывает целое число от 1 до 32. Второй участник задает вопросы: «Загаданное число больше числа \_\_\_?». Какое количество вопросов при правильной стратегии гарантирует угадывание?

5. Яд находится в одном из 16 бокалов. Сколько единиц информации будет содержать сообщение о бокале с ядом?

6. Сколько бит информации несет сообщение о том, что из колоды в 32 карты достали «даму пик»?

7. Проводят две лотереи: «4 из 32» и «5 из 64» Сообщение о результатах какой из лотерей несет больше информации?

8. Информационное сообщение объемом 1.5 Кбайта содержит 3072 символа. Сколько символов содержит алфавит, при помощи которого было записано это сообщение? (Объяснение решения задачи на доске).

9. Подсчитать в килобайтах количество информации в тексте, если текст состоит из 600 символов, а мощность используемого алфавита – 128 символов.

10. Скорость информационного потока – 20 бит/сек. Сколько времени потребуется для передачи информации объемом в 10 килобайт.

#### Порядок выполнения:

1. Используя теоретический материал выполнить решение задач.

#### Форма отчетности:

Отчет должен включать:

1. Задания
2. Алгоритм выполнения с подробными пояснениями.

#### Задания для самостоятельной работы:

Изучить методы измерения текстовой информации.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

В связи с разными подходами к определению информации выделяют два подхода к измерению информации.

Субъективный (содержательный) подход

При данном подходе информация – это сведения, знания, которые человек получает из различных источников. Таким образом, сообщение информативно (содержит ненулевую информацию), если оно пополняет знания человека.

При субъективном подходе информативность сообщения определяется наличием в нем новых знаний и понятностью для данного человека (*определение 1*). Разные люди, получившие одно и то же сообщение, по-разному оценивают количество информации, содержащееся в нем. Это происходит оттого, что знания людей об этих событиях, явлениях до получения сообщения были различными. Сообщение информативно для человека, если оно содержит новые сведения, и неинформативно, если сведения старые, известные. Таким образом, количество информации в сообщении зависит от того, насколько ново это сообщение для получателя и определяется объемом знаний, который несет это сообщение получающему его человеку.

При содержательном подходе возможна качественная оценка информации: достоверность, актуальность, точность, своевременность, полезность, важность, вредность...

С точки зрения информации как новизны мы не можем оценить количество информации, содержащейся в новом открытии, музыкальном стиле, новой теории развития.

Субъективный подход основывается на том, что получение информации, ее увеличение, означает уменьшение незнания или информационной неопределенности (*определение 2*).

Единица измерения количества информации называется бит (bit – binary digit), что означает двоичный разряд.

Количество информации – это количество бит в сообщении.

*Сообщение, уменьшающее информационную неопределенность (неопределенность знаний) в два раза, несет для него 1 бит информации.*

Что же такое «информационная неопределенность»?

Информационная неопределенность о некотором событии – это количество возможных результатов события.

Пример\_1: Книга лежит на одной из двух полок – верхней или нижней. Сообщение о том, что книга лежит на верхней полке, уменьшает неопределенность ровно вдвое и несет 1 бит информации.

Сообщение о том, что произошло одно событие из двух равновероятных, несет 1 бит информации.

Пример\_2: Нестеров живет на Ленинградской улице. Мы получили сообщение, что номер его дома есть число четное, которое уменьшило неопределенность. После получения такой информации, мы стали знать больше, но информационная неопределенность осталась, хотя и уменьшилась в два раза.

Пример\_3: Ваш друг живет в 16-ти этажном доме. Сколько информации содержит сообщение о том, что друг живет на 7 этаже.

Решение: Информационная неопределенность (количество возможных результатов события) равна 16. Будем задавать вопросы, на которые можно ответить только «да» или «нет». Вопрос будем ставить так, чтобы каждый ответ приносил 1 бит информации, т.е. уменьшал информационную неопределенность в два раза.

Задаем вопросы: - Друг живет выше 8-го этажа?

- Нет.

После этого ответа число вариантов уменьшилось в два раза, следовательно, информационная неопределенность уменьшилась в два раза. Получен 1 бит информации.

- Друг живет выше 4-го этажа?
- Да.

Число вариантов уменьшилось еще в два раза, получен еще 1 бит информации.

- Друг живет выше 6-го этажа?
- Да.

После данного ответа осталось два варианта: друг живет или на 7 этаже, или на 8 этаже. Получен еще 1 бит информации.

- Друг живет на 8-м этаже?
- Нет.
- Все ясно. Друг живет на 7-м этаже.

Каждый ответ уменьшал информационную неопределенность в два раза. Всего было задано 4 вопроса. Получено 4 бита информации. Сообщение о том, что друг живет на 7-м этаже 16-ти этажного дома несет 4 бита информации.

Научный подход к оценке сообщений был предложен еще в 1928 году Р. Хартли.

Пусть в некотором сообщении содержатся сведения о том, что произошло одно из  $N$  равновероятных событий (*равновероятность* обозначает, что ни одно событие не имеет преимуществ перед другими). Тогда количество информации, заключенное в этом сообщении, -  $x$  бит и число  $N$  связаны формулой:

$$2^x = N$$

где  $x$  – количество информации или информативность события (в битах);

$N$  – число равновероятных событий (число возможных выборов).

Данная формула является показательным уравнением относительно неизвестной  $x$ . Решая уравнение, получим формулу определения количества информации, содержащемся в сообщении о том, что произошло одно из  $N$  равновероятных событий, которая имеет вид:

$$x = \log_2 N$$

логарифм от  $N$  по основанию 2.

Если  $N$  равно целой степени двойки, то такое уравнение решается легко, иначе справиться с решением поможет таблица логарифмов.

Если  $N = 2$  (выбор из двух возможностей), то  $x = 1$  бит.

Возвращаясь к примеру\_3, если воспользоваться формулой для подсчета количества информации в сообщении о том, что друг живет на 7-м этаже 16-ти этажного дома, то  $x = \log_2 16 = 4$  бита.

Пример\_4: Какое количество информации несет сообщение о том, что встреча назначена на июль?

Решение: В году 12 месяцев, следовательно, число равновероятных событий или число возможных выборов  $N = 12$ . Тогда количество информации  $x = \log_2 12$ . Чтобы решить это уравнение воспользуемся таблицей логарифмов или калькулятором.

Ответ:  $x = 3,58496$  бита.

Пример\_5: При угадывании целого числа в диапазоне от 1 до N было получено 8 бит информации. Чему равно N?

Решение: Для того, чтобы найти число, достаточно решить уравнение  $N=2^x$ , где  $x = 8$ . Поскольку  $2^8 = 256$ , то  $N = 256$ . Следовательно, при угадывании любого целого числа в диапазоне от 1 до 256 получаем 8 бит информации.

Ситуации, при которых точно известно значение N, редки. Попробуйте по такому принципу подсчитать количество информации, полученное при чтении страницы книги. Это сделать невозможно.

Объективный (алфавитный) подход к измерению информации

Теперь познакомимся с другим способом измерения информации. Этот способ не связывает количество информации с содержанием сообщения, и называется объективный или алфавитный подход.

При объективном подходе к измерению информации мы отказываемся от содержания информации, от человеческой важности для кого-то.

Информация рассматривается как последовательность символов, знаков (*определение 3*).

Количество символов в сообщении называется длиной сообщения.

Основой любого языка является алфавит.

*Алфавит* – это набор знаков (символов), в котором определен их порядок.

Полное число символов алфавита принято называть мощностью алфавита. Обозначим эту величину буквой M.

Например, мощность алфавита из русских букв равна 33:

мощность алфавита из английских букв равна 26.

При алфавитном подходе к измерению информации количество информации от содержания не зависит. Количество информации зависит от объема текста (т.е. от числа знаков в тексте) и от мощности алфавита. Тогда информацию можно обрабатывать, передавать, хранить.

Каждый символ несет  $x$  бит информации. Количество информации  $x$ , которое несет один символ в тексте, зависит от мощности алфавита M, которые связаны формулой  $2^x = M$ . Следовательно  $x = \log_2 M$  бит.

Количество информации в тексте, состоящем из K символов, равно  $K \cdot x$  или

$K \cdot \log_2 M$ , где  $x$  – информационный вес одного символа алфавита.

Удобнее измерять информацию, когда мощность алфавита M равна целой степени числа 2. Для вычислительной системы, работающей с двоичными числами, также более удобно представление чисел в виде степени двойки.

Пример\_6, в 2-символьном алфавите каждый символ несет 1 бит информации ( $2^x = 2$ , откуда  $x = 1$  бит).

Если  $M=16$ , то каждый символ несет 4 бита информации, т.к.  $2^4 = 16$ .

Если  $M=32$ , то один символ несет 5 бит информации.

При  $M=64$ , один символ «весит» 6 бит и т.д.

Пример\_7: Племя “Обезьяны” пишет письма, пользуясь 32-символьным алфавитом. Племя “Слоны” пользуется 64-символьным алфавитом. Вожди племен обменялись письмами. Письмо племени “Обезьяны” содержало 90 символов, а письмо племени “Слоны” – 80 символов. Сравните объем информации, содержащейся в письмах.

Решение: Мощность алфавита племени “Обезьяны” равна 32, информационный вес одного символа алфавита  $\log_2 32 = 5$  бит. Количество информации в тексте, состоящем из 90 символов, равно  $90 \cdot \log_2 32 = 450$  бит.

Рассуждая аналогично про племя “Слоны”, получим:  $80 \cdot \log_2 64 = 480$  бит.

Следовательно, объем информации в письме вождя племени “Слоны” больше объема информации, которую передал в письме вождь племени “Обезьяны”.

Есть алфавит, который можно назвать достаточным. Это алфавит мощностью 256 символов. Алфавит из 256 символов используется для представления текстов в компьютере. В этом алфавите можно поместить практически все необходимые символы: латинские и русские буквы, цифры, знаки арифметических операций, скобки, знаки препинания, знаки псевдографики. Поскольку  $256=2^8$ , то один символ этого алфавита «весит» 8 бит.

8 бит информации присвоили свое название – байт.

Байт – поле из 8 последовательных бит. Байт широко используется как единица измерения количества информации.

1 байт = 8 бит

Компьютерные текстовые редакторы работают с алфавитом мощности 256 символов. Поскольку в настоящее время при подготовке книг используются текстовые редакторы, легко посчитать объем информации в тексте.

Если один символ алфавита несет 1 байт информации, то надо просто сосчитать число символов, полученное значение даст информационный объем текста в байтах.

В любой системе единиц измерения существуют основные единицы и производные от них.

Для измерения больших объемов информации используются производные от байта единицы:

1 килобайт = 1 Кб =  $2^{10}$  байт = 1024 байта

1 мегабайт = 1 Мб =  $2^{10}$  Кб = 1024 Кб = 1048576 байт

1 гигабайт = 1 Гб =  $2^{10}$  Мб = 1024 Мб = 1048576 Кб = 1073741824 байт

Пример\_8: Книга, набранная с использованием текстового редактора, содержит 70 страниц, на каждой странице 38 строк, в каждой строке 56 символов. Определить объем информации, содержащейся в книге.

Решение: Мощность компьютерного алфавита равна 256 символов. Один символ несет 1 байт информации. Значит 1 страница содержит  $38 \cdot 56 = 2128$  байт информации. Объем всей информации в книге  $2128 \cdot 70 = 148960$  байт.

Если оценить объем книги в килобайтах и мегабайтах, то

$148960 / 1024 = 145,46875$  Кбайт.

$145,46875 / 1024 = 0,142059$  Мбайт.

Алфавитный подход является объективным способом измерения информации в отличие от субъективного, содержательного, подхода. Только алфавитный подход пригоден при использовании технических средств работы с информацией.

#### Основная литература

1. Штарьков Ю.М. Универсальное кодирование. Теория и алгоритмы/Ю.М. Штарьков. - М.: ФИЗМАТЛИТ.-2013.-288 с.

2. Шкундин С.З., Берикашвили В.Ш. Теория информационных процессов и систем/С.З. Шкундин, В.Ш. Берикашвили.-М.:Изд-во: «Горная книга».- 2012.-475 с.

3. Чернышев А.Б., Антонов В.Ф., Суюнова Г.Б. Теория информационных процессов и систем: учебное пособие/ А.Б. Чернышев, В.Ф. Антонов, Г.Б. Суюнова.-Ставрополь: Из-во: СКФУ.- 2015.-169 с.

#### Дополнительная литература

1. Умняшкин С.В. Основы теории цифровой обработки сигналов: Учебное пособие/С.В. Умняшкин.- Москва: ТЕХНОСФЕРА.-2016.-528 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какие существуют методы измерения текстовой информации?
2. Что такое энтропия?

### **Лабораторная работа №2 КОДИРОВАНИЕ ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ.**

Цель работы: научиться практическим методам кодирования информации.

#### Задание:

Задачи на измерение информации

Придумайте 3 фразы, каждая минимум из 7 слов. Реализуйте шифрование этой фразы всеми перечисленными видами шифрования.

#### Порядок выполнения:

Используя теоретический материал применить основные методы кодирования к текстовой информации.

#### Форма отчетности:

Отчет должен включать:

3. Задания

4. Алгоритм выполнения с подробными пояснениями.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить альтернативные методы кодирования текстовой информации.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Шифры простой замены

Система шифрования Цезаря - частный случай шифра простой замены. Метод основан на замене каждой буквы сообщения на другую букву того же алфавита, путем смещения от исходной буквы на K букв.

