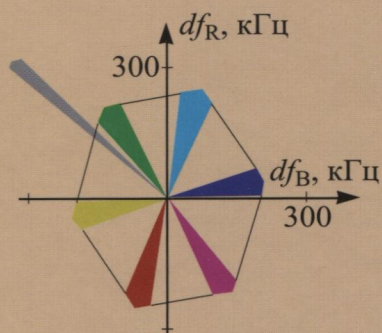
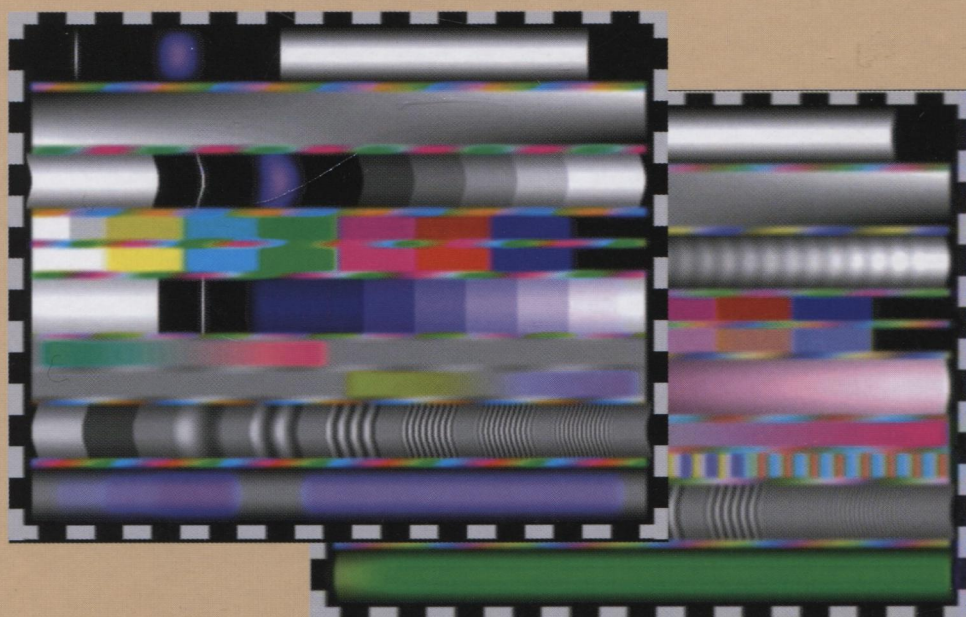
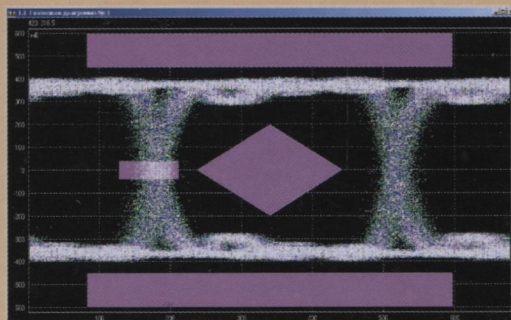
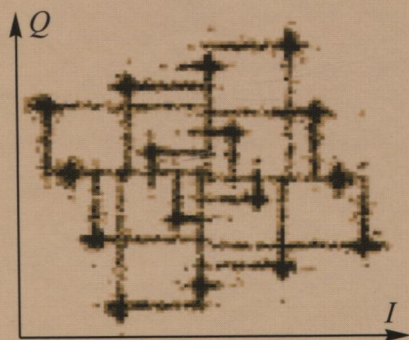


В.П. Дворкович  
А.В. Дворкович



# Метрологическое обеспечение видеоинформационных систем





# **МИР** цифровой обработки

В.П. Дворкович  
А.В. Дворкович

**Метрологическое  
обеспечение  
видеоинформационных  
систем**

ТЕХНОСФЕРА  
Москва  
2015

УДК 004.421, 004.932, 519.722, 621.317, 621.397

ББК 32.811

Д 24

*Рецензент: д.т.н., профессор Исаев Л.К.*

**Д 24 Дворкович В.П., Дворкович А.В.**

**Метрологическое обеспечение видеoinформационных систем**

**М.: ТЕХНОСФЕРА, 2015. – 784с. ISBN 978-5-94836-419-3**

Настоящая книга посвящена теоретическим проблемам и практической реализации метрологического обеспечения современных видеoinформационных систем, включая оценку параметров и качественных показателей оборудования формирования, передачи и приема видеoinформации. Данная монография является продолжением темы, рассмотренной авторами в книге «Цифровые видеoinформационные системы. Теория и практика» (ТЕХНОСФЕРА, 2012 г.). Книга состоит из 13 глав.

