

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Научно-исследовательская часть

В.К. Конопелько, В.А. Липницкий

**Теория норм синдромов
и перестановочное декодирование
помехоустойчивых кодов**

Валере
на добрую память
от автора Валеру
28.02.2009г.
ЛПА

Минск 2000

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1. АЛГОРИТМЫ ДЕКОДИРОВАНИЯ КЛАССИЧЕСКИХ ПОМЕХОУСТОЙЧИВЫХ КОДОВ	12
1.1. Алгебраические методы декодирования помехоустойчивых кодов	12
1.2. Перестановочное декодирование помехоустойчивых кодов	21
2. КЛАССИФИКАЦИЯ ВЕКТОРОВ-ОШИБОК ДВОИЧНЫХ КОДОВ С ПОМОЩЬЮ ГРУППЫ ЦИКЛИЧЕСКИХ СДВИГОВ	35
2.1. Множество ошибок двоичных кодов, их веса и диаметры	35
2.2. Классификация векторов-ошибок посредством группы циклических сдвигов	39
2.3. Структура неполных Γ -орбит	45
2.4. Классификация ошибок весом 1 и 2	49
2.5. Классификация векторов-ошибок весом 3	52
3. СИНДРОМЫ ОШИБОК В ДВОИЧНЫХ ПРИМИТИВНЫХ БЧХ-КОДАХ С МИНИМАЛЬНЫМ РАССТОЯНИЕМ 5	65
3.1. О некоторых гомоморфизмах мультипликативной группы поля Галуа характеристики 2	65
3.2. О полноте множества синдромов ошибок линейных кодов	66
3.3. Специфика синдромов ошибок в двоичных примитивных БЧХ-кодах с минимальным расстоянием 5	68
3.4. Синдромные признаки полных Γ -орбит	70
3.5. Спектры синдромов неполных Γ -орбит	72
3.6. Синдромы векторов-ошибок весом 1, 2	73
4. НОРМЫ СИНДРОМОВ В БЧХ-КОДАХ С МИНИМАЛЬНЫМ РАССТОЯНИЕМ 5, ИХ СВОЙСТВА И ЗНАЧЕНИЕ	76
4.1. Основные определения и результаты	76
4.2. Нормы Γ -орбит	77
4.3. Равномерное распределение синдромов по нормам	81

4.4. Г-орбиты с вырожденными нормами	81
4.5. Распределение синдромов внутри Г-орбит	83
4.6. Основная теорема о нормах синдромов	84
5. МЕТОД НОРМ КОРРЕКЦИИ ОШИБОК И ИГО ВОЗМОЖНОСТИ	86
5.1. Суть метода норм	86
5.2. Алгоритм коррекции ошибок БЧХ-кодом с помощью норм синдромов	87
5.3. Потенциальные возможности метода норм	88
5.4. БЧХ-код минимальной длины	88
5.5. Декодирование БЧХ-кодов на основе метода норм синдромов на вентильных матрицах	90
5.6. Условия совместной коррекции двойных ошибок и пакетов ошибок длиной 3	91
5.7. Условия совместной коррекции двойных ошибок и пакетов ошибок длиной 4	92
6. НОРМЫ СИНДРОМОВ В РЕВЕРСИВНЫХ КОДАХ, ИХ СВОЙСТВА И ЗНАЧЕНИЕ	100
6.1. История вопроса и основные результаты	100
6.2. Необходимые сведения о реверсивных кодах	101
6.3. Спектры синдромов Г-орбит	101
6.4. Синдромы векторов-ошибок весом 1, 2	102
6.5. Нормы синдромов в реверсивных кодах и спектр из значений	103
6.6. Нормы Г-орбит	104
6.7. Декодирование реверсивных кодов норменным методом	107
6.8. Потенциальные корректирующие возможности метода норм для реверсивных кодов	110
6.9. Совместная коррекция двойных и сочетаний ошибок веса три	111
6.10. Коррекция пакетов ошибок длиной 4	119
6.11. Коррекция модулей ошибок длиной 4 совместно с двойными случайными ошибками	120

7. СИНДРОМЫ ОШИБОК В ДВОИЧНЫХ ПРИМИТИВНЫХ БЧХ-КОДАХ С МИНИМАЛЬНЫМ РАССТОЯНИЕМ 7	125
7.1. Необходимые сведения о полях Галуа характеристики 2	125
7.2. Решение некоторых систем уравнений в полях Галуа характеристики 2	126
7.3. Специфика синдромов ошибок в двоичных примитивных БЧХ-кодах с минимальным расстоянием 7	130
7.4. Синдромные признаки полных Γ -орбит	131
7.5. Спектры синдромов неполных Γ -орбит	134
7.6. Синдромы веторов-ошибок весом 1, 2, 3	137
8. НОРМЫ СИНДРОМОВ В ДВОИЧНЫХ ПРИМИТИВНЫХ БЧХ-КОДАХ С МИНИМАЛЬНЫМ РАССТОЯНИЕМ 7	144
8.1. Основные определения	144
8.2. Нормы Γ -орбит	147
8.3. Равномерное распределение синдромов по нормам	148
8.4. Норменные признаки полных Γ -орбит	151
8.5. Основная теорема о нормах синдромов	152
9. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НОРМ КОРРЕКЦИИ ОШИБОК ДЛЯ ПРИМИТИВНЫХ БЧХ-КОДОВ С МИНИМАЛЬНЫМ РАССТОЯНИЕМ 7	155
9.1. Алгоритм декодирования на основе метода норм и его потенциальные возможности	155
9.2. Примитивные БЧХ-коды длиной 15 и 31, корректирую- щие пакеты и тройные ошибки	158
10. ЦИКЛОТОМИЧЕСКИЕ ПОДСТАНОВКИ	165
10.1. Основные свойства циклотомических подстановок	165
10.2. Влияние циклотомических подстановок на синдромы векторов-ошибок	170
10.3. Нормы синдромов циклотомически связанных векторов-ошибок	171

10.4. Коррекция ошибок с применением G-орбит	174
10.5. Метод коррекции трехкратных ошибок на основе сжатия множества норм синдромов	175
11. ТЕОРИЯ НОРМ СИНДРОМОВ ДЛЯ ПРОИЗВОЛЬНЫХ ПРИМИТИВНЫХ БЧХ-КОДОВ	182
11.1. Свойства степенных отображений в полях Галуа характеристики 2	182
11.2. Специфика синдромов в двоичных примитивных БЧХ-кодах	185
11.3. Синдромные признаки полных Г-орбит	188
11.4. Спектры синдромов неполных Г-орбит	191
11.5. Нормы синдромов в произвольных БЧХ-кодах	192
11.6. Основная теорема о нормах синдромов	197
12. ДЕКОДИРОВАНИЕ КОДОВ, КОНТРОЛИРУЮЩИХ ЗАВИСИМЫЕ ОШИБКИ	199
12.1. Коррекция пакетов ошибок удлиненными реверсивными кодами	199
12.1.1. Декодирование лексикографически упорядоченных реверсивных кодов	199
12.1.2. Контроль сплошных пакетов ошибок реверсивными кодами	207
12.2. Декодирование кодов Рида-Соломона норменным методом	213
12.2.1. Взаимосвязь БЧХ-кодов с кодами Рида-Соломона	213
12.2.2. Коррекция модулей ошибок кодами Рида-Соломона с помощью норм синдромов	218
12.3. Перестановочное декодирование данных в формате ASCII	221
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	226
ЛИТЕРАТУРА	227