Известная фраза Юлия Цезаря

VENI VI D I VICI, где

A	B	C	D	E	F	G	H	I	G	K	L	M
N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z

пришел, увидел, победил, зашифрованная с помощью данного метода, преобразуется в SBKF SFAF SFZF

при смещении на 4 символа влево.

Греческим писателем Полибием за 100 лет до н.э. был изобретен так называемый полибианский квадрат размером 5\*5, заполненный алфавитом в случайном порядке. Греческий алфавит имеет 24 буквы, а 25-м символом является пробел. Для шифрования на квадрате находили букву текста и записывали в зашифрованное сообщение букву, расположенную ниже ее в том же столбце. Если буква оказывалась в нижней строке таблицы, то брали верхнюю букву из того же столбца.

M		L	E	X
	T			
A	K	F	Q	Y
N	B	R	O	W
C	J	H	D	P
U	I	S	G	V

Схема шифрования Вижинера. Таблица Вижинера представляет собой квадратную матрицу с  $n^2$  элементами, где  $n$  — число символов используемого алфавита. На рисунке показана верхняя часть таблицы Вижинера для кириллицы. Каждая строка получена циклическим сдвигом алфавита на символ. Для шифрования выбирается буквенный ключ, в соответствии с которым формируется рабочая матрица шифрования.

а	б	в	г	д	е	ё	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п	р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ъ	ы	ь	э	ю	я
б	в	г	д	е	ё	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п	р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ъ	ы	ь	э	ю	я	а
в	г	д	е	ё	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п	р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ъ	ы	ь	э	ю	я	а	б
г	д	е	ё	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п	р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ъ	ы	ь	э	ю	я	а	б	в
д	е	ё	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п	р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ъ	ы	ь	э	ю	я	а	б	в	г
е	ё	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п	р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ъ	ы	ь	э	ю	я	а	б	в	г	д
И т.д. до 33- ей стро ки.																																

Таблица Вижинера

Осуществляется это следующим образом. Из полной таблицы выбирается первая строка и те строки, первые буквы которых соответствуют буквам ключа. Первой размещается первая строка, а под нею — строки, соответствующие буквам ключа в порядке следо-

вания этих букв в ключе шифрования. Пример такой рабочей матрицы для ключа «книга» приведен на Рис. 3.1.3.

Процесс шифрования осуществляется следующим образом:

1. под каждой буквой шифруемого текста записываются буквы ключа. Ключ при этом повторяется необходимое число раз.

2. каждая буква шифруемого текста заменяется по подматрице буквами находящимися на пересечении линий, соединяющих буквы шифруемого текста в первой строке подматрицы и находящимися под ними букв ключа.

3. полученный текст может разбиваться на группы по несколько знаков.

Пусть, например, требуется зашифровать сообщение: *максимально допустимой ценой является пятьсот руб. за штуку*. В соответствии с первым правилом записываем под буквами шифруемого текста буквы ключа. Получаем:

максимально допустимой ценой является пятьсот руб. за  
штуку

книгакнигак    нигакнигак    нигак    нигакниг    акнигак    ниг    ак  
нигак

а	б	в	г	д	е	ё	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п	р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ъ
к	л	м	н	о	п	р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ъ	ы	ь	э	ю	я	а	б	в	г	д	е
н	о	п	р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ъ	ы	ь	э	ю	я	а	б	в	г	д	е	ё	ж	з
и	й	к	л	м	н	о	п	р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ъ	ы	ь	э	ю	я	а	б	в	г
г	д	е	ё	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п	р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ъ	ы	ь	э
а	б	в	г	д	е	ё	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п	р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ъ

Дальше осуществляется непосредственное шифрование в соответствии со вторым правилом, а именно: берем первую букву шифруемого текста (М) и соответствующую ей букву ключа (К); по букве шифруемого текста (М) входим в рабочую матрицу шифрования и выбираем под ней букву, расположенную в строке, соответствующей букве ключа (К),— в нашем примере такой буквой является Ч; выбранную таким образом букву помещаем в зашифрованный текст. Эта процедура циклически повторяется до зашифрования всего текста.

Эксперименты показали, что при использовании такого метода статистические характеристики исходного текста практически не проявляются в зашифрованном сообщении. Нетрудно видеть, что замена по таблице Вижинера эквивалентна простой замене с циклическим изменением алфавита, т.е. здесь мы имеем полиалфавитную подстановку, причем число используемых алфавитов определяется числом букв в слове ключа. Поэтому стойкость такой замены определяется произведением стойкости прямой замены на число используемых алфавитов, т.е. число букв в ключе.

Расшифровка текста производится в следующей последовательности:

1. над буквами зашифрованного текста последовательно надписываются буквы ключа, причем ключ повторяется необходимое число раз.

2. в строке подматрицы Вижинера, соответствующей букве ключа отыскивается буква, соответствующая знаку зашифрованного текста. Находящаяся под ней буква первой строки подматрицы и будет буквой исходного текста.

3. полученный текст группируется в слова по смыслу.

Нетрудно видеть, что процедуры как прямого, так и обратного преобразования являются строго формальными, что позволяет реализовать их алгоритмически. Более того, обе процедуры легко реализуются по одному и тому же алгоритму.

Одним из недостатков шифрования по таблице Вижинера является то, что при небольшой длине ключа надежность шифрования остается невысокой, а формирование длинных ключей сопряжено с трудностями.

Нецелесообразно выбирать ключи с повторяющимися буквами, так как при этом стойкость шифра не возрастает. В то же время ключ должен легко запоминаться, чтобы его можно было не записывать. Последовательность же букв не имеющих смысла, запомнить трудно.

С целью повышения стойкости шифрования можно использовать усовершенствованные варианты таблицы Вижинера. Приведем только некоторые из них:

- во всех (кроме первой) строках таблицы буквы располагаются в произвольном порядке.

- В качестве ключа используется случайность последовательных чисел. Из таблицы Вижинера выбираются десять произвольных строк, которые кодируются натуральными числами от 0 до 10. Эти строки используются в соответствии с чередованием цифр в выбранном ключе.

Известны также и многие другие модификации метода.

#### Алгоритм перестановки

Этот метод заключается в том, что символы шифруемого текста переставляются по определенным правилам внутри шифруемого блока символов. Рассмотрим некоторые разновидности этого метода, которые могут быть использованы в автоматизированных системах.

Самая простая перестановка — написать исходный текст задом наперед и одновременно разбить шифрограмму на пятерки букв. Например, из фразы

ПУСТЬ БУДЕТ ТАК, КАК МЫ ХОТЕЛИ.

получится такой шифротекст:

ИЛЕТО ХЫМКА ККАТТ ЕДУБЪ ТСУП

В последней группе (пятерке) не хватает одной буквы. Значит, прежде чем шифровать исходное выражение, следует его дополнить незначащей буквой

(например, О) до числа, кратного пяти:

ПУСТЬ-БУДЕТ-ТАККА-КМЫХО-ТЕЛИО.

Тогда шифрограмма, несмотря на столь незначительные изменения, будет выглядеть по-другому:

ОИЛЕТ ОХЫМК АККАТ ТЕДУБ ЪТСУП

Кажется, ничего сложного, но при расшифровке проявляются серьезные неудобства.

Во время Гражданской войны в США в ходу был такой шифр: исходную фразу писали в несколько строк. Например, по пятнадцать букв в каждой (с заполнением последней строки незначащими буквами).

П У С Т Ь Б У Д Е Т Т А К К А  
К М Ы Х О Т Е Л И К Л М Н О П

После этого вертикальные столбцы по порядку писали в строку с разбивкой на пятерки букв:

ПКУМС ЫТХЬО БТУЕД ЛЕИТК ТЛАМК НКОАП

Если строки укоротить, а количество строк увеличить, то получится прямоугольник-решетка, в который можно записывать исходный текст. Но тут уже потребуется предварительная договоренность между адресатом и отправителем посланий, поскольку сама решетка может быть различной длины-высоты, записывать к ней можно по строкам, по столбцам, по спирали туда или по спирали обратно, можно писать и по диагоналям, а для шифрования можно брать тоже различные направления.

#### Шифры сложной замены

Шифр Гронсфельда состоит в модификации шифра Цезаря числовым ключом. Для этого под буквами сообщения записывают цифры числового ключа. Если ключ короче сообщения, то его запись циклически повторяют. Зашифрованное сообщение получают примерно также, как в шифре Цезаря, но используют не одно жестко заданное смещение а фрагменты ключа.

Пусть в качестве ключа используется группа из трех цифр – 314, тогда сообщение

С О В Е Р Ш Е Н Н О С Е К Р Е Т Н О  
3 1 4 3 1 4 3 1 4 3 1 4 3 1 4 3 1 4

Ф П Ё С Ъ З О С С А Х З Л Ф З У С С

В шифрах многоалфавитной замены для шифрования каждого символа исходного сообщения применяется свой шифр простой замены (свой алфавит).

	АБВГДЕЁЖЗИКЛМНОПРСТУФХЧШЩЪЫЬЭЮЯ_
--	----------------------------------

А	АБВГДЕЁЖЗИКЛМНОПРСТУФХЧШЩЪЫЬЭЮЯ_
Б	_АБВГДЕЁЖЗИКЛМНОПРСТУФХЧШЩЪЫЬЭЮЯ
В	Я_АБВГДЕЁЖЗИКЛМНОПРСТУФХЧШЩЪЫЬЭЮ
Г	ЮЯ_АБВГДЕЁЖЗИКЛМНОПРСТУФХЧШЩЪЫЬЭ
.	.....
Я	ВГДЕЁЖЗИКЛМНОПРСТУФХЧШЩЪЫЬЭЮЯ_АБ
_	БВГДЕЁЖЗИКЛМНОПРСТУФХЧШЩЪЫЬЭЮЯ_А

Каждая строка в этой таблице соответствует одному шифру замены аналогично шифру Цезаря для алфавита, дополненного пробелом. При шифровании сообщения его выписывают в строку, а под ним ключ. Если ключ оказался короче сообщения, то его циклически повторяют. Зашифрованное сообщение получают, находя символ в колонке таблицы по букве текста и строке, соответствующей букве ключа. Например, используя ключ АГАВА, из сообщения ПРИЕЗЖАЮ ШЕСТОГО получаем следующую шифровку:

ПРИЕЗЖАЮ\_ШЕСТОГО  
АГАВААГАВААГАВАА  
ПОИГЗЖЮЮЮШЕПТНГО

Такая операция соответствует сложению кодов ASCII символов сообщения и ключа по модулю 256.

#### Основная литература

1. Штарьков Ю.М. Универсальное кодирование. Теория и алгоритмы/Ю.М. Штарьков.- М.: ФИЗМАТЛИТ.-2013.-288 с.
2. Шкундин С.З., Берикашвили В.Ш. Теория информационных процессов и систем/С.З. Шкундин, В.Ш. Берикашвили.-М.:Изд-во: «Горная книга».- 2012.-475 с.
3. Чернышев А.Б., Антонов В.Ф., Суюнова Г.Б. Теория информационных процессов и систем: учебное пособие/ А.Б. Чернышев, В.Ф. Антонов, Г.Б. Суюнова.-Ставрополь: Из-во: СКФУ.- 2015.-169 с.

#### Дополнительная литература

1. Умняшкин С.В. Основы теории цифровой обработки сигналов: Учебное пособие/С.В. Умняшкин.- Москва: ТЕХНОСФЕРА.-2016.-528 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

3. Какие существуют методы измерения текстовой информации?
4. Что такое энтропия?

### **Лабораторная работа №3 ПОСТРОЕНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ КОДОВ**

Цель работы: Целью работы является усвоение принципов построения и технической реализации кодирующих и декодирующих устройств эффективных кодов.

#### Задание:

1. Изучить методы построения и технической реализации эффективных кодов.
2. По конкретным значениям вероятностей встречаемости букв, заданных студенту преподавателем или выбранно самостоятельно (отличающихся от рассмотренного в описании, не более 8 букв и нетривиальный случай), построить эффективный код, используя методики Шеннона-Фено и Хаффмена.
3. Вычислить энтропию источника и среднюю длину комбинации полученного кода.
4. Подготовить небольшой текст на 150–200 букв для построения дерева кодирования демонстрационной программой.

#### Порядок выполнения:

1. Используя построенный код по методу Шеннона-Фено и Хаффмена правильно расставить диоды в схемах кодирующего и декодирующего устройства.
2. Проверить работоспособность системы передачи.
3. Ввести текст для построения дерева кодирования.
4. Зарисовать таблицу и дерево Хаффмена.

5. Подсчитать выигрыш от записи текста эффективным кодом.

Форма отчетности:

Отчет должен включать:

5. таблицу построения эффективного кода по методике Шеннона-Фено;
6. схемы шифратора и дешифратора для построенного кода;
7. таблицу и кодовое дерево, иллюстрирующие построение эффективного кода по методике Хаффмена.
8. Результаты расчетов энтропии источника и среднюю длину кода для буквы, отдельно для заданного Вами алфавита из 8 букв и текста.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить методы построения и технической реализации эффективных кодов.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Код строится следующим образом: буквы алфавита сообщений выписываются в таблицу в порядке убывания вероятностей их встречаемости. Затем их разделяют на две группы так, чтобы суммы вероятностей встречаемости букв в каждой из групп были бы по возможности одинаковыми. Всем буквам верхней половины в качестве первого символа записывается – 1, а всем нижним – 0. Каждая из полученных групп, в свою очередь, разбивается на две подгруппы с одинаковыми суммарными вероятностями и т.д. Процесс повторяется до тех пор, пока в каждой подгруппе не останется по одной букве.