Первая глава посвящена основным вопросам метрологического обеспечения и особенностям измерений и контроля в видеoinформационных системах. Во второй главе рассмотрены аналоговые системы формирования и передачи видеoinформации. В третьей главе анализируются параметры систем цифрового вещательного телевидения, используемых в России. В четвертой главе рассмотрены методы синтеза измерительных сигналов для оценки как аналоговых, так и цифровых систем передачи видеoinформации. Пятая глава посвящена вопросам повышения точности обработки измерительных сигналов при оценке параметров видеoinформационных систем. В шестой главе представлены классические и новые оконные функции для гармонического анализа сигналов. В седьмой главе рассмотрены основные интерфейсы, используемые в цифровых видеoinформационных системах. Восьмая глава посвящена вопросам оценки искажений в цифро-аналоговых видеoinформационных системах. В девятой и десятой главах подробно изложены методы измерений в системах цифрового вещания DVB первого и второго поколений соответственно. Одиннадцатая глава рассматривает проблемы психоакустики и методы перцептуальной оценки качества звуковых сигналов. В двенадцатой главе приведено описание параметров и метрологии отечественной системы цифрового наземного мультимедийного вещания РАВИС. Тринадцатая глава предоставляет информацию о практической реализации контроля и измерений в цифровых видеoinформационных системах.

Книга адресована магистрам, инженерам и аспирантам телекоммуникационной отрасли, работающим в области разработки и эксплуатации видеoinформационных систем и сетей.

УДК 004.421, 004.932, 519.722, 621.317, 621.397

ББК 32.811

© 2015, Дворкович В.П., Дворкович А.В.

© 2015, ЗАО «РИЦ «ТЕХНОСФЕРА», оригинал-макет, оформление

ISBN 978-5-94836-419-3

# Содержание

|  |    |
|--|----|
| <b>Введение</b> .....  | 14 |
| <b>Глава 1</b>   |    |
| <b>Основные понятия об измерениях и контроле<br/>в видеоинформационных системах</b> .....                              | 26 |
| 1.1. Метрологическое обеспечение и специфические особенности измерений и контроля в видеоинформационных системах ..... | 26 |
| 1.1.1. Виды искажений измерительных сигналов .....   | 28 |
| 1.1.2. Критерии оценки искажений измерительных сигналов .....  | 30 |
| 1.2. Краткие сведения о погрешностях измерений и контроля .....  | 31 |
| 1.2.1. Закономерности проявления погрешностей .....  | 33 |
| 1.2.2. Оценки точностных характеристик средств измерений .....   | 36 |
| 1.2.3. Использование порядковых статистик в анализе результатов измерений .....  | 44 |
| 1.2.4. Использование цикличности измерения параметров сигналов .....   | 48 |
| Литература к главе 1 .....   | 50 |
| <b>Глава 2</b>   |    |
| <b>Форматы изображений, системы формирования<br/>и передачи аналоговой видеоинформации</b> .....                       | 54 |
| 2.1. Форматы изображений. Объем информации изображений при цифровой дискретизации изображений .....                    | 54 |
| 2.2. Объем информации в стандартных системах аналогового телевизионного вещания .....                                  | 56 |
| 2.2.1. Видеосигналы монохромного телевидения .....   | 56 |
| 2.2.2. Цветное телевидение .....   | 59 |
| 2.2.3. Видеосигналы системы NTSC .....   | 62 |
| 2.2.4. Видеосигналы системы PAL .....  | 66 |
| 2.2.5. Видеосигналы системы SECAM .....  | 69 |
| 2.2.6. Основные параметры полного цветового ТВ-сигнала на радиочастоте .....   | 74 |
| 2.2.7. Уменьшение объема информации при преобразовании составляющих ТВ-сигналов в цифровую форму .....                 | 82 |
| 2.2.8. Качественные показатели телевизионных изображений .....   | 84 |
| Литература к главе 2 .....   | 87 |

