

В. В. САПОЖНИКОВ
Вл. В. САПОЖНИКОВ
Д. В. ЕФАНОВ

КОДЫ С СУММИРОВАНИЕМ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

В двух томах

Том 1

Классические коды Бергера
и их модификации

МОСКВА НАУКА 2020

УДК 681.518.5:004.052.32
ББК 32.965-04
С19

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор *А.Ю. Матросова*,
доктор технических наук, профессор *С.В. Микони*,
доктор технических наук, профессор *Д.В. Сперанский*

Сапожников В.В., Сапожников Вл.В., Ефанов Д.В.

Коды с суммированием для систем технического диагностирования :
в 2 т. / В.В. Сапожников, Вл.В. Сапожников, Д.В. Ефанов. — М. : Наука, 2020 —
— ISBN 978-5-02-040769-5

Т. 1 : Классические коды Бергера и их модификации. — 2020. — 383 с. —
ISBN 978-5-02-040768-2

Книга посвящена изложению результатов исследований особенностей кодов с суммированием единичных информационных разрядов на случай возникновения ошибок только в информационных векторах при безошибочности контрольных разрядов. Такая задача возникает при синтезе контролепригодных дискретных систем и их диагностического обеспечения. Приведены подробные, ранее не освещенные в литературе характеристики классических и модульных кодов с суммированием, а также семейств модифицированных кодов с суммированием единичных информационных разрядов. Предложены оригинальные способы построения кодов с суммированием, ориентированных на обнаружение ошибок в информационных векторах, а также подробно описаны их характеристики.

Для разработчиков контролепригодных дискретных систем и их диагностического обеспечения, а также систем автоматизированного проектирования логических устройств автоматики и вычислительной техники.

ISBN 978-5-02-040769-5
ISBN 978-5-02-040768-2 (т. 1)

© Сапожников В.В., Сапожников Вл.В.,
Ефанов Д.В., 2020
© ФГУП Издательство «Наука», редак-
ционно-издательское оформление, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Вступительное слово (П.П. Пархоменко).....	3	4.6.5. Модульный код с суммированием со значением $M = 11$...	144
Предисловие.....	5	4.7. Синтез кодеров модульных кодов с суммированием.....	148
Введение.....	7	Глава 5. Модифицированные коды с суммированием единичных разрядов.....	156
Глава 1. Основные методы построения систем с обнаружением неисправностей.....	10	5.1. Принципы модификации кодов с суммированием.....	156
1.1. Принципы построения устройств автоматики и вычислительной техники для управляющих систем.....	10	5.2. Построение модифицированных кодов Бергера.....	157
1.2. Системы с обнаружением неисправностей.....	12	5.3. Характеристики обнаружения ошибок модифицированными кодами Бергера.....	164
1.3. Рабочее диагностирование устройств.....	14	5.4. Расширенные классы модифицированных кодов Бергера.....	185
1.4. Основные коды с обнаружением ошибок.....	18	5.4.1. Модифицированные коды Бергера с неполным множеством разрядов для подсчета веса.....	185
Глава 2. Обнаружение ошибок избыточными двоичными кодами.....	27	5.4.2. Модифицированные коды Бергера с двумя поправочными коэффициентами.....	195
2.1. Влияние неисправностей на выходы устройств автоматики и вычислительной техники.....	27	5.5. Синтез кодеров модифицированных кодов Бергера.....	197
2.2. Ошибки в информационных векторах и их виды.....	28	Глава 6. Модульно модифицированные коды с суммированием.....	200
2.3. Показатели обнаружения ошибок избыточными кодами.....	37	6.1. Принципы построения кодов с фиксированным числом контрольных разрядов.....	200
Глава 3. Классические коды с суммированием.....	40	6.2. Разнообразие модифицированных кодов с суммированием с постоянным числом контрольных разрядов.....	201
3.1. Построение классических кодов с суммированием.....	40	6.3. Модифицированные коды с суммированием с модулями-степенями числа «два».....	203
3.2. Определение числа необнаруживаемых ошибок кодами с суммированием.....	41	6.3.1. Модифицированный код с суммированием по модулю $M = 2$	203
3.3. Свойства обнаружения ошибок классическими кодами с суммированием.....	52	6.3.2. Модифицированный код с суммированием по модулю $M = 4$	213
3.4. Синтез кодеров и тестеров классических кодов с суммированием.....	58	6.3.3. Модифицированный код с суммированием по модулю $M = 8$	223
3.4.1. Тестеры и кодеры кодов с суммированием.....	58	6.4. Модифицированные коды с суммированием с четными значениями модуля.....	230
3.4.2. Синтез кодеров кодов с суммированием.....	62	6.4.1. Модифицированный код с суммированием по модулю $M = 6$	230
Глава 4. Модульные коды с суммированием.....	74	6.4.2. Модифицированный код с суммированием по модулю $M = 10$	231
4.1. Построение модульных кодов с суммированием.....	74	6.5. Модифицированные коды с суммированием с нечетными значениями модуля.....	245
4.2. Общие характеристики кодов с суммированием с произвольными модулями.....	76	6.5.1. Модифицированный код с суммированием по модулю $M = 3$	245
4.4. Коды с суммированием с модулями-степенями числа «два» ..	89	6.5.2. Модифицированный код с суммированием по модулю $M = 5$	254
4.4.1. Модульный код с суммированием со значением $M = 2$	89	6.5.3. Модифицированный код с суммированием по модулю $M = 7$	262
4.4.2. Модульный код с суммированием со значением $M = 4$	94	6.5.4. Модифицированный код с суммированием по модулю $M = 9$	270
4.4.3. Модульный код с суммированием со значением $M = 8$	100	6.6. Анализ свойств модифицированных модульных кодов с суммированием.....	270
4.4.4. Модульный код с суммированием со значением $M = 16$	106	6.6.1. Общие свойства модифицированных модульных кодов с суммированием.....	270
4.5. Коды с суммированием с четными значениями модулей.....	106		
4.5.1. Модульный код с суммированием со значением $M = 6$	106		
4.5.2. Модульный код с суммированием со значением $M = 10$	112		
4.5.3. Модульный код с суммированием со значением $M = 12$	117		
4.6. Коды с суммированием с нечетными значениями модулей.....	122		
4.6.1. Модульный код с суммированием со значением $M = 3$	122		
4.6.2. Модульный код с суммированием со значением $M = 5$	128		
4.6.3. Модульный код с суммированием со значением $M = 7$	132		
4.6.4. Модульный код с суммированием со значением $M = 9$	138		