Все буквы будут закодированы различными последовательностями символов из “0” и “1” так, что ни одна более длинная кодовая комбинация не будет начинаться с более короткой, соответствующей другой букве. Код, обладающий этим свойством, называется индексным. Это позволяет вести запись текста без разделительных символов и обеспечивает однозначность декодирования.

Рассмотрим алфавит из 8 букв. Ясно, что при обычном (не учитывающем вероятностей встречаемости их в сообщениях) кодировании для представления каждой буквы требуется 3 символа ( $\log_2 M = \log_2 8 = 3$ ), где  $M$  – количество букв в алфавите.

Наибольший эффект "сжатия" получается в случае, когда вероятности встречаемости букв представляют собой целочисленные отрицательные степени двойки. Среднее число символов на букву в этом случае точно равно энтропии. В более общем случае для алфавита из 8 букв среднее число символов на букву будет меньше трех, но больше энтропии алфавита  $H(M)$ .

$$H(M) \leq l_{cp} \leq \log_2 M$$

Для алфавита, приведенного в табл.1, энтропия  $H(M)$  равна 2.76, а среднее число символов на букву:

$$l_{cp} = \sum_{i=1}^8 l_i p_i = 2.84,$$

где  $l_i$  – количество символов для обозначения  $i$ -ой буквы.

**Таблица 1**

Буква	Вероятности	Кодовая комбинация	№ деления
A <sub>1</sub>	0.22	11	II
A <sub>2</sub>	0.20	101	III
A <sub>3</sub>	0.16	100	I
A <sub>4</sub>	0.16	01	IV
A <sub>5</sub>	0.10	001	V
A <sub>6</sub>	0.10	0001	VI
A <sub>7</sub>	0.04	00001	VII
A <sub>8</sub>	0.02	00000	

Следовательно, некоторая избыточность в кодировании букв осталась. Из теоремы Шеннона следует, что эту избыточность можно устранить, если перейти к кодированию блоками.

Рассмотрим сообщения, образованные с помощью алфавита, состоящего всего из двух букв  $A_1$  и  $A_2$  с вероятностями появления соответственно  $P_1(A_1)=0,9$  и  $P_2(A_2)=0,1$ .

Поскольку вероятности не равны, то последовательность из таких букв будет обладать избыточностью. Однако, при побуквенном кодировании мы никакого эффекта не получим.

Действительно, на передачу каждой буквы требуется символ либо 1, либо 0, в то время как энтропия равна 0,47. При кодировании блоками, включающими по две буквы, получим табл. 2. Так как буквы статистически не связаны, вероятности встречаемости блоков определяют как произведение вероятностей составляющих их букв.

Таблица 2

Буква	Вероятности	Кодовая комбинация	№ деления
$A_1A_1$	0.81	1	I
$A_1A_2$	0.09	01	II
$A_2A_1$	0.09	001	III
$A_2A_2$	0.01	000	

Среднее число символов на блок получается равным 1.29, а на букву – 0.645.

Кодирование блоков, включающих по три буквы, дает еще больший эффект. Среднее число символов на блок в этом случае равно 1,59, а на букву – 0,53, что всего на 12% больше энтропии. Теоретический минимум  $H(M)=0,47$  может быть достигнут при кодировании блоков, включающих бесконечное число букв:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} l_{CP} = H(A).$$

Следует подчеркнуть, что уменьшение  $l_{cp}$  при увеличении числа букв в блоке не связано с учетом статистических связей между соседними буквами, так как нами рассматривались алфавиты с некоррелированными буквами. Повышение эффективности определяется лишь тем, что набор вероятностей, получающийся при укрупнении блоков, можно делить на более близкие по суммарным вероятностям подгруппы.

Для учета взаимосвязи между буквами текста, кодирование очередной буквы необходимо вести с учетом предыдущей последовательности букв в зависимости от глубины этой связи. При таком кодировании энтропия на одну букву уменьшается, но существенно усложняется система кодирования, поскольку приходится учитывать не один столбец вероятностей, а  $M^m$  столбцов, где  $m$  – глубина взаимосвязи между соседними буквами.

Рассмотренная нами методика Шеннона - Фено не всегда приводит к однозначному построению кода, так как, разбивая на подгруппы, большей по суммарной вероятности можно сделать как верхнюю, так и нижнюю подгруппы.

Вероятности, приведенные в табл. 1. 1, можно было бы разбить иначе (табл. 3):

Таблица 3

Буква	Вероятности	Кодовая комбинация	№ разбиения
$A_1$	0.22	11	II
$A_2$	0.20	10	I
$A_3$	0.16	011	IV
$A_4$	0.16	010	III
$A_5$	0.10	001	V
$A_6$	0.10	0001	VI
$A_7$	0.04	00001	VII
$A_8$	0.02	00000	

При этом среднее число символов на букву оказывается равным 2.80. Таким образом, построенный код может оказаться не самым лучшим. При построении эффективных кодов с основанием  $m > 2$  неопределенность становится еще больше. От указанного недостатка свободна методика Хаффмена. Она гарантирует однозначное построение кода с наименьшим для данного распределения вероятностей средним числом символов на букву. Для двоичного кода методика сводится к следующему.

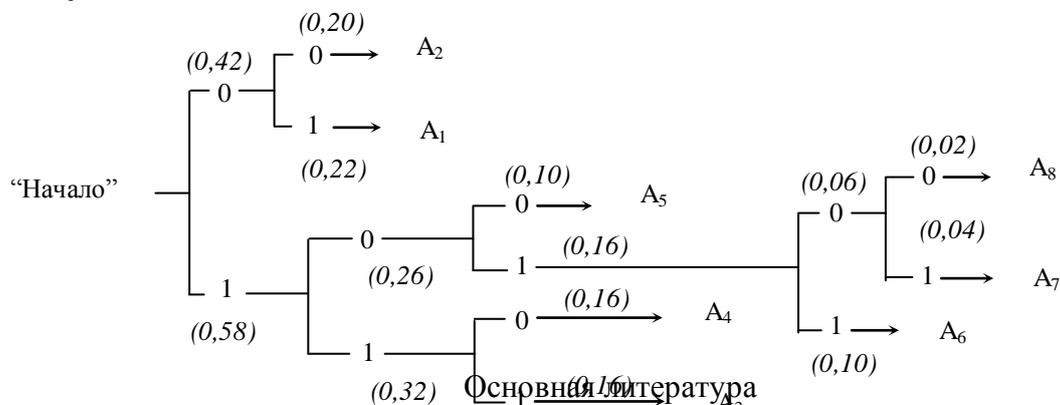
Буквы алфавита сообщений выписываются в первый столбец в порядке убывания вероятностей. Две последние вероятности объединяются в одну вспомогательную, которой приписывается суммарная вероятность. Вероятности букв, не участвующих в объединении, и полученная суммарная вероятность снова располагаются в порядке убывания вероятностей в дополнительном столбце, а две последние вероятности снова объединяются. Процесс продолжается до тех пор, пока не получим единственную вспомогательную вероятность равную единице. Поясним методику на примере (табл. 4). Значения вероятностей примем те же, что и в табл. 1.

Для получения кодовой комбинации, соответствующей данной букве, необходимо проследить путь перехода ее вероятности по строкам и столбцам табл. 1.4. Для наглядности построим кодовое дерево. Из точки, соответствующей вероятности 1, направим две ветви, причем ветви с большей вероятностью присвоим символ 1, а с меньшей – 0. Такое последовательное ветвление продолжим до тех пор, пока не дойдем до вероятности каждой буквы. Кодовое дерево для алфавита букв, рассматриваемого в нашем примере, приведено на рис. 1.

Таблица 4

Буква	Вероятности	Вспомогательные столбцы						
		1	2	3	4	5	6	7
A <sub>1</sub>	0.22	0.22	0.22	0.26	0.32	0.42	0.58	1
A <sub>2</sub>	0.20	0.20	0.20	0.22	0.26	0.32	0.42	
A <sub>3</sub>	0.16	0.16	0.16	0.10	0.22	0.26		
A <sub>4</sub>	0.16	0.16	0.16	0.16	0.20			
A <sub>5</sub>	0.10	0.10	0.16	0.16				
A <sub>6</sub>	0.10	0.10	0.10					
A <sub>7</sub>	0.04	0.06						
A <sub>8</sub>	0.02							

Теперь, двигаясь по кодовому дереву от единицы через промежуточные вероятности к вероятностям каждой буквы, можно записать соответствующую ей кодовую комбинацию: A<sub>1</sub> - 01, A<sub>2</sub> - 00, A<sub>3</sub> - 111, A<sub>4</sub> - 110, A<sub>5</sub> - 100, A<sub>6</sub> - 1011, A<sub>7</sub> - 10101, A<sub>8</sub> - 10100. При этом получим  $I_{cp} = 2,80$  символа на букву.



1. Штарьков Ю.М. Универсальное кодирование. Теория и алгоритмы/Ю.М. Штарьков. - М.: ФИЗМАТЛИТ.-2013.-288 с.
2. Шкундин С.З., Берикашвили В.Ш. Теория информационных процессов и систем/С.З. Шкундин, В.Ш. Берикашвили. -М.:Изд-во: «Горная книга».- 2012.-475 с.
3. Чернышев А.Б., Антонов В.Ф., Суюнова Г.Б. Теория информационных процессов и

систем: учебное пособие/ А.Б. Чернышев, В.Ф. Антонов, Г.Б. Суюнова.-Ставрополь: Из-во: СКФУ.- 2015.-169 с.

#### Дополнительная литература

1. Умняшкин С.В. Основы теории цифровой обработки сигналов: Учебное пособие/С.В. Умняшкин.- Москва: ТЕХНОСФЕРА.-2016.-528 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

5. Когда целесообразно использовать эффективное кодирование?
6. Каковы сложности в реализации систем передачи с применением эффективных кодов?
3. До какого предела может быть сокращена средняя длина кодовой комбинации?
4. Каковы преимущества методики Хаффмена?
9. Какой код называется префиксным?
10. Как учесть взаимосвязь букв в тексте ? Что произойдет с энтропией, если учесть взаимосвязь букв ?

#### **Лабораторная работа №4 ПОСТРОЕНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ГРУППОВЫХ КОДОВ**

Цель работы: Целью работы является усвоение принципов построения и технической реализации кодирующих и декодирующих устройств групповых корректирующих кодов.

#### Задание:

1. Ознакомится с принципами построения групповых кодов.
2. Пользуясь табл. 2.1, 2.3, 2.4, 2.5, составить уравнения кодирования и декодирования для кодов:  
(7,4), обеспечивающего коррекцию одиночных ошибок;  
(8,4), обеспечивающего коррекцию одиночных ошибок и одновременное обнаружение двойных ошибок;  
(7,3), обеспечивающего коррекцию двойных смежных ошибок (т.е. пачку ошибок не более двух символов);  
(8,2), обеспечивающего коррекцию двойных независимых ошибок;  
(9,3), обеспечивающего коррекцию пачек ошибок в трех и менее разрядах.
3. Закодировать конкретные совокупности информационных символов, заданных персонально каждому студенту преподавателем, для кодов, указанных в п.2.
4. Для конкретных векторов ошибок ( по три для каждого кода), выбранных студентом из всего множества возможных ошибок, определить опознаватели ошибок.

#### Порядок выполнения:

1. Ознакомится с описанием программного обеспечения.
2. При помощи специальных команд войти во внутреннюю сеть и запустить на выполнение программу pomeh.exe.
3. Собрать схему кодирования и декодирования для кода (7,4).
4. Протестировать ее для разных кодовых комбинаций и векторов ошибок, исправляя схему при необходимости.
5. Прodelать пункты 3 и 4 для кодов (7,3),(8,2),(9,3).

#### Форма отчетности:

Отчет должен включать:

1. Уравнения кодирования и декодирования кодов, указанных в п.2 задания.
2. Совокупность кодовых комбинаций, соответствующих заданным информационным символам, по каждому из кодов.
3. Совокупность опознавателей ошибок, соответствующих заданным векторам ошибок, по каждому из кодов.
4. Схемы кодирования и декодирования для одного из кодов, указанных в п.2, причем отчеты бригады в совокупности должны содержать схемы реализации всех исследуемых кодов.

#### Задания для самостоятельной работы:

Ознакомится с принципами построения групповых кодов.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Начнем для простоты с установления опознавателей для случая исправления одиночных ошибок. Допустим, необходимо закодировать 15 команд (букв).

**Таблица 2.1**

№ разряда	Вектор ошибки	Опознаватель
1	0000001	001
2	0000010	010
3	0000100	011
4	0001000	100
5	0010000	101
6	0100000	110
7	1000000	111

Тогда  $k=4$ ,  $n=7$ . Три избыточных разряда позволяют использовать в качестве опознавателей трехразрядные двоичные последовательности. В принципе они могут быть сопоставлены подлежащим исправлению ошибкам в любом порядке. Однако, более целесообразно опознаватели сопоставлять с номерами разрядов, в которых произошли ошибки (табл. 2.1).

Коды, в которых опознаватели устанавливаются по указанному принципу, известны как коды Хэмминга.

Возьмем теперь более сложный случай исправления всех одиночных и двойных независимых ошибок, то есть две ошибки в любых разрядах. В качестве опознавателей одиночных ошибок в первом и втором разрядах можно принять, как и ранее две комбинации 0...001 и 0...010 (табл. 2.2).

Подлежащий исправлению вектор ошибки 0...011 может рассматриваться как результат суммарного воздействия двух векторов ошибок 0...010 и 0...001 и, следовательно, ему должен быть сопоставлен опознаватель, представляющий собой сумму по модулю два опознавателей этих ошибок, т.е. 0...011.