**Глава 3****Кодирование видеoinформации и системы цифрового вещательного телевидения**.....

90

|  |     |
|--|-----|
| 3.1. Стандарты кодирования динамических изображений .....  | 90  |
| 3.2. H.264/AVC — улучшенное видеокодирование .....   | 94  |
| 3.3. H.265/HEVC — высокоэффективное видеокодирование .....   | 122 |
| 3.4. Мультиплексирование цифровых потоков в системах цифрового теле-<br>видения .....                  | 135 |
| 3.4.1. Транспортный поток MPEG-2 .....   | 136 |
| 3.4.2. Программный поток MPEG-2 .....  | 143 |
| 3.4.3. Обобщенный инкапсулированный поток (GSE) .....  | 146 |
| 3.5. Стандарты цифрового телевизионного вещания .....  | 150 |
| 3.6. Системы цифрового наземного телевизионного вещания<br>DVB-T/DVB-T2 .....                          | 152 |
| 3.6.1. Система наземного цифрового телевизионного вещания DVB-T .....                                  | 152 |
| 3.6.2. Стандарт усовершенствованной системы наземного цифрового<br>телевизионного вещания DVB-T2 ..... | 163 |
| 3.7. Системы цифрового спутникового телевизионного вещания<br>DVB-S/DVB-S2 .....                       | 201 |
| 3.7.1. Стандарт системы цифрового спутникового телевизионного ве-<br>щания DVB-S .....                 | 202 |
| 3.7.2. Стандарт высокоскоростного цифрового спутникового телевизи-<br>онного вещания DVB-S2 .....      | 205 |
| 3.8. Системы цифрового кабельного телевизионного вещания<br>DVB-C/DVB-C2 .....                         | 213 |
| 3.8.1. Стандарт системы цифрового кабельного телевидения DVB-C... ..                                   | 214 |
| 3.8.2. Стандарт системы высокоскоростного цифрового кабельного те-<br>левидения DVB-C2 .....           | 216 |
| Литература к главе 3 .....   | 226 |

**Глава 4****Синтез измерительных сигналов для оценки аналоговых и цифровых видеoinформационных систем**.....

230

|   |     |
|---|-----|
| 4.1. Стандартные измерительные сигналы для аналоговых систем ТВ-ве-<br>щания .....    | 231 |
| 4.1.1. Элементы измерительных сигналов и их параметры .....                           | 231 |
| 4.1.2. Периодические измерительные сигналы .....                                      | 236 |
| 4.1.3. Сигналы испытательных строк .....  | 236 |
| 4.2. Системные искажения стандартных измерительных сигналов .....                     | 239 |
| 4.2.1. Системные искажения сигналов для измерения импульсных ха-<br>рактеристик ..... | 239 |
| 4.2.2. Системные искажения сигналов для измерения переходных ха-<br>рактеристик ..... | 241 |
| 4.2.3. Системные искажения сигналов для измерения частотных ха-<br>рактеристик .....  | 243 |

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| 4.3.   | Критерии оптимальности измерительных сигналов для оценки каналов аналоговой и цифровой передачи видеoinформации ..... | 245 |
| 4.3.1. | Критерии оптимальности измерительных сигналов для оценки импульсных характеристик .....                               | 246 |
| 4.3.2. | Критерии оптимальности измерительных сигналов для оценки переходных характеристик .....                               | 248 |
| 4.4.   | Синтез оптимальных измерительных сигналов для оценки каналов аналоговых и цифровых видеoinформационных систем .....   | 249 |
| 4.4.1. | Синтез оптимальных сигналов для оценки импульсных характеристик .....   | 249 |
| 4.4.2. | Синтез оптимальных сигналов для оценки переходных характеристик .....   | 253 |
| 4.4.3. | Синтез оптимальных сигналов для оценки частотных характеристик .....  | 255 |
| 4.5.   | Синтез измерительных сигналов, форма которых совпадает с огибающей их спектра .....                                   | 257 |
| 4.5.1. | Сигналы для одновременного измерения импульсных и частотных характеристик .....                                       | 257 |
| 4.5.2. | Искажения сигналов, форма которых совпадает с огибающей их спектра .....  | 260 |
| 4.6.   | Синтез измерительных сигналов для оценки эхо-радиосигналов .....  | 262 |
| 4.6.1. | Использование практически финитных по спектру и времени измерительных сигналов .....                                  | 262 |
| 4.6.2. | Измерительные сигналы для анализа ближних эхо-сигналов .....  | 266 |
| 4.7.   | Искажения измерительных сигналов в системах с частичным подавлением одной боковой полосы .....                        | 269 |
| 4.7.1. | Искажения измерительного импульсного сигнала $B1^*$ .....   | 272 |
| 4.7.2. | Искажения сигналов для измерения переходных характеристик $B2^*$ .....  | 273 |
| 4.7.3. | Искажения сигналов $F$ для измерения $PУ$ и $PВ$ .....  | 276 |
| 4.7.4. | Искажения серий синусоидальных колебаний $C2$ .....   | 278 |
| 4.7.5. | Искажения сигналов $D2$ для оценки дифференциальных характеристик .....   | 279 |
|        | Литература к главе 4 .....  | 280 |