6.6.2. Модифицированные модульные коды с суммированием с одинаковым числом контрольных разрядов	278
6.7. Синтез кодеров модифицированных кодов с суммированием	282
Глава 7. Двухмодульные коды с суммированием единичных разрядов ...	283
7.1. Обобщенные двухмодульные коды	283
7.2. Двухмодульные коды Бергера и их свойства	289
7.3. Общие подходы к синтезу кодеров для двухмодульных кодов с суммированием	299
Глава 8. Эксперименты с кодами с суммированием	305
8.1. Экспериментальная база	305
8.2. Экспериментальные исследования характеристик обнаружения ошибок кодами с суммированием	307
8.3. Экспериментальные исследования характеристик структурной избыточности систем диагностирования	326
Глава 9. Коды с суммированием единичных разрядов для организации самопроверяемых дискретных устройств.....	333
9.1. Обобщенный алгоритм построения кодов с суммированием	333
9.2. Классы кодов с суммированием	334
9.3. Использование различных классов кодов с суммированием при организации систем с обнаружением неисправностей	338
Заключение.....	358
Условные обозначения	359
Литература.....	365
Предметный указатель.....	377

Научное издание

**Валерий Владимирович Сапожников
Владимир Владимирович Сапожников
Дмитрий Викторович Ефанов**

**Коды с суммированием для систем
технического диагностирования
Том 1. Классические коды Бергера
и их модификации**

Редактор *Е.Ю. Федорова*

Художник *В.Ю. Яковлев*

Корректоры *А.Ю. Обод, С.О. Розанова,
М.Н. Филатова*

Подписано к печати 16.06.2020. Формат 60×90¹/₁₆

Гарнитура Ньютон. Печать офсетная

Усл.печ.л. 24,0. Уч.-изд.л. 23,5

Тип. зак. 506

ФГУП «Издательство «Наука»

117997, Москва, Профсоюзная ул., 90

E-mail: info@naukaran.com

<https://naukapublishers.ru>

<https://naukabooks.ru>

Отпечатано в ФГУП «Издательство «Наука»

(Типография «Наука»)

121099, Москва, Шубинский пер., 6