Вектору ошибки 0...0100 сопоставляем опознаватель 0...0100 и т.д. Выбирая в качестве опознавателя единичной ошибки в  $i$ -м разряде комбинацию с числом разрядов меньшим  $i$ , необходимо убедиться в том, что для всех остальных подлежащих исправлению векторов ошибок, имеющих единицы в  $i$ -м и более младших разрядах, получаются опознаватели, отличные от уже использованных. В результате имеем:

**Таблица 2.2**

Вектор ошибки	Опознаватель	Вектор ошибки	Опознаватель
0000001	000001	00001010	001010
0000010	000010	00001100	001100
0000011	000011	00010000	001111
0000100	000100	00010001	001110
0000101	000101	00010010	001101
0000110	000110	00010100	001011
00001000	001000	00011000	000111
00001001	001001	00100000	010000

Таким путем можно получить таблицу опознавателей для векторов ошибок в любом числе разрядов.

Если опознаватели векторов ошибок с единицами в нескольких разрядах устанавливаются как суммы по модулю два опознавателей одиночных ошибок в этих разрядах, то для определения проверочных равенств достаточно знать только опознаватели одиночных ошибок в каждом из разрядов.

Для построения кодов, исправляющих двойные независимые ошибки, пачки ошибок в двух и трех разрядах опознаватели одиночных ошибок в каждом из разрядов сведены в табл. 2.3, 2.4, 2.5, которые составлены с помощью ЭВМ.

Таблица 2.3

Опознаватели одиночных ошибок для кода, исправляющий двойные независимые ошибки

№ разряда	Опознаватель
1	0000001
2	0000010
3	0000100
4	0001000
5	0001111
6	0010000
7	0100000
8	0110011
9	1000000

Таблица 2.4

Опознаватели одиночных ошибок для кода, исправляющего пачки ошибок в двух и менее разрядах

№ разряда	Опознаватель
1	00001
2	00010
3	00100
4	01000
5	01101
6	00111
7	01110
8	10000

Таблица 2.5 Опознаватели одиночных ошибок для кода, исправляющего пачки ошибок в трех и менее разрядах

№ разряда	Опознаватель
1	0000001
2	0000010
3	0000100
4	0001000
5	0010000
6	0100000
7	0001001
8	0010010
9	0100100
10	1000000

Пользуясь таблицей опознавателей одиночных ошибок в каждом из разрядов, нетрудно определить, символы каких разрядов должны входить в каждую из проверок на четность.

Возьмем в качестве примера табл. 2.1 опознавателей для кодов, предназначенных исправлять одиночные ошибки. В принципе можно построить код, усекая эту таблицу на любом уровне. Однако оптимальными будут коды, которые среди кодов, имеющих одно и то же число проверочных символов, допускают наибольшее число информационных символов, например код (7,4)  $n=7, k=4$ .

То есть при трех проверочных разрядах опознавателя мы можем передавать четыре информационных символа. Найдем места и значения проверочных разрядов.

Предположим, что в результате первой проверки на четность для младшего разряда опознавателя будет получена единица. Очевидно, это может быть следствием ошибки в одном из разрядов, опознаватели которых в младшем разряде имеют единицу. Следовательно, первое проверочное равенство должно включать символы 1-го, 3-го, 5-го и 7-го разрядов :

$$a_1 \oplus a_3 \oplus a_5 \oplus a_7 = 0.$$

Единица во втором разряде опознавателя может быть следствием ошибки в разрядах, опознаватели которых имеют единицу во втором разряде. Отсюда, второе проверочное равенство должно иметь вид :

$$a_2 \oplus a_3 \oplus a_6 \oplus a_7 = 0.$$

Аналогично находим и третье равенство :

$$a_4 \oplus a_5 \oplus a_6 \oplus a_7 = 0.$$

Чтобы эти равенства при отсутствии ошибок удовлетворялись при любых значениях информационных символов в кодовой комбинации, в нашем распоряжении имеется три проверочных разряда. Мы должны так выбрать номера этих разрядов, чтобы каждый из них входил только в одно из равенств. Это обеспечит однозначное определение значений символов в проверочных разрядах при кодировании. Указанному условию удовлетворяют разряды, по одному разу входящие в полученные уравнения. В нашем случае это будут первый, второй и четвертый разряды.

Таким образом, для кода (7,4), исправляющего одиночные ошибки, искомые правила построения кода, т.е. соотношения, реализуемые в процессе кодирования, принимают вид :

$$a_1 = a_3 \oplus a_5 \oplus a_7;$$

$$a_2 = a_3 \oplus a_6 \oplus a_7;$$

$$a_4 = a_5 \oplus a_6 \oplus a_7.$$

Введение проверочного разряда, обеспечивающего четность числа единиц во всей кодовой комбинации,  $a_8 = \sum_{i=1}^7 a_i \bmod 2$  позволяет построить код (8,4), способный одновременно исправлять одиночные ошибки и обнаруживать двойные.

Используя таблицу опознавателей (табл.2.3) и рассуждая аналогичным образом, можно составить проверочные равенства для любого кода, исправляющего одиночные и двойные независимые ошибки. Например, для кода (8,2). Минимальное число разрядов в кодовой комбинации должно быть менее  $n_{min} \geq 7$ . Находятся из уравнения  $2^{n-2} - 1 \geq C_n^1 + C_n^2$ . При  $n = 7$  имеем  $31 > 7 + \frac{7 \cdot 6}{2}$ . Однако, из табл. 2.3 для опознавателя кодовой комбинации из 7 разрядов требуется 6 разрядов. Поэтому приходится применить код (8,2). Соотношения, которые необходимо реализовать в процессе кодирования и декодирования этого кода:

$$1. \quad a_2 \oplus a_5 \oplus a_8 = 0 \quad a_1 = a_5 \oplus a_8$$

$$2. \quad a_1 \oplus a_5 \oplus a_8 = 0 \quad a_1 = a_5 \oplus a_8$$

$$3. \quad a_4 \oplus a_5 = 0 \quad a_3 = a_5$$

$$4. \quad a_3 \oplus a_5 = 0 \quad a_4 = a_5$$

$$5. \quad a_6 \oplus a_8 = 0 \quad a_6 = a_8$$

$$6. \quad a_7 \oplus a_8 = 0 \quad a_7 = a_8$$

Эти уравнения, как и уравнение для кода (7,4), получаются из вертикальных столбцов опознавателей.

Мажоритарное декодирование базируется на системе проверочных равенств. Система последовательно должна быть разрешена относительно каждой из независимых переменных, причем в силу избыточности это можно сделать не единственным способом.

Любой символ  $a_i$  выражается  $d$  различными независимыми способами через комбинации других символов. При этом может использоваться тривиальная проверка  $a_i = a_i$ . Результаты вычислений подаются на соответствующий этому символу мажоритарный элемент.

Последний представляет собой схему, имеющую  $d$  входов и один выход, на котором появляется единица, когда возбуждается больше половины его входов, и ноль когда число нулей на входах меньше половины. Если ошибки отсутствуют, то проверочные равенства не нарушаются и на выходе мажоритарного элемента получаем истинное значение символа.

Если число проверок  $d \geq 2S + 1$ , то появление ошибки кратности  $S$  и менее не приводит к нарушению более  $S$  проверок. Чтобы указанное условие выполнялось, любой (не проверяемый) символ должен входить не более, чем в одно проверочное равенство. В этом случае мы имеем дело с системой разделенных проверок.

Построим системы разделенных проверок для декодирования информационных символов рассмотренного ранее группового кода (8,2). Поскольку код рассчитан на исправление любых двойных ошибок, число проверочных равенств для определения каждого символа должно быть не менее 5. Подставив в равенства 1 и 2 значения  $a_8$ , полученные из равенств 5 и 6, и записав их относительно  $a_5$ , совместно с равенствами 3 и 4 и тривиальным равенством  $a_5 = a_5$  получим систему разделенных проверок для символа  $a_5$ . Аналогично получаем систему разделенных проверок и для символа  $a_8$ .

$$\begin{array}{ll} a_5 = a_6 \oplus a_1 & a_8 = a_3 \oplus a_1 \\ a_5 = a_7 \oplus a_2 & a_8 = a_4 \oplus a_2 \\ a_5 = a_3 & a_8 = a_6 \\ a_5 = a_4 & a_8 = a_7 \\ a_5 = a_5 & a_8 = a_8 \end{array}$$

Доступ ко всем возможностям программы осуществляется через главное меню.

*Сборка схемы:*

На экране отображается заготовка схемы. Вам предлагается расставить соединения элементов. Текущее соединение отображается красной пунктирной линией, ее можно перемещать клавишами управления курсором. Клавиши <ПРОБЕЛ> или <ENTER> позволяют зафиксировать соединение или снять его (если оно было установлено).

Закончив сборку схемы нажмите <ESC>, проверьте еще раз правильность схемы, и нажмите любую клавишу для продолжения работы.

*Запуск схемы :*

Вам предлагается набрать передаваемый код и вектор ошибки. Они представляются последовательностью '0' и '1', при превышении предельно допустимой длины строки раздается звуковой сигнал.

Для выполнения схемой следующего такта нажимайте любую клавишу.

*О помехозащищенных кодах:*

Вы можете просмотреть текст, содержащий информацию о способах кодирования. При просмотре используются стандартные клавиши.

*О программе:*

Просмотр этого текста.

*Выход:*

Выход из программы.

Программа осуществляет моделирование системы с учетом задержек на элементах. Схему можно исправлять и запускать многократно, анализируя процесс прохождения информации.

#### Основная литература

1. Штарьков Ю.М. Универсальное кодирование. Теория и алгоритмы/Ю.М. Штарьков. - М.: ФИЗМАТЛИТ.-2013.-288 с.
2. Шкундин С.З., Берикашвили В.Ш. Теория информационных процессов и систем/С.З. Шкундин, В.Ш. Берикашвили.-М.:Изд-во: «Горная книга».- 2012.-475 с.
3. Чернышев А.Б., Антонов В.Ф., Суюнова Г.Б. Теория информационных процессов и систем: учебное пособие/ А.Б. Чернышев, В.Ф. Антонов, Г.Б. Суюнова.-Ставрополь: Из-во: СКФУ.- 2015.-169 с.

#### Дополнительная литература

2. Умняшкин С.В. Основы теории цифровой обработки сигналов: Учебное пособие/С.В. Умняшкин.- Москва: ТЕХНОСФЕРА.-2016.-528 с.

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какова математическая основа группового кода?
2. Как составляется таблица опознавателей?
3. В чем сущность мажоритарного декодирования?
4. Как определяются уравнения кодирования и декодирования?
5. Как построить код, исправляющий одиночные и одновременно обнаруживающий двойные ошибки?
6. Как построить код, обнаруживающий четырехкратные ошибки?
7. Как построить код, обнаруживающий тройные ошибки?

### Лабораторная работа №5 ПОСТРОЕНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ЦИКЛИЧЕСКИХ КОДОВ

Цель работы: Целью работы является усвоение методов построения и технической реализации кодирующих и декодирующих устройств циклических кодов.

#### Задание:

1. Составить таблицу, отражающую процесс кодирования четырехзначной комбинации информационных символов кодом (7,4).
2. Составить таблицу, отражающую процесс декодирования полученной при кодировании кодовой комбинации в предположения воздействия заданного вектора ошибки в любом разряде при  $g(x)=x^3+x+1$ .
3. Выполнить пункты 2 и 3 для циклического кода (7,3) при  $g(x)=x^4+x^2+x+1$ .

#### Порядок выполнения:

1. Для циклического кода (7,4) установить в регистре числа заданную кодовую комбинацию информационных символов и проследить формирование кодовой комбинации, и ее прохождение через декодирующее устройство.
2. Установив в регистре помехи вектор ошибки в одном разряде, проследить процесс декодирования и коррекции кодовой комбинации.
3. Выполнить пункты 1 и 2 для циклического кода (7,3), исправляющего две смежные ошибки.

#### Форма отчетности:

Отчет должен включать:

1. Исходные последовательности для кодирования, вектора ошибок.
2. Схемы кодирования и декодирования для исследуемых кодов.
3. Таблицы, отражающие процесс кодирования и декодирования для кодов (7,4) и (7,3).

#### Задания для самостоятельной работы:

Ознакомится с принципами построения циклических кодов.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Для исправления одиночных ошибок требуемая минимальная степень образующего многочлена ( $m$ ) находится из соотношения

$$2^m - 1 = 2^{n-k} - 1 \geq C_n^k$$

Выберем, например образующий многочлен для случая  $k=4$ . Тогда  $n=7$  и  $m=3$ .

В таблице неприводимых многочленов, принадлежащих степени  $n$ , находим два многочлена третьей степени, так как  $x^7+1=(x+1)(x^3+x+1)(x^3+x^2+1)$ .

Примем за образующий многочлен  $g(x)=x^3+x^2+1$  (1101). Чтобы убедиться, что каждому вектору ошибки соответствует отличный от других остаток, поделим каждый из этих векторов на  $g(x)$ .

Векторы ошибок  $m$  младших разрядов имеют вид :

$$0 \ 0 \ 1$$

$$0 \ 1 \ 0$$

$$1 \ 0 \ 0$$

Степени соответствующих им многочленов меньше степени образующего многочлена  $g_0(x)$ . Поэтому они сами являются остатками при нулевой целой части. Остаток, соответствующий ошибке в следующем разряде, получается при делении 1000 на 1101, т.е.

$$\begin{array}{r} 1000 \quad \underline{1101} \\ 1101 \\ \hline 101 \end{array}$$

Аналогично могут быть найдены и остальные остатки. Однако их можно получить проще, деля на  $g_0(x)$  комбинацию в виде единицы с рядом нулей и выписывая все промежуточные остатки

1000000000	1101		Остатки
<u>1101</u>			
1010			101
<u>1101</u>			111
1110			011
<u>1101</u>			110
01100			001
<u>1101</u>			010
001000			100

При последующем делении остатки повторяются.