## Глава 5

### Алгоритмы обработки измерительных сигналов при оценке параметров видеoinформационных систем .....

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 5.1.   | Алгоритмы анализа стандартных измерительных сигналов для аналоговых систем ТВ-вещания .....        | 283 |
| 5.2.   | Дискретная и непрерывная оптимальная фильтрация постоянных уровней видеосигналов .....             | 290 |
| 5.2.1. | Условия оптимальной линейной фильтрации помехи .....   | 290 |
| 5.2.2. | Зависимости оптимального уменьшения дисперсии помехи от величины интервала обработки сигнала ..... | 296 |

|   |   |     |
|---|---|-----|
| 5.2.3.  | Реализация специальных сигналов, обеспечивающих повышение точности оценки уровней.....                        | 297 |
| 5.3.  | Цифровая обработка быстроизменяющихся процессов.....  | 300 |
| 5.3.1.  | Активные методы поиска экстремумов.....   | 301 |
| 5.3.2.  | Поиск экстремумов с применением методов стохастической аппроксимации.....                                     | 304 |
| 5.3.3.  | Поиск экстремумов с применением методов цифровой фильтрации.....  | 306 |
| 5.3.4.  | Поиск переходов сигнала через заданный потенциальный уровень.....   | 311 |
| 5.4.  | Использование порядковых статистик и критериев сравнения оценок при обработке результатов измерений.....      | 313 |
| 5.5.  | Алгоритмы обработки измерительных сигналов и результатов измерений.....                                       | 314 |
| 5.5.1.  | Особенности измерения размахов синусоидальных колебаний.....  | 316 |
| 5.5.2.  | Специфика анализа импульсных характеристик.....   | 318 |
| 5.6.  | Алгоритмы оценки параметров помех.....  | 319 |
| 5.6.1.  | Методы одновременной оценки параметров флуктуационных и синусоидальных помех.....                             | 323 |
| 5.6.2.  | Особенности оценки частот синусоидальных помех по дискретным выборкам.....                                    | 325 |
| 5.7.  | Цифровые методы оценки флуктуационных помех в сигналах динамического изображения.....                         | 328 |
| 5.7.1.  | Дискретное преобразование сигнала подвижного изображения.....   | 331 |
| 5.7.2.  | Линейная фильтрация флуктуационной помехи в динамическом изображении.....                                     | 333 |
| 5.7.3.  | Повышение эффективности анализа флуктуационных помех с применением нелинейных методов цифровой обработки..... | 336 |
|   | Литература к главе 5.....   | 338 |
| <br>  |   |     |
| <b>Глава 6</b>  |   |     |
| <b>Анализ спектров сигналов с использованием оконных функций.....</b> |   |     |
| <b>342</b>  |   |     |
| 6.1.  | Основные параметры оконных функций.....   | 345 |
| 6.1.1.  | Эквивалентная шумовая полоса.....   | 345 |
| 6.1.2.  | Усиление преобразования.....  | 346 |
| 6.1.3.  | Корреляция перекрывающихся участков.....  | 347 |
| 6.1.4.  | Паразитная амплитудная модуляция спектра.....   | 348 |
| 6.1.5.  | Максимальные потери преобразования.....   | 349 |
| 6.1.6.  | Просачивание спектральных составляющих.....   | 349 |
| 6.1.7.  | Минимальная разрешаемая полоса.....   | 349 |
| 6.1.8.  | Относительная разность шумовой полосы оконной функции и ее полосы по уровню 3 дБ.....                         | 350 |
| 6.1.9.  | Максимальный уровень боковых лепестков.....   | 350 |
| 6.1.10.   | Скорость спада боковых лепестков.....   | 351 |
| 6.2.  | Классические оконные функции.....   | 351 |
| 6.2.1.  | Прямоугольная и треугольная оконные функции.....  | 352 |

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| 6.2.2. | Оконные функции Хеннинга .....  | 353 |
| 6.2.3. | Оконные функции Хемминга, Блэкмаха, Блэкмана–Херриса .....  | 355 |
| 6.2.4. | Оконные функции Наталла, Блэкмана–Наталла, Бартлетта–Ханна, окно с плоской вершиной.....              | 357 |
| 6.3.   | Оконные функции, сконструированные различными авторами .....  | 359 |
| 6.3.1. | Оконные функции Рисса, Римана, Валле–Пуассена .....   | 360 |
| 6.3.2. | Оконные функции Тьюки.....  | 361 |
| 6.3.3. | Оконные функции Бомана и Пуассона .....   | 363 |
| 6.3.4. | Оконные функции Хеннинга–Пуассона, Коши и Гаусса.....   | 364 |
| 6.3.5. | Оконные функции Кайзера–Бесселя .....   | 366 |
| 6.4.   | Оконные функции Дольфа–Чебышева и Барсилона–Темеша и их модификации.....                              | 368 |
| 6.4.1. | Равноволновые окна Дольфа–Чебышева и их модификации .....   | 368 |
| 6.4.2. | Окна Барсилона–Темеша и их модификации .....  | 379 |
| 6.5.   | Оконные функции Кравченко.....  | 385 |
| 6.6.   | Принципы синтеза высокоэффективных оконных функций.....   | 388 |
| 6.6.1. | Алгоритм минимизации спектральных составляющих оконной функции вне пределов заданного интервала ..... | 389 |
| 6.6.2. | Алгоритм минимизации различий формы и спектра оконной функции .....                                   | 392 |
| 6.6.3. | Алгоритмы максимизации спада уровней боковых лепестков спектра оконной функции.....                   | 398 |
| 6.6.4. | Формирование окон путем перемножения оконных функций или возведения в степень их спектров .....       | 406 |
| 6.7.   | Выбор оконных функций при цифровой обработке сигналов.....  | 409 |
|        | Литература к главе 6 .....  | 411 |

## Глава 7

### Интерфейсы в цифровых видеоинформационных системах. Основные параметры и методы их измерения.....

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| 7.1.   | Синхронный параллельный интерфейс SPI.....  | 413 |
| 7.1.1. | Параллельный интерфейс при цифровом преобразовании компонентного сигнала.....     | 415 |
| 7.1.2. | Параллельный интерфейс при цифровом преобразовании комбинированного сигнала ..... | 417 |
| 7.2.   | Цифровой последовательный интерфейс SDI .....                                     | 419 |
| 7.2.1. | Синхронный последовательный интерфейс.....  | 422 |
| 7.2.2. | Асинхронный последовательный интерфейс .....                                      | 424 |
| 7.3.   | Высокоскоростной цифровой последовательный интерфейс IEEE-1394 .....              | 429 |
| 7.4.   | Основные виды искажений цифровых сигналов. Джиттер .....                          | 433 |
| 7.5.   | Методы анализа и измерения джиттера .....   | 436 |
| 7.5.1. | Глазковая диаграмма.....  | 436 |
| 7.5.2. | U-образная кривая и ее экстраполяция.....   | 439 |
| 7.5.3. | Гистограммы распределения набора значений параметров глазковой диаграммы .....    | 441 |
| 7.5.4. | Измерение частотных характеристик джиттера .....                                  | 442 |



|   |     |
|---|-----|
| 7.5.5. Контур вероятности распределения BER ..... | 443 |
| Литература к главе 7 .....                        | 445 |

## Глава 8

### Измерения искажений сигналов и изображений в цифроаналоговых видеотранспортных системах.....

|  |     |
|--|-----|
| 8.1. Классификация характерных искажений аналого-цифровых систем формирования и передачи сигналов изображения .....              | 449 |
| 8.2. Тестовые видеопоследовательности для анализа искажений при MPEG-подобном кодировании .....                                  | 457 |
| 8.3. Испытательные таблицы для анализа искажений в аналого-цифровых каналах .....  | 463 |
| 8.4. Анализ параметров цифрового транспортного потока MPEG-2.....  | 471 |
| 8.4.1. Семантика полей заголовка транспортного пакета и их анализ...   | 471 |
| 8.4.2. Семантика полей поля адаптации ТП и их анализ.....  | 475 |
| 8.4.3. Перечень параметров анализа транспортного потока MPEG-2 ...   | 477 |
| 8.4.4. Номенклатура анализируемых параметров в сетях передачи транспортного потока MPEG-2.....                                   | 484 |
| 8.5. Визуализация параметров кодирования видеотранспортной информации в соответствии со стандартами H.264/AVC и H.265/HEVC ..... | 484 |
| Литература к главе 8 .....   | 491 |

## Глава 9

### Измерения в цифровых системах DVB первого поколения .....

|  |     |
|--|-----|
| 9.1. Перечень параметров, измеряемых в каналах систем спутникового, кабельного и наземного ТВ-вещания..... | 495 |
| 9.1.1. Общие параметры спутниковых и кабельных сред передачи .....   | 495 |
| 9.1.2. Специфические параметры спутниковых и кабельных сред передачи .....                                 | 496 |
| 9.2. Определение общих параметров для спутниковых и кабельных сред передачи.....                           | 499 |
| 9.2.1. Работоспособность системы .....   | 499 |
| 9.2.2. Наличие локальной связи .....   | 499 |
| 9.2.3. BER до декодера Рида–Соломона .....   | 500 |
| 9.2.4. Запись протокола ошибок.....  | 501 |
| 9.2.5. Точность таймера символов передатчика и величина его джиттера                                       | 502 |
| 9.2.6. Мощность сигнала РЧ/ПЧ .....  | 502 |
| 9.2.7. Мощность шума.....  | 503 |
| 9.2.8. Подсчет битовых ошибок после декодирования Рида–Соломона ..   | 505 |
| 9.2.9. Анализ сигналов $I$ и $Q$ .....   | 505 |
| 9.2.10. Интерференция.....   | 512 |
| 9.3. Определение дополнительных параметров для спутниковых сред передачи.....                              | 513 |
| 9.3.1. BER до декодирования Витерби .....  | 513 |