Если выбрать в качестве образующего многочлена  $g_0(x) = x^3 + x + 1$ , то тоже получим требуемое число различных остатков – 7.

Если  $k=5$  и требуется исправлять тоже одиночную ошибку, то  $2^{n-5} - 1 \geq n$ . Откуда получаем  $n_{min}=9$  и  $m = n - k = 9 - 5 = 4$ . Примем  $g_0(x) = x^4 + x + 1$ . Этот образующий многочлен сохранится до  $k=11$ , так как неравенство  $2^{n-11} - 1 \geq n$  будет выполняться при  $n_{min}=15$  и  $m=4$ .

Применительно к циклическим кодам принято отводить под информационные символы  $k$  старших разрядов многочлена кода, а под проверочные символы  $n-k$  низших разрядов.

Применяется следующая процедура кодирования:

многочлен  $a(x)$ , соответствующий  $k$ -разрядной комбинации информационных разрядов кода, умножается на  $x^m$ , где  $m$  - степень образующего многочлена. Это соответствует добавлению к комбинации  $a(x)$   $m$  нулей со стороны младших разрядов. Произведение  $a(x)x^m$  делится на образующий многочлен  $g_0(x)$ . В общем случае при этом получаем некоторое частное  $q(x)$  и остаток  $r(x)$ :

$$a(x)x^m = q(x)g_0(x) \oplus r(x).$$

Остаток прибавляется к  $a(x)x^m$ . Поскольку степень остатка  $r(x)$  не превышает  $m-1$ , а в комбинации, соответствующей многочлену  $a(x)x^m$ ,  $m$  младших разрядов-нулевые, то указанная операция сложения равносильна приписыванию  $r(x)$  к  $a(x)$  со стороны младших разрядов.

Полученный многочлен  $f(x) = a(x)x^m \oplus r(x) = q(x)g_0(x)$  делится на  $g_0(x)$  без остатка и, следовательно, соответствует разрешенной комбинации кода.

Техническая реализация описанного процесса кодирования в случае двоичных кодов осуществляется посредством регистра сдвига с обратными связями, состоящего из ячеек памяти и сумматоров по модулю два. Сдвиг информации в регистре осуществляется импульсами, поступающими с генератора продвигающих импульсов, который на схеме, как правило, не указывается. На вход регистра поступают только коэффициенты многочленов, причем, начиная с коэффициента при переменной в старшей степени.

На рис.3.1 представлена схема, выполняющая деление произвольного многочлена (например, многочлена  $a(x) = a_{n-1}x^{n-1} + a_{n-2}x^{n-2} + \dots + a_1(x) + a_0$ ) на некоторый фиксированный (например, образующий) многочлен

$$g(x) = g^{n-k}x^{n-k} + \dots + g_1(x) + g_0.$$

Обратные связи регистра соответствуют виду многочлена  $g_0(x)$ . Количество включаемых в него сумматоров равно числу отличных от нуля коэффициентов  $g_0(x)$ , уменьшенному на единицу. Это объясняется тем, что сумматор сложения коэффициентов старших разрядов

многочленов делимого и делителя в регистр не включается, так как результат сложения заранее известен (он равен нулю).

За первые  $m$  тактов коэффициенты многочлена-делимого заполняют регистр, причем коэффициент при  $x$  в старшей степени достигает крайней правой ячейки. На следующем такте единица делимого, выходящая из крайней ячейки регистра по цепи обратной связи, подается к сумматорам по модулю два, что равносильно вычитанию многочлена-делителя из многочлена-делимого. Если в результате предыдущей операции коэффициент при старшей степени  $x$  у остатка оказался равным нулю, то на следующем такте вычитания делителя не происходит. Коэффициенты делимого только сдвигаются вперед по регистру на один разряд, что находится в полном соответствии с тем, как это делается при делении многочленов столбиком.

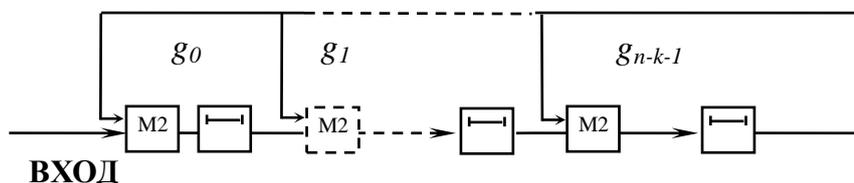


Рис. 1 Схема деления на произвольный многочлен.

Деление заканчивается с приходом последнего символа многочлена-делимого. При этом разность будет иметь более низкую степень чем делитель. Эта разность и есть остаток.

Рассмотренная схема деления многочленов может использоваться при декодировании. При кодировании она не применяется в силу того, что между информационными и проверочными символами образуется разрыв в  $m$  тактов.

Для кодирования используется схема, позволяющая разделить многочлен типа  $a(x)x^m$  за  $k$  тактов. Она отличается от рассмотренной тем, что коэффициенты кодируемого многочлена участвуют в обратной связи не через  $m$  сдвигов, а сразу с первого такта.

Для случая  $g_0(x)=x^3+x^2+1$  и  $a(x)=a^3+1$  схема кодирующего устройства приведена на рис. 3.2.

В исходном состоянии ключ  $K_1$  находится в положении 1, а ключ  $K_2$  замкнут. Информационные символы одновременно поступают как в линию связи, так и в регистр сдвига, где за  $k$  тактов образуется остаток. Затем ключ  $K_2$  размыкается, ключ  $K_1$  переходит в положение 2 и остаток выводится в канал связи.

Процесс формирования кодовой комбинации шаг за шагом представлен в табл. 3.1, где черточками отмечены освобождающиеся ячейки, занимаемые новыми информационными символами.

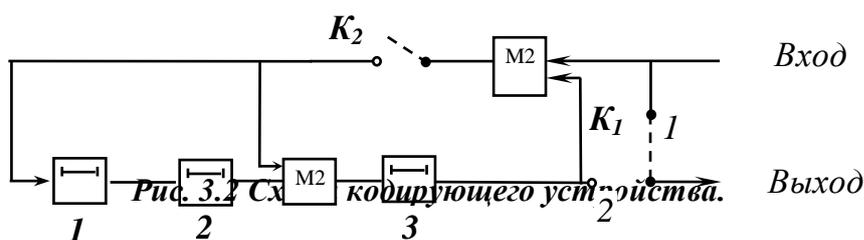


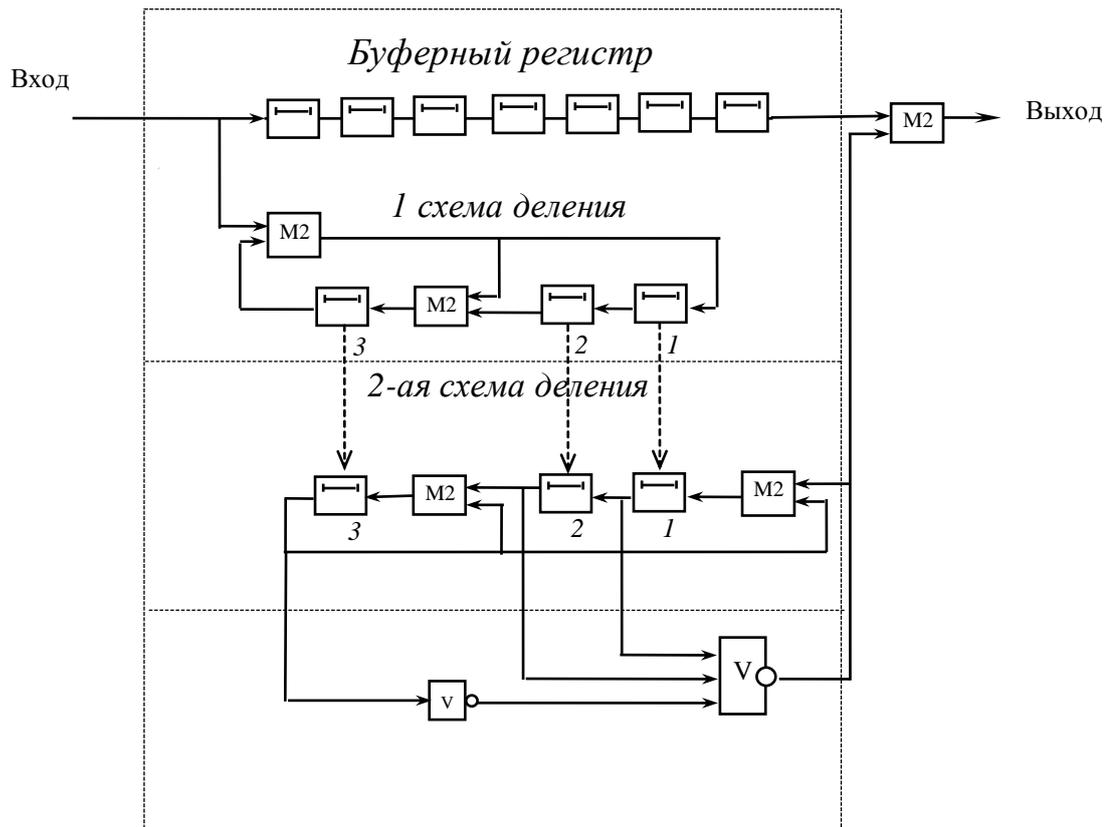
Таблица 3.1

N такта	Вход	Состояние ячеек регистров			Выход
		1	2	3	
1	1	1	0	1	1
2	0	1	1	1	01
3	0	1	1	0	001
4	1	1	1	0	1001
5	0	-	1	1	01001

6	0	-	-	1	101001
7	0	-	-	-	1101001

Рассмотрим устройства декодирования, в которых для обнаружения и исправления ошибок производится деление произвольного многочлена  $f(x)$ , соответствующего принятой комбинации, на образующий многочлен кода  $g_0(x)$ . В этом случае при декодировании могут использоваться те же регистры сдвига, что и при кодировании.

Символы подлежащей декодированию кодовой комбинации, возможно содержащей ошибку, последовательно, начиная со старшего разряда, вводятся в  $n$ -разрядный буферный регистр сдвига и одновременно в схему деления, где за  $n$  тактов определяется остаток, который в случае непрерывной передачи сразу же переписывается в регистры второй аналогичной схемы деления (рис.3.3).



Начиная с  $(n+1)$ -го такта, в буферный регистр и первую схему деления начинают поступать символы следующей кодовой комбинации. Одновременно на каждом такте буферный регистр покидает один символ, а в регистре второй схемы деления появляется кодовый остаток (синдром). Детектор ошибок, контролирующий состояние ячеек этого регистра, представляет собой комбинаторно-логическую схему, построенную с таким расчетом, чтобы она отмечала все те синдромы (“выделенные синдромы”), которые появляются в регистре, когда каждый из ошибочных символов занимает крайнюю правую ячейку в буферном регистре. Выделенный синдром - это остаток на  $n$ -м такте в случае возникновения ошибки в старшем разряде кодовой комбинации. При последующем сдвиге детектор формирует сигнал “1”, который воздействует на сумматор коррекции и исправляет искаженный символ.

Одновременно по цепи обратной связи сигнал “1” с выхода детектора подается на входной сумматор регистра, изменяя выделенный синдром так, чтобы он либо соответствовал более простому типу ошибки, которую еще надлежит исправить, либо все ячейки декодирующего регистра должны оказаться в нулевом состоянии. Если в результате автономных сдвигов состояние регистра не окажется нулевым, это означает, что произошла неисправимая ошибка.

Таблица 3.2

N такта	Вход	Состояние ячеек регистров			Выход после коррекции
		1	2	3	
1	1	1	0	1	
2	0	1	1	1	
3	0	1	1	0	
4	0	0	1	1	
5	0	1	0	0	
6	1	1	1	1	
7	1	0	1	1	
8	0	1	0	0	1
9	0	0	1	0	01
10	0	0	0	1	001
11	0	0	0	0	1001
12	0	0	0	0	01001
13	0	0	0	0	101001
14	0	0	0	0	1101001

Для декодирования кодовых комбинаций, разнесенных по времени с передачей, достаточно одной схемы деления, осуществляющей декодирование за  $2n$  тактов.

Сложность детектора ошибок зависит от числа выделенных синдромов. Для кода, исправляющего одиночные ошибки, простейший детектор получается в случае использования схемы деления второго типа (см.рис.3.3). Поскольку неискаженная кодовая комбинация делится на  $g_0(x)$  без остатка, то для отыскания выделенного синдрома достаточно разделить на  $g_0(x)$  вектор ошибки с единицей в старшем разряде. Остаток, получающийся на  $n$ -м такте, и является искомым выделенным синдромом. Он содержит единицу в старшем разряде и нули во всех остальных разрядах. Только при таком синдроме детектор должен формировать на выходе сигнал коррекции.

В зависимости от номера искаженного разряда после первых тактов будем получать различные остатки. Вследствие этого выделенный синдром будет появляться в регистре схемы деления через различное число последующих тактов, обеспечивая исправление искаженного символа.