|                            |  |     |
|----------------------------|--|-----|
| 9.3.2.                     | Получение зависимости BER от отношения $E_b/N_0$ .....                               | 514 |
| 9.3.3.                     | Спектр ПЧ.....   | 515 |
| 9.4.                       | Определение дополнительных параметров для кабельных сред передачи.....               | 516 |
| 9.4.1.                     | Допустимый уровень шума .....  | 516 |
| 9.4.2.                     | Оценка допустимого уровня шума .....   | 517 |
| 9.4.3.                     | Пороговый тест качества сигнала .....  | 517 |
| 9.4.4.                     | Уровень шума, эквивалентный ухудшению .....  | 520 |
| 9.4.5.                     | Зависимость BER от отношения $E_b/N_0$ .....   | 521 |
| 9.4.6.                     | Фазовый шум несущей РЧ.....  | 522 |
| 9.4.7.                     | Амплитудная, фазовая и импульсная характеристики канала....                          | 523 |
| 9.4.8.                     | Излучения вне полосы .....   | 523 |
| 9.5.                       | Определение параметров для наземных сред передачи.....                               | 524 |
| 9.5.1.                     | Точность РЧ.....   | 524 |
| 9.5.2.                     | Избирательность .....  | 524 |
| 9.5.3.                     | Рабочая область АПЧ.....   | 524 |
| 9.5.4.                     | Фазовый шум внутренних генераторов .....   | 525 |
| 9.5.5.                     | Мощность сигнала РЧ/ПЧ .....   | 526 |
| 9.5.6.                     | Мощность шума .....  | 527 |
| 9.5.7.                     | Спектр РЧ и ПЧ.....  | 528 |
| 9.5.8.                     | Диапазон избирательности / динамический диапазон приемника для гауссова канала ..... | 528 |
| 9.5.9.                     | Уровень шума, эквивалентный ухудшению .....  | 529 |
| 9.5.10.                    | Определение параметров линейности (подавление выброса) .....                         | 529 |
| 9.5.11.                    | Эффективная мощность .....   | 530 |
| 9.5.12.                    | Когерентная интерференционная помеха .....   | 530 |
| 9.5.13.                    | Зависимость BER от отношения $C/N$ при изменении мощности передатчика.....           | 531 |
| 9.5.14.                    | Зависимость BER от отношения $C/N$ при изменении мощности гауссова шума.....         | 531 |
| 9.5.15.                    | BER до (внутреннего) декодера Витерби .....  | 532 |
| 9.5.16.                    | BER до (внешнего) декодера Рида-Соломона.....  | 532 |
| 9.5.17.                    | BER после (внешнего) декодера Рида-Соломона.....                                     | 533 |
| 9.5.18.                    | Анализ сигналов $I$ и $Q$ .....  | 533 |
| 9.5.19.                    | Общая задержка сигнала.....  | 534 |
| Литература к главе 9 ..... |  | 535 |

## Глава 10

### Измерения в цифровых системах DVB второго поколения .....

537

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 10.1.   | Перечень параметров информационных пакетов T2-MI, измеряемых в каналах системы наземного ТВ-вещания второго поколения ..... | 537 |
| 10.1.1. | Контроль синтаксиса пакетов T2-MI .....   | 539 |
| 10.1.2. | Проверка пакетов информации модулятора T2-MI .....  | 541 |
| 10.1.3. | Проверка связности сигнальной информации T2-MI.....   | 542 |
| 10.1.4. | Измерения на транспортном уровне T2-MI .....  | 542 |

|   |     |
|---|-----|
| 10.2. Перечень параметров, измеряемых в каналах системы наземного ТВ-вещания второго поколения .....              | 546 |
| 10.2.1. Измерения в радиочастотном диапазоне .....  | 549 |
| 10.2.2. Избирательность .....   | 549 |
| 10.2.3. Рабочая область АПЧ .....   | 550 |
| 10.2.4. Фазовый шум внутренних генераторов .....  | 550 |
| 10.2.5. Мощность сигнала РЧ/ПЧ .....  | 550 |
| 10.2.6. Отношение мощностей в режиме MISO .....   | 551 |
| 10.2.7. Мощность шума .....   | 551 |
| 10.2.8. Спектр РЧ и ПЧ .....  | 551 |
| 10.2.9. Избирательность приемника / динамический диапазон гауссова канала .....                                   | 551 |
| 10.2.10. Определение параметров линейности — подавление вне полосы .....  | 552 |
| 10.2.11. Эффективная мощность .....   | 552 |
| 10.2.12. Эффективность PAPR .....   | 552 |
| 10.2.13. Коэффициент ошибок символа P1 .....  | 553 |
| 10.2.14. BER перед (внутренним) декодером LDPC-кода .....   | 553 |
| 10.2.15. Количество итераций LDPC-кода .....  | 554 |
| 10.2.16. BER перед (внешним) декодером BCH-кода .....   | 554 |
| 10.2.17. Коэффициент ошибок в ВВ-кадрах .....   | 554 |
| 10.2.18. Доля секундных интервалов, содержащих ошибки .....   | 554 |
| 10.2.19. Анализ сигналов $I$ и $Q$ .....  | 555 |
| 10.2.20. Синхронизация одночастотной сети .....   | 558 |
| 10.2.21. Ошибка сигнализации L1 .....   | 559 |
| 10.2.22. Среднеквадратичный разброс случайных задержек .....  | 559 |
| 10.2.23. Максимальная избыточная задержка .....   | 559 |
| 10.2.24. Тест проверки соответствия модели буфера приемника .....   | 560 |
| 10.2.25. Относительный уровень мощности на протяжении фрагмента FEF, не относящегося к символу P1 .....           | 560 |
| 10.3. Перечень параметров, измеряемых в каналах системы кабельного телевизионного вещания второго поколения ..... | 560 |
| 10.3.1. Измерения в радиочастотном диапазоне .....  | 562 |
| 10.3.2. Рабочая область АПЧ .....   | 563 |
| 10.3.3. Фазовый шум внутренних генераторов .....  | 563 |
| 10.3.4. Мощность сигнала РЧ/ПЧ .....  | 564 |
| 10.3.5. Мощность шума .....   | 564 |
| 10.3.6. Спектр РЧ и ПЧ .....  | 564 |
| 10.3.7. Чувствительность приемника / динамический диапазон для гауссова канала .....                              | 564 |
| 10.3.8. Характеристика линейности / подавление выброса .....  | 565 |
| 10.3.9. BER перед (внутренним) декодером LDPC .....   | 565 |
| 10.3.10. Количество итераций декодера LDPC .....  | 565 |
| 10.3.11. BER перед (внешним) декодером BCH .....  | 566 |
| 10.3.12. Коэффициент ошибок в кадрах .....  | 566 |
| 10.3.13. Анализ сигналов $I$ и $Q$ .....  | 566 |
| 10.3.14. Ошибка сигнализации L1 .....   | 567 |
| 10.3.15. Тест проверки соответствия модели буфера приемника .....   | 568 |

|  |     |
|--|-----|
| 10.4. Перечень параметров, измеряемых в каналах системы спутникового телевизионного вещания второго поколения..... | 568 |
| Литература к главе 10 .....  | 569 |

## Глава 11

|   |            |
|---|------------|
| <b>Методы оценки качества кодирования звуковой информации .....</b> | <b>571</b> |
|---|------------|

|  |     |
|--|-----|
| 11.1. Основные проблемы психоакустики.....                                 | 573 |
| 11.1.1. Абсолютный порог слышимости .....                                  | 573 |
| 11.1.2. Критические полосы .....   | 574 |
| 11.1.3. Частотное (одновременное) маскирование.....                        | 576 |
| 11.1.4. Временное (неодновременное) маскирование .....                     | 577 |
| 11.1.5. Кривые равной громкости, фоны, соны .....                          | 578 |
| 11.2. Перцептивная оценка качества звука PEAQ.....                         | 580 |
| 11.2.1. Психоакустическая модель FFT based.....                            | 583 |
| 11.2.2. Психоакустическая модель Filter Bank based.....                    | 589 |
| 11.2.3. Предварительная обработка энергий возбуждения .....                | 595 |
| 11.2.4. Вычисление параметров MOV.....                                     | 601 |
| 11.2.5. Громкость искажений .....  | 603 |
| 11.2.6. Ширина полосы .....  | 606 |
| 11.2.7. Отношение шум/маска.....   | 607 |
| 11.2.8. Вероятность обнаружения .....                                      | 608 |
| 11.2.9. Структура ошибочных гармоник .....                                 | 611 |
| 11.3. Когнитивная модель .....   | 612 |
| 11.4. Проблемы совершенствования систем оценки качества кодеров звука..... | 615 |
| 11.4.1. Психоакустическая модель .....                                     | 615 |
| 11.4.2. Когнитивная модель .....   | 616 |
| 11.4.3. Мультиканальные метрики .....                                      | 619 |
| 11.5. Выравнивание по времени исходного и тестируемого сигналов .....      | 620 |
| 11.5.1. Методы выделения постоянной задержки в линейных системах .....     | 621 |
| 11.5.2. Методы выделения переменной задержки .....                         | 624 |
| 11.5.3. Новый метод выделения постоянной задержки .....                    | 625 |
| 11.5.4. Принципы экспериментальных исследований.....                       | 629 |
| Литература к главе 11 .....  | 632 |