В табл. 3.2, шаг за шагом, представлен процесс исправления ошибки, для случая, когда сформированная в табл. 3.1 кодовая комбинация 1101001 поступила на вход декодирующего устройства с искаженным символом в 4-ом разряде.

#### Основная литература

1. Штарьков Ю.М. Универсальное кодирование. Теория и алгоритмы/Ю.М. Штарьков.- М.: ФИЗМАТЛИТ.-2013.-288 с.
2. Шкундин С.З., Берикашвили В.Ш. Теория информационных процессов и систем/С.З. Шкундин, В.Ш. Берикашвили.-М.:Изд-во: «Горная книга».- 2012.-475 с.
3. Чернышев А.Б., Антонов В.Ф., Суюнова Г.Б. Теория информационных процессов и систем: учебное пособие/ А.Б. Чернышев, В.Ф. Антонов, Г.Б. Суюнова.-Ставрополь: Из-во: СКФУ.- 2015.-169 с.

#### Дополнительная литература

1. Умняшкин С.В. Основы теории цифровой обработки сигналов: Учебное пособие/С.В. Умняшкин.- Москва: ТЕХНОСФЕРА.-2016.-528 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какова математическая основа циклического кода?

2. Какие требования предъявляются к образующему многочлену?
3. Как определить выделенные синдромы?
4. Влияет ли тип схем деления на синдром ошибки? Почему?

### **Лабораторная работа №6 ПОСТРОЕНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ РЕКУРРЕНТНЫХ КОДОВ**

**Цель работы:** Целью данной работы является усвоение принципов построения и технической реализации кодирующих и декодирующих устройств рекуррентных кодов.

#### **Задание:**

1. Для конкретной последовательности информационных символов, заданной каждому студенту преподавателем провести формирование последовательности символов во всех контрольных точках, кодирующего (точки 1,2,3,4,5) и декодирующего (точки 6,7,8,9) устройств при отсутствии помехи.
2. Для той же последовательности информационных символов и заданной каждому студенту конкретной пачки ошибок провести формирование последовательности в точках, указанных в пункте 2.
3. Для той же последовательности информационных символов и заданной преподавателем пачки ошибок превышающих корректирующую способность кода, провести формирование последовательностей в точках указанных в пункте 2.

#### **Порядок выполнения:**

1. Набрать заданную последовательность информационных символов и записать последовательности символов в контрольных точках 1–9. Сравнить результаты с ранее сформированными последовательностями.
2. Ввести заданную пачку ошибок и записать последовательности символов в контрольных точках 1–9. Сравнить результаты с ранее сформированными последовательностями.
3. Ввести две пачки ошибок, разделенных интервалом в 13 символов, и убедиться в том, что они исправляются.
4. Ввести две пачки ошибок разделенных меньшим промежутком и убедиться в том, что правильная коррекция не обеспечивается.
5. Прodelать п.2 при условии, что длина пачки превышает корректирующую способность кода.

#### **Форма отчетности:**

Отчет должен включать:

1. Схемы кодирующего и декодирующего устройств.
2. Результаты формирования последовательностей в контрольных точках для случаев: а) отсутствия ошибок; б) корректируемой пачки ошибок; в) пачки ошибок превышающей корректирующую способность кода.

#### **Задания для самостоятельной работы:**

Ознакомится с принципами построения кодов рекуррентных.

#### **Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе**

Будем считать что на вход поступает последовательность информационных символов (контрольная точка  $K_1$ ):

100100111001.

Синхронный коммутатор  $СК_1$  выдает на выход поочередно информационные символы и проверочные символы вырабатываемые сдвигающим регистром. Число ячеек памяти в кодирующем регистре равно  $b(4)$ .

Процесс формирования проверочных символов показан в таблице 4.1.

Следовательно последовательность проверочных символов (контрольная точка  $K_2$ ):  
0010110111011.

Общая последовательность символов на выходе кодирующего устройства (контрольная точка  $K_4$ ):

100001100101101111010011

Изменение значений символов в передаваемой последовательности, отражающей влияние помехи, осуществляется с помощью сумматоров по модулю два. Последовательность

символов, имитирующая заданную помеху, формируется посредством переключателей наборного поля помехи (справа).

Предположим, что в канале связи произошло искажение 7-го, 8-го и 9-го символов (см. контрольную точку  $K_3$ ). Последовательность на выходе канала связи (см. контрольную точку  $K_5$ ) имеет вид:

10000101110110011,

где искаженные символы помечены прямоугольником, последовательность информационных символов на входе декодирующего устройства (см. контрольную точку  $K_6$ ):

100010111001.

Последовательность проверочных символов соответственно имеет вид :

001110111011.

**Таблица 4.1**

№ такта	Состояние ячеек регистра				Проверочные символы на выходе сумматора
	1	2	3	4	
	0	0	0	0	
1	1	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0
3	0	0	1	0	1
4	1	0	0	1	0
5	0	1	0	0	1
6	0	0	1	0	1
7	1	0	0	1	0
8	1	1	0	0	1
9	1	1	1	0	1
10	0	1	1	1	1
11	0	0	1	1	0
12	1	0	0	1	1
13					1

Декодирующее устройство состоит из двух частей. Первая часть вырабатывает опознаватель ошибки (синдром), а вторая анализирует синдром и производит само исправление (узел коррекции).

Процесс формирования последовательности символов в точке  $a$  показан в таблице 4.2.

**Таблица 4.2**

№ такта	Состояние ячеек регистра				Символы в точке $a$
	1`	2`	3`	4`	
1	1	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0
3	0	0	1	0	1
4	0	0	0	1	0
5	1	0	0	0	1
6	0	1	0	0	0
7	1	0	1	0	1
8	1	1	0	1	0
9	1	1	1	0	0
10	0	1	1	1	1
11	0	0	1	1	0
12	1	0	0	1	1
13					1

Сформированная в точке  $a$  последовательность сравнивается с последовательностью проверочных символов, поступающих из канала связи, в результате чего на выходе (см. контрольную точку  $K_7$ ) вырабатывается опознаватель ошибки – синдром.

Последовательность проверочных символов	0011110111011
Последовательность в точке $a$	0010101001011
Последовательность в контрольной точке $K_7$	0001011110000

Если ошибок нет, то вырабатываемая в точке  $a$  последовательность точно совпадает с последовательностью проверочных символов и суммирование дает последовательность (в точке  $K_7$ ), состоящую из одних нулей. Каждой конкретной пачке ошибок соответствует свой синдром. Определим его структуру.

Рассмотрим подробнее последовательность в точке  $K_7$ . Будем считать что произошел наихудший случай – исказилось  $b$  символов. Следовательно, будет поражено  $b/2$  информационных и  $b/2$  проверочных символов. До поступления первого ошибочного символа на входе регистр содержит безошибочные информационные символы. Поэтому в течение первых  $b/2$  тактов в синдроме возникают единицы за счет ошибок в проверочных символах. На этом пачка ошибок заканчивается и в дальнейшем на выходной сумматор формирователя синдрома будут поступать лишь безошибочные проверочные символы. За следующие  $b$  тактов единицы формируются в синдроме с начала за счет поступлений ошибочных информационных символов из первого полурегистра, а за тем – из второго. Итак последовательность в точке  $K_7$  (синдром) содержит:

1. Единицы на местах ошибок в проверочных символах.
2. Со сдвигом на  $b/2$  – единицы на местах ошибок в информационных символах.
3. Еще со сдвигом на  $b/2$  повторяется комбинация, полученная в предыдущем случае.

В соответствии с этим последовательность в точке  $K_7$  в рассматриваемом нами примере может быть представлена тремя составляющими :

```

000100000000...
0001100000...
00011000...

```

Теперь видно, что произошла ошибка в 4-м проверочном и 4-м и 5-ом информационных символах (соответственно в 7-м, 8-м и 9-м символах общей последовательности).

Вторая часть схемы (узел коррекции) позволяет провести исправление ошибок в информационных символах автоматически. Анализатор синдрома построен в точном соответствии с его структурой.

На выходе схемы “НЕ” получим инвертированную последовательность, т.е. последовательность :

```
1110100001111.
```

На втором входе схемы “И” получаем последовательность, сдвинутую на два такта относительно последовательности в точке  $K_7$ :

```
0000010111100.
```

На третьем входе схемы “И” получаем последовательность, сдвинутую относительно последовательности в точке  $K_7$  на четыре такта, т.е. :

```
0000000101111
```

На выходе схемы “И” (на три входа) получаем последовательность (см. контрольную точку  $K_8$ ), которая должна исправить нашу последовательность информационных сигналов.

```

1110100001111
0000010111100
0000000101111

```

Последовательность в точке  $K_8$  : 000000001100.

Поскольку корректирующий сигнал формируется через  $3b/2$  тактов, а информационные символы задерживаются только на  $b$  тактов, то возникает необходимость в дополнительной

задержке информационных символов на  $b/2$  тактов ( $b/2=2$ ). Это осуществляется блоком задержки. Совместно с сумматором по модулю два он образует устройство исправления ошибок.

Последовательность в точке $K_6$	0000100010111001
Последовательность в точке $K_8$	00000110000000
Исправленная последовательность на выходе (см. контрольную точку $K_9$ )	100100111001

На пути информационных символов в декодирующем устройстве имеется всего  $3b/2$  ячеек. Это соответствует  $3b$  символам во входной последовательности.

Отсюда, чтобы вывести все ошибочные символы из схемы требуется промежуток из  $3b+1$  безошибочных символов.

Чтобы не проводить исправление в случае появления ошибочных символов в этот период и предусмотрена схема “НЕ”.

Для ввода символов в наборное поле кодируемой информации и заданной пачки ошибок используется клавиша курсора и клавиша “Enter”. Для этого применяется “мерцающая метка” (переключатель : “вниз” – сигнал “0”, “вверх” – сигнал “1”), которая выбирается клавишей курсора. Допустим, необходимо записать 1 в первом разряде наборного поля кодируемой информации. Для этого “мерцающую метку” расположить рядом с первым разрядом и нажать клавишу “Enter” и т.д. После введения пачки ошибок “мерцающую метку” переместить в состояние “Пуск” (внизу кодирующего и декодирующего устройств). Далее используя “Enter” по тактам можно проследить процесс кодирования, декодирования и исправления ошибок.

#### Основная литература

1. Штарьков Ю.М. Универсальное кодирование. Теория и алгоритмы/Ю.М. Штарьков.- М.: ФИЗМАТЛИТ.-2013.-288 с.
2. Шкундин С.З., Берикашвили В.Ш. Теория информационных процессов и систем/С.З. Шкундин, В.Ш. Берикашвили.-М.:Изд-во: «Горная книга».- 2012.-475 с.
3. Чернышев А.Б., Антонов В.Ф., Суюнова Г.Б. Теория информационных процессов и систем: учебное пособие/ А.Б. Чернышев, В.Ф. Антонов, Г.Б. Суюнова.-Ставрополь: Из-во: СКФУ.- 2015.-169 с.

#### Дополнительная литература

1. Умняшкин С.В. Основы теории цифровой обработки сигналов: Учебное пособие/С.В. Умняшкин.- Москва: ТЕХНОСФЕРА.-2016.-528 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Чем отличаются рекуррентные коды от блоковых ?
2. Каковы преимущества рекуррентных кодов ?
3. Какова структура синдрома исследуемого кода ?
4. Почему между исправляемыми пачками ошибок необходим промежуток  $3b+1$  неискаженных символов?
5. Какие изменения необходимо ввести в кодирующее и декодирующее устройства для обеспечения коррекции пачек ошибок в 6(8) символов ?

## 9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы

Автоматическое устройство осуществило перекодировку информационного сообщения на русском языке, первоначально записанного в 16-битном коде Unicode, в 8-битную кодировку КОИ-8. При этом информационное сообщение уменьшилось на 720 бит. Какова длина сообщения в символах?

Решение: При переходе от 16 битной к 8 битной кодировке, размер сообщения в битах уменьшится вдвое. Раз оно уменьшилось на 720 бит, то длина сообщения в символах кодировки КОИ-8 составила 720 символов.

В кодировке Unicode на каждый символ отводится два байта. Определите информационный объем слова из двадцати четырех символов в этой кодировке.

Решение:  $24 * 2\text{байта} = 48\text{ байтов} = 384\text{ бита}$

Считая, что каждый символ кодируется 16 битами, оцените информационный объем следующей Пушкинской фразы в кодировке Unicode: Привычка свыше нам дана: Замена счастию она.

Решение Данное предложение содержит 44 символа (включая точку и двоеточие), то есть в кодировке Unicode оно содержит 88 байт или 704 бита. В велокроссе участвуют 779 спортсменов.

Специальное устройство регистрирует прохождение каждым из участников промежуточного финиша, записывая его номер с использованием минимально возможного количества бит, одинакового для каждого спортсмена. Каков информационный объем сообщения, записанного устройством, после того как промежуточный финиш прошли 280 велосипедистов?

Решение: Справедлива оценка  $29 < 779 < 2^{10}$ , поэтому для равномерного двоичного кодирования номера каждого спортсмена требуется 10 бит информации. Тогда информационный объем сообщения, записанного устройством, после того как промежуточный финиш прошли 280 велосипедистов, составляет  $2800\text{ бит} = 350\text{ байт}$ .

Одна ячейка памяти «троичной ЭВМ» (компьютера, основанного на использовании троичной системы счисления) может принимать одно из трех возможных состояний. Для хранения некоторой величины отвели 6 ячеек памяти. Сколько различных значений может принимать эта величина?

Решение: Мощность алфавита троичной ЭВМ  $N$  равно 3.

Для 6 ячеек памяти количество различных значений оценивается величиной  $N^6 = 3^6 = 729$ . Укажите через запятую в порядке возрастания все основания систем счисления, в которых запись числа 23 оканчивается на 2.

Решение: Вспомним, как перевести целое десятичное число в любую систему счисления: 1. Чтобы перевести целое положительное десятичное число в любую другую систему счисления, нужно это число разделить на основание этой системы. 2. Полученное частное снова разделить на основание этой системы счисления, пока частное не окажется меньше основания системы. В результат записать одной строкой последнее частное и все остатки, начиная с последнего. Это означает, что первый остаток от деления 23 на основания искомых систем счисления равен 2. То есть, число 23 можно записать в виде:  $23 = 2 + x * y$ , где  $x$  - основание искомой системы счисления, а  $y$  - первое частное. Преобразовав это равенство, получим:  $21 = x * y$ . Найдем делители 21. Это 3, 7, 21.

Для кодирования букв А, Б, В, Г решили использовать двухразрядные последовательные двоичные числа (от 00 до 11 соответственно). Если таким способом закодировать последовательность символов ВАГБ и записать результат шестнадцатеричным кодом, то получится:

Решение: Пользуясь кодовой таблицей, А Б В Д 00 01 10 11 Запишем  
 $ВАГБ = 100011012 = 8D16$

Скорость передачи данных через ADSL-соединение равна 128000 бит/с. Передача файла через это соединение заняла 2 минуты. Определите размер файла в килобайтах.

Решение:  $128000 * 120 = 15360000(\text{бит})$  (Килобайт) =  $1875(\text{Килобайт})$  Ответ: 1875  
Скорость передачи данных через ADSL-соединение равна 128000 бит/с.

Через данное соединение передают файл размером 625 Кбайт. Определите время передачи файла в секундах.

Решение: 1) Переводим размер файла в биты: 625 килобайт \* 1024 \* 8 = 5120000 бит. 2) Определяем время передачи файла  $5120000 / 128000 = 40$  секунд. Ответ: 40.

#### Основная литература

4. Штарьков Ю.М. Универсальное кодирование. Теория и алгоритмы/Ю.М. Штарьков.- М.: ФИЗМАТЛИТ.-2013.-288 с.

5. Шкундин С.З., Берикашвили В.Ш. Теория информационных процессов и систем/С.З. Шкундин, В.Ш. Берикашвили.-М.:Изд-во: «Горная книга».- 2012.-475 с.

6. Чернышев А.Б., Антонов В.Ф., Суюнова Г.Б. Теория информационных процессов и систем: учебное пособие/ А.Б. Чернышев, В.Ф. Антонов, Г.Б. Суюнова.-Ставрополь: Из-во: СКФУ.- 2015.-169 с.

#### Дополнительная литература

2. Умняшкин С.В. Основы теории цифровой обработки сигналов: Учебное пособие/С.В. Умняшкин.- Москва: ТЕХНОСФЕРА.-2016.-528 с.

### 10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ОС Windows 7 Professional

Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security.

### 11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<i>Вид занятия (Лк, Лр, кр)</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ Лр</i>
<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Лк	Лаборатория технических средств защиты информации	Оборудование Интерактивная доска Smart Board X885ix со встроенным проектором UX60	№ 1.1 -3.2
ЛР	Лаборатория технических средств защиты информации	Оборудование 16-ПК i5-2500/Н67/4Gb/500Gb (монитор TFT19 Samsung E1920NR); интерактивная доска Smart Board X885ix со встроенным проектором UX60	№ 1-5
кр	Читальный зал №1	Оборудование 10 ПК i5-2500/Н67/4Gb(монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D	-
СР	Читальный зал №1		-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

<b>№ компетенции</b>	<b>Элемент компетенции</b>	<b>Раздел</b>	<b>Тема</b>	<b>ФОС</b>
ОПК-1	Способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой	<b>1. Основные понятия теории информации.</b>	1.1. Измерение информации	кр, Экзаменационный билет
			1.2. Модели сигналов	кр, Экзаменационный билет
		<b>2. Помехоустойчивое кодирование</b>	2.1. Типы, приемы и методы кодирования информации.	кр, Экзаменационный билет
			2.2. Алгоритмы кодирования информации.	кр, Экзаменационный билет
		<b>3. Информационные характеристики канала связи</b>	3.1. Характеристики каналов связи	кр, Экзаменационный билет
			3.2. Кодирование в канале связи без шума.	кр, Экзаменационный билет
3.3. Кодирование в канале связи с шумом.	кр, Экзаменационный билет			
ОПК-2	способность приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии	<b>1. Основные понятия теории информации.</b>	1.1. Измерение информации	кр, Экзаменационный билет
			1.2. Модели сигналов	кр, Экзаменационный билет
		<b>2. Помехоустойчивое кодирование</b>	2.1. Типы, приемы и методы кодирования информации.	кр, Экзаменационный билет
			2.2. Алгоритмы кодирования информации.	кр, Экзаменационный билет
		<b>3. Информационные характеристики канала связи</b>	3.1. Характеристики каналов связи	кр, Экзаменационный билет
			3.2. Кодирование в канале связи без шума.	кр, Экзаменационный билет
3.3. Кодирование в канале связи с шумом.	кр, Экзаменационный билет			
ПК-4	способность работать в составе научно-исследовательского и производст-	<b>1. Основные понятия теории информации.</b>	1.1. Измерение информации	кр, Экзаменационный билет
			1.2. Модели сигналов	кр, Экзаменационный билет
		<b>2. Помехоустойчи-</b>	2.1. Типы,	кр, Экзаменацион-

	венного коллектива и решать задачи профессиональной деятельности	вое кодирование	приемы и методы кодирования информации.	ный билет
			2.2. Алгоритмы кодирования информации.	кр, Экзаменационный билет
		3. Информационные характеристики канала связи	3.1. Характеристики каналов связи	кр, Экзаменационный билет
			3.2. Кодирование в канале связи без шума.	кр, Экзаменационный билет
			3.3. Кодирование в канале связи с шумом.	кр, Экзаменационный билет

## 2. Экзаменационные вопросы

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ОПК-1	Способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой	1. Предмет, структура и задачи курса, его связь с другими дисциплинами.	1. Основные понятия теории информации.
			2. Понятие информации, ее виды и свойства.	
			3. Структурная схема системы передачи данных.	2. Помехоустойчивое кодирование
			4. Классификация сигналов по их структуре.	3. Информационные характеристики канала связи
2.	ОПК-2	способность приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии	5. Разложение периодического сигнала в ряд Фурье.	1. Основные понятия теории информации.
			6. Спектр амплитуд и спектр фаз.	
			7. Представление непериодической функции интегралом Фурье.	
			8. Основные подходы к измерению количества информации.	
			9. Понятие энтропии как меры неопределенности состояния системы.	
			10. Энтропия системы двух событий.	
			11. Основные задачи кодирования.	
			12. Кодирование информации двоичными позиционными кодами.	3. Информационные характеристики канала связи
13. Понятие оптимального кода.				

3.	ПК-4	способность работать в составе научно-исследовательского и производственного коллектива и решать задачи профессиональной деятельности	14.Выполнение арифметических операций в кодах с иррациональными основаниями.	1. Основные понятия теории информации. 2. Помехоустойчивое кодирование 3. Информационные характеристики канала связи
			15.Адаптивное арифметическое кодирование.	
			16.Коды с обнаружением и исправлением ошибок.	
			17.Групповой код и наименьшее расстояние между его кодовыми словами.	
			18.Коды Хэмминга.	

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать</b> (ОПК-1) – основные понятия теории кодирования, классификацию и характеристики кодов; (ОПК-2) – современные источники информации, технологии, применяемые в образовании; (ПК-4) – источники формирования информационной базы, характеризующей функционирование экономических систем в сфере международной торговли и внешнеэкономических связей;</p> <p><b>Уметь</b> (ОПК-1) – представлять целые и вещественные числа в прямом, обратном и дополнительном двоичном кодах; (ОПК-2) – применять современные образовательные и информационные технологии для приобретения профессиональных знаний; (ПК-4) – использовать источники экономической, социальной, управленческой информации для анализа экономических процессов, выявления проблем и определения способов их решения;</p> <p><b>Владеть</b> (ОПК-1) – способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин и современные информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности. (ОПК-2) - методами поиска, анализа и оценки профессионально значимой информации. (ПК-6)</p>	<b>Отлично</b>	Демонстрирует все показатели на высоком уровне. Обучающийся всесторонне и глубоко владеет знаниями, сложными навыками, способен уверенно ориентироваться в практических ситуациях. Достигнут высокий уровень формирования компетенций.
	<b>Хорошо</b>	Демонстрирует более половины показателей на достаточном и высоком уровне. Обучающийся владеет знаниями, проявляет соответствующие навыки в практических ситуациях, но имеют место некоторые неточности в демонстрации освоения материала. Достигнут повышенный уровень формирования компетенции.
	<b>Удовлетворительно</b>	Демонстрирует основную часть показателей на достаточном уровне. Обучающийся частично проявляет знания и навыки, входящие в состав компетенции. Пытается, стремится проявлять нужные навыки, понимает их необходимость, но у него не всегда получается. Достигнут только базовый уровень формирования компетенции.
	<b>Неудовлетворительно</b>	Демонстрирует большинство показателей на недостаточном и крайне низком уровне. Обучающийся не владеет необходимыми знаниями и навыками и не старается их применять. Не достигнут базовый уровень формирования компетенции.

<p>– навыками построения и анализа математических моделей, основами экспериментальной проверки адекватности моделей. (ПК-4)</p> <p>- навыками сбора, анализа и обработки данных для решения текущих и стратегических внешнеэкономических задач.</p>		
---	--	--

#### **4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности**

Место курса «Теория информации и кодирования» в системе подготовки бакалавра определяется тем значением которое занимают ее методы в проектировании высоконадежных вычислительных устройств. Процессы передачи, преобразования и накопления информации являются основой функционирования информационных систем. Поэтому критерием качества работы информационных устройств служит их способность передавать, накапливать или преобразовывать необходимое количество информации в единицу времени при допустимых искажениях и затратах. В процессе автоматизированного управления и контроля происходит интенсивный обмен информацией между отдельными частями систем, причем объем информации, а также скорости обработки и передачи ее постоянно растут. Все более высокие требования предъявляются к достоверности передаваемых сообщений, что требует применения специальных средств, снижающих вероятность появления ошибок до некоторого допустимого уровня. Одной из наиболее действенных мер обеспечения высокой достоверности передаваемых и принимаемых сообщений является использование методов помехоустойчивого кодирования, поэтому вопросам построения эффективных кодов, используемых для обнаружения и исправления ошибок в кодовых комбинациях, должно уделяться значительное внимание при обучении будущих специалистов в области информационных систем и технологий. Изучение дисциплины «Теория информации и кодирования» базируется на знаниях и умениях, приобретенных обучающимися в результате освоения ими следующих дисциплин: математика, дискретная математика, информатика и программирование, теория вероятностей и математическая статистика, вычислительные системы, сети и телекоммуникации. Учебная дисциплина «Теория информации и кодирования» формирует базовый уровень знаний по специальности и является основой для изучения следующих курсов: информационная безопасность, проектирование информационных систем, корпоративные информационные системы и сети.

Изучение дисциплины предусматривает:

- лекции,
- лабораторные работы;
- контрольную работу;
- самостоятельную работу студента
- экзамен.

Овладение ключевыми понятиями является основой усвоения учебного материала по дисциплине.

В процессе проведения лабораторных работ происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков.

Самостоятельную работу необходимо начинать с чтения лекций и учебников.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

## АННОТАЦИЯ

### рабочей программы дисциплины Теория информации и кодирования

#### 1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является: Освоение студентами математических методов решения задач, связанных с процессами хранения и передачи информации; изучение алгоритмов помехоустойчивого кодирования и сжатия текстовой, графической, звуковой информации.

В результате изучения дисциплины, обучающиеся должны освоить методы определения пропускной способности каналов связи, достаточной для передачи всей поступающей информации без задержек и искажений; изучить основные алгоритмы построения различных кодов, используемых как для защиты данных, так и для их сжатия. Кроме того обучающиеся должны освоить методику решения различных задач, связанных с процессами получения, передачи, хранения и использования информации.

#### Задачи дисциплины

Сформировать понятие о количественной оценке информации через понятие энтропии; познакомить на практике учащихся с алгоритмами сжатия текстовой, графической, звуковой информации с потерями и без потерь; сформировать представление о ошибках, возникающих при передаче информации по каналу связи и способах и методах их обнаружения и исправления; научить применять методы расчета скорости передачи информации для конкретных каналов связи.

#### 2. Структура дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: Лк.-34 час., ЛР-34 час.; СР-22 час.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 144 часа, 4 зачетные единицы.