## Глава 12

|  |            |
|--|------------|
| <b>Система РАВИС и ее метрологическое обеспечение.....</b> | <b>636</b> |
|--|------------|

|   |     |
|---|-----|
| 12.1. Основные требования к разработке системы.....                             | 636 |
| 12.2. Компоненты аудиовизуальной информационной системы .....                   | 639 |
| 12.2.1. Кодер источника .....   | 639 |
| 12.2.2. Передатчик .....  | 642 |
| 12.2.3. Приемник.....   | 656 |
| 12.3. Эффективность аудиовизуальной информационной системы РАВИС .....          | 659 |
| 12.4. Результаты натурных испытаний и разработки аппаратуры системы РАВИС ..... | 665 |

|   |     |
|---|-----|
| 12.5. Метрологическое обеспечение системы РАВИС .....   | 669 |
| 12.5.1. Технические требования к основным параметрам системы РАВИС .....                                      | 672 |
| 12.5.2. Условия и оборудование для измерений и испытаний передающей и приемной аппаратуры системы РАВИС ..... | 673 |
| 12.5.3. Измерения основных параметров системы РАВИС .....   | 674 |
| 12.5.4. Примеры измерений параметров системы РАВИС в радиочастотном диапазоне .....                           | 698 |
| Литература к главе 12 .....   | 707 |

## Глава 13

### Практическая реализация аппаратуры измерения характеристик и параметров аналоговых и цифровых видеоинформационных систем .....

|   |     |
|---|-----|
| 13.1. Обзор современных средств измерений для решения задач метрологии формирования, передачи и воспроизведения изображений ..... | 712 |
| 13.1.1. Формирователи видеоинформационных ИС и ИТ .....   | 712 |
| 13.1.2. Измерители искажений ТВИС и ЦИС .....   | 713 |
| 13.1.3. Средства оценки качества изображений .....  | 714 |
| 13.1.4. Средства анализа ошибок в цифровых ТП .....   | 715 |
| 13.1.5. Средства контроля процесса воспроизведения видеоданных .....  | 716 |
| 13.2. Комплексы измерительные телевизионные КИ-ТВМ и КИ-ТВМ-Э .....   | 717 |
| 13.2.1. Формирование измерительных сигналов и измерение параметров аналогового и аналого-цифрового телевидения .....              | 718 |
| 13.2.2. Измерение параметров радиосигналов аналоговых и цифровых систем .....   | 724 |
| 13.2.3. Анализ параметров транспортного потока сигналов цифрового телевидения .....   | 728 |
| 13.2.4. Формирование измерительных сигналов и анализ параметров сигналов звукового сопровождения .....                            | 733 |
| 13.3. Комплекс измерительный цифрового телевидения КИ-ЦВТ .....   | 738 |
| 13.3.1. Генератор сигналов SDI .....  | 738 |
| 13.3.2. Анализатор сигналов SDI .....   | 740 |
| 13.3.3. Генератор сигналов ASI .....  | 741 |
| 13.3.4. Анализатор сигналов ASI .....   | 742 |
| 13.3.5. Анализатор формы сигналов SDI .....   | 743 |
| 13.4. Комплекс измерительный аудиовизуальной информационной системы КИ-ТВМ-РАВИС .....  | 746 |
| 13.5. Методы калибровки и поверки измерительных приборов .....  | 749 |
| 13.5.1. Комплекс измерительный телевизионный КИ-ТВМ-Э .....   | 749 |
| 13.5.2. Комплекс измерительный телевизионный КИ-ТВМ .....   | 757 |
| 13.5.3. Комплекс измерительный телевизионный КИ-ЦВТ .....   | 757 |
| 13.5.4. Комплекс измерительный телевизионный КИ-ТВМ-РАВИС .....   | 760 |
| Литература к главе 13 .....   | 762 |