2.2 Основные разделы дисциплины:

1. Основные понятия теории информации
2. Помехоустойчивое кодирование
3. Информационные характеристики канала связи

#### 3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1- способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой;

ОПК-2 - способность приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии;

ПК-4 - способность работать в составе научно-исследовательского и производственного коллектива и решать задачи профессиональной деятельности

#### 4. Виды промежуточной аттестации: экзамен.

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе  
на 20\_\_-20\_\_ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,  
*(разработчик)*

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

*(подпись)*

\_\_\_\_\_

*(Ф.И.О.)*

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО  
КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

<b>№ компетенции</b>	<b>Элемент компетенции</b>	<b>Раздел</b>	<b>Тема</b>	<b>ФОС</b>
ОПК-1	Способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой	<b>1. Основные понятия теории информации.</b>	1.1. Измерение информации	Тест
			1.2. Модели сигналов	Тест
		<b>2. Помехоустойчивое кодирование</b>	2.1. Типы, приемы и методы кодирования информации.	Тест
			2.2. Алгоритмы кодирования информации.	Тест
		<b>3. Информационные характеристики канала связи</b>	3.1. Характеристики каналов связи	Тест
			3.2. Кодирование в канале связи без шума.	Тест
3.3. Кодирование в канале связи с шумом.	Тест			
ОПК-2	способность приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии	<b>1. Основные понятия теории информации.</b>	1.1. Измерение информации	Тест
			1.2. Модели сигналов	Тест
		<b>2. Помехоустойчивое кодирование</b>	2.1. Типы, приемы и методы кодирования информации.	Тест
			2.2. Алгоритмы кодирования информации.	Тест
		<b>3. Информационные характеристики канала связи</b>	3.1. Характеристики каналов связи	Тест
			3.2. Кодирование в канале связи без шума.	Тест
3.3. Кодирование в канале связи с шумом.	Тест			
ПК-4	способность работать в составе научно-исследовательского и производст-	<b>1. Основные понятия теории информации.</b>	1.1. Измерение информации	Тест
			1.2. Модели сигналов	Тест
		<b>2. Помехоустойчи-</b>	2.1. Типы,	Тест

	венного коллектива и решать задачи профессиональной деятельности	вое кодирование	приемы и методы кодирования информации.	
			2.2. Алгоритмы кодирования информации.	Тест
		3. Информационные характеристики канала связи	3.1. Характеристики каналов связи	Тест
			3.2. Кодирование в канале связи без шума.	Тест
			3.3. Кодирование в канале связи с шумом.	Тест

## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Так как текущий контроль проводится в форме тестирования и предназначен для проверки знаний самими обучающимися, тест может быть зачтен или не зачтен. В дальнейшем студенты могут повторить попытки выполнить тест по той теме, где были обнаружены пробелы в его знаниях.

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать</b> (ОПК-1) – основные понятия теории кодирования, классификацию и характеристики кодов; (ОПК-2) – современные источники информации, технологии, применяемые в образовании; (ПК-4) – источники формирования информационной базы, характеризующей функционирование экономических систем в сфере международной торговли и внешнеэкономических связей;</p> <p><b>Уметь</b> (ОПК-1) – представлять целые и вещественные числа в прямом, обратном и дополнительном двоичном кодах; (ОПК-2) – применять современные образовательные и информационные технологии для приобретения профессиональных знаний; (ПК-4) – использовать источники экономической, социальной, управленческой информации для анализа экономических процессов, выявления проблем и определения способов их решения;</p> <p><b>Владеть</b> (ОПК-1) – способностью использовать основные</p>	<b>Отлично</b>	Демонстрирует все показатели на высоком уровне. Обучающийся всесторонне и глубоко владеет знаниями, сложными навыками, способен уверенно ориентироваться в практических ситуациях. Достигнут высокий уровень формирования компетенций.
	<b>Хорошо</b>	Демонстрирует более половины показателей на достаточном и высоком уровне. Обучающийся владеет знаниями, проявляет соответствующие навыки в практических ситуациях, но имеют место некоторые неточности в демонстрации освоения материала. Достигнут повышенный уровень формирования компетенции.
	<b>Удовлетворительно</b>	Демонстрирует основную часть показателей на достаточном уровне. Обучающийся частично проявляет знания и навыки, входящие в состав компетенции. Пытается, стремится проявлять нужные навыки, понимает их необходимость, но у него не всегда получается. Достигнут только базовый уровень формирования компетенции.

<p>законы естественнонаучных дисциплин и современные информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности. (ОПК-2)</p> <p>- методами поиска, анализа и оценки профессионально значимой информации. (ПК-б)</p> <p>- навыками построения и анализа математических моделей, основами экспериментальной проверки адекватности моделей. (ПК-4)</p> <p>- навыками сбора, анализа и обработки данных для решения текущих и стратегических внешнеэкономических задач.</p>	<p><b>Неудовлетворительно</b></p>	<p>Демонстрирует большинство показателей на недостаточном и крайне низком уровне. Обучающийся не владеет необходимыми знаниями и навыками и не старается их применять. Не достигнут базовый уровень формирования компетенции.</p>
--	-----------------------------------	---

**Фонд тестовых заданий**  
по дисциплине  
**Б1.В.15 Теория информации и кодирования**

**ТЕМАТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ТЕСТОВ**

N раздела	Наименование раздела	N задания	Тема задания
1.	Основные понятия теории информации.	1-3	Предмет, структура и задачи курса, его связь с другими дисциплинами.
			Понятие информации, ее виды и свойства.
			Структурная схема системы передачи данных.
2.	Математические модели детерминированных сигналов.	4-9	Классификация сигналов по их структуре.
			Разложение периодического сигнала в ряд Фурье.
			Спектр амплитуд и спектр фаз.
			Представление непериодической функции интегралом Фурье.
3.	Информационные модели сигналов.	10-18	Основные подходы к измерению количества информации.
			Понятие энтропии как меры неопределенности состояния системы.
			Энтропия системы двух событий.
4.	Основные понятия теории кодирования.	19-29	Основные задачи кодирования.
			Кодирование информации двоичными позиционными кодами.
			Выполнение арифметических операций в кодах с иррациональными основаниями.
5.	Оптимальное кодирование.	30-32	Понятие оптимального кода.
			Обратимое и необратимое сжатие.
			Адаптивное арифметическое кодирование.
6.	Помехоустойчивое кодирование.	33-35	Коды с обнаружением и исправлением ошибок.
			Групповой код и наименьшее расстояние между его кодовыми словами.
			Коды Хэмминга.

**Тестовые задания**

1.В технике под информацией понимают:

- а) воспринимаемые человеком или специальными устройствами сведения об окружающем мире и протекающих в нем процессах;

б) часть знаний, использующихся для ориентирования, активного действия, управления;

в) сообщения, передающиеся в форме знаков или сигналов;

г) сведения, обладающие новизной.

2. Информацию, не зависящую от личного мнения или суждения, можно назвать:

а) достоверной;

б) актуальной;

в) объективной;

г) полезной.

3. За единицу измерения количества информации принят...

а) 1 бод

б) 1 бит

в) 1 байт

г) 1 Кбайт

4. Как записывается в двоичной системе счисления число 13?

а) 1111

б) 1010

в) 1101

г) 1000

5. Как представлено число 4210 в восьмеричной системе счисления?

а) 278

б) 528

в) 478

г) 368

6. Один школьный учитель заявил, что у него в классе 100 детей, из них 24 мальчика и 32 девочки. Какой системой счисления он пользовался?

а) 2

б) 3

в) 6

г) 8

7. Чему равна сумма чисел X и Y при  $x=110112$ ,  $y=10102$ ?

а) 1110012;

б) 1001012 ;

в) 100012 ;

г) 1110112.

8. Какое из чисел следует за числом 1278 в восьмеричной системе счисления?

а) 1318 ;

- б) 1378;
- в) 1308;
- г) 1288.

9. Даны системы счисления: 2-ая, 8-ая, 10-ая, 16-ая. Запись вида 692:

- а) отсутствует в десятичной системе счисления;
- б) отсутствует в восьмеричной;
- в) существует во всех названных системах счисления;
- г) существует в восьмеричной системе счисления.

10. Для кодирования русских букв в настоящее время применяют

- а) одну;
- б) две;
- в) восемь;
- г) пять кодовых таблиц.

11. Единица измерения частоты дискретизации -

- а) Мб;
- б) Кб;
- в) Гц;
- г) Кц.

12. Во сколько раз увеличится информационный объем страницы текста (текст не содержит управляющих символов форматирования) при его преобразования из кодировки MS-DOS (таблица кодировки содержит 256 символов) в кодировку Unicode (таблица кодировки содержит 65536 символов)?

- а) в 2 раза;
- б) в 8 раз;
- в) в 16 раз;
- г) в 256 раз.

13. Черно-белое (без градаций серого) растровое графическое изображение имеет размер  $10 \times 10$  точек. Какой объем памяти займет это изображение?

- а) 100 бит;
- б) 100 байт;
- в) 10 Кбайт;
- г) 1000 бит.

14. Какое количество информации по Хартли может содержать система, информационная емкость которой определяется десятичным числом 1250.

15. Найти среднее количество информации по Шеннону в системе со следующим вероятностным распределением  $\vec{P} (1/2, 1/4, 1/4)$ .

16. Какое максимальное количество информации по Шеннону содержит система со следующим вероятностным распределением  $\bar{p} (0,2; 0,8)$ .

17. Сравните условную и безусловную энтропии системы.

а)  $H_Y(X) \geq H(X)$ ;

б)  $H_Y(X) \leq H(X)$ .

18. Определить дифференциальную энтропию системы с заданной плотностью распределе-

$$f(x) = \begin{cases} x, & x \in (0; 1) \\ 0, & x \notin (0; 1) \end{cases}$$

ния вероятностей:

19. Основным принцип кодирования изображений состоит в том, что:

а) изображение представляется в виде мозаики квадратных элементов, каждый из которых имеет определенный цвет;

б) изображение разбивается на ряд областей с одинаковой яркостью;

в) изображение преобразуется во множество координат отрезков, разбивающих изображение на области одинакового цвета;

г) изображение разбивается на ряд областей с разной яркостью.

20. Пространственная дискретизация – это:

а) преобразование графической информации из аналоговой формы в дискретную

б) преобразование графической информации из дискретной формы в аналоговую

в) преобразование текстовой информации из аналоговой формы в дискретную

г) преобразование текстовой информации из дискретной формы в аналоговую

21. Сколько в палитре цветов, если глубина цвета равна 1 бит?

а) 2 цвета

б) 4 цвета

в) 8 цветов

г) 16 цветов

22. Цветное (с палитрой 256 цветов) растровое графическое изображение имеет размер 10x10 точек. Какой информационный объем несет изображение?

а) 100 бит;

б) 400 бит;

в) 800 бит;

г) 10 байт.

23. Расчет видеопамати осуществляется по формуле, где количество цветов в палитре (N), глубина каждой точки (I), количество точек по горизонтали и вертикали (X, Y):

а) Объем памяти = 2N;

б) Объем памяти = I · X · Y;

в) Объем памяти = IX · Y;

- г) Объем памяти =  $N_2 \cdot X \cdot Y$ .
24. В процессе преобразования растрового графического изображения количество цветов уменьшилось с 65536 до 16. Во сколько раз уменьшится объём, занимаемый им памяти?
- а) в 2 раза;
  - б) в 4 раза;
  - в) в 8 раз;
  - г) в 16 раз.
25. В таблице кодов ASCII имеют международный стандарт
- а) первые 16 кодов;
  - б) первые 128 кодов;
  - в) последние 128 кодов;
  - г) таких нет.
26. При работе дисплея в текстовом режиме одну позицию экрана занимает
- а) один пиксель;
  - б) один символ;
  - в) одно слово;
  - г) часть символа.
27. Из каких цветов состоит палитра системы цветопередачи RGB?
- а) Голубой, пурпурный, желтый, черный
  - б) Фиолетовый, белый, черный, желтый
  - в) Красный, зеленый, синий
  - г) Белый, синий, черный, зеленый
28. Выберите наиболее реальную модель сигнала.
- а) случайный процесс;
  - б) детерминированный сигнал;
  - в) случайный сигнал.
29. Сколько видов модуляции гармонического сигнала существует?
- а) два;
  - б) бесконечно много;
  - в) три.
30. Что происходит с длиной сообщения при эффективном кодировании?
- а)увеличивается;
  - б) остается прежней;
  - в) уменьшается.
31. Как изменяется эффективность кода при увеличении длины блока при блоковом кодировании?
- а) не убывает;

- б) не изменяется;
  - в) не возрастает.
32. Закодировать сообщение 100110 кодом с проверкой четности.
- а) 1001100;
  - б) 1110110 ;
  - в) 1001101.
33. Закодировать число 13 кодом Хэмминга (4,7).
- а) 1010101;
  - б) 1110101;
  - в) 1011101.
34. Исправить ошибку в кодовом слове 1010111 (код Хэмминга (4,7)) и найти передаваемое десятичное число.
- а) 15;
  - б) 13;
  - в) 9.
35. 65536 различных символов можно закодировать при помощи кодовой таблицы
- а) КОИ - 8;
  - б) CP1251;
  - в) ISO;
  - г) ASCII;
  - д) Unicode.

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика от «12» марта 2015 г. №228

для набора 2015 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «13» июля 2015 г. №475

для набора 2016 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06»июня 2016 г. №429

для набора 2017 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» марта 2017 г. №125

для набора 2018 года и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «12» марта 2018 г. №130

**Программу составил:**

Сташок О.В. к.т.н, доцент каф. математики и физики \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры математики и физики от «21» ноября 2018 г., протокол № 3

Заведующий кафедрой  
Математики и физики \_\_\_\_\_ О.И.Медведева

СОГЛАСОВАНО:  
Заведующий выпускающей кафедрой МиФ \_\_\_\_\_ О.И.Медведева

Директор библиотеки \_\_\_\_\_ Т.Ф.Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией ЕН факультета

от «20» декабря 2018 г., протокол № 4

Председатель методической комиссии факультета \_\_\_\_\_ М.А. Варданян

СОГЛАСОВАНО:

Начальник  
учебно-методического управления \_\_\_\_\_ Г.П. Нежевец

Регистрационный № \_\_\_\_\_

(методический отдел)