ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 52593— 2006

СИСТЕМА КАБЕЛЬНОГО ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ

Методы канального кодирования, мультиплексирования и модуляции

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2020

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт радио» (ФГУП НИИР)

2 ВНЕСЕН Министерством информационных технологий и связи Российской Федерации

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2006 г. № 263-ст

4 Настоящий стандарт разработан с учетом основных нормативных положений Рекомендаций Международного союза электросвязи (МСЭ-Т): J.110 (04.97), J.83 (1997) и Европейского Института по стандартизации в области телекоммуникаций (ETSI): EN 300429 (1998)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Май 2020 г.

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2007, 2020

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Обозначения и сокращения 2
5 Система кабельного цифрового телевизионного вещания 3
5.1 Определение системы 3
5.2 Структурная схема 4
6 Кодирование для защиты от ошибок 6
6.1 Адаптация транспортного потока к каналу передачи и его рандомизация 6
6.2 Внешнее кодирование 7
6.3 Сверточное перемежение и цикловая синхронизация 8
7 Формирование спектра и модуляция 8
7.1 Отображение байтов в символы 8
7.2 Дифференциальное кодирование 9
7.3 Квадратурные диаграммы сигналов и формирование спектра 10
Приложение А (обязательное) Амплитудно-частотная характеристика фильтра основной полосы . . 13
Библиография 14

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СИСТЕМА КАБЕЛЬНОГО ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ

Методы канального кодирования, мультиплексирования и модуляции

Digital video cable broadcasting system. Methods of channel coding, framing structure and modulation

Дата введения — 2007—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на цифровые многопрограммные распределительные системы кабельного телевидения, предназначенные для передачи абонентам сигналов вещательных телевизионных программ и других независимых данных, и устанавливает:

- основные принципы построения многопрограммной системы кабельного цифрового телевизионного вещания;

- структуру цикловой синхронизации, методы канального кодирования, мультиплексирования и модуляции для системы кабельного цифрового телевизионного вещания.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 17657 Передача данных. Термины и определения

ГОСТ 21879 Телевидение вещательное. Термины и определения

ГОСТ 22670 Сеть связи цифровая интегральная. Термины и определения

ГОСТ 24402 Телеобработка данных и вычислительные сети. Термины и определения

ГОСТ Р 52023 Сети распределительные систем кабельного телевидения. Основные параметры. Технические требования. Методы измерений и испытаний

ГОСТ Р 52210 Телевидение вещательное цифровое. Термины и определения

ГОСТ Р 52592 Тракт передачи сигналов цифрового вещательного телевидения. Звенья тракта и измерительные сигналы. Общие требования

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 17657, ГОСТ 21879, ГОСТ 22670, ГОСТ 24402, ГОСТ Р 52023, ГОСТ Р 52210, а также следующие термины с соответствующими определениями в соответствии с [1] и [2]:

3.1 **генератор псевдослучайной последовательности двоичных чисел** (pseudo random binary sequence generator): Оборудование, которое при вводе инициализирующего слова данных генерирует определенную псевдослучайную двоичную последовательность.

3.2 **деперемежение** (deinterleaving): Метод перестановки символов в принимаемой последовательности с целью восстановления исходной структуры цифрового сигнала, подвергнутого перемежению (операция, обратная перемежению).

3.3 **корректирующий код** (error-correcting code): Код, позволяющий исправлять ошибки.

3.4 **кортежи** (m-tuple): Короткие последовательности битов, равные значности модулирующего кода.

3.5 **неравномерность АЧХ** (in-band ripple): Разность между максимальным и минимальным вносимым затуханием в рабочей полосе пропускания формирующего фильтра.

3.6 **перемежение** (interleaving): Метод перестановки символов в передаваемой последовательности для изменения распределения ошибок при обработке сигнала на приеме.

3.7 **псевдослучайная двоичная последовательность** (pseudo random binary sequence): Определенная последовательность двоичных чисел, корреляционные свойства которой близки к корреляционным свойствам ограниченного по уровню шума.

3.8 **радиоканал системы кабельного распределения** (radio channel of cable distribution system): Полоса частот, отводимая для передачи радиосигнала транспортного потока цифрового вещательного телевидения по кабельной сети.

3.9 **радиосигнал системы кабельного распределения** (cable distribution system radio-frequency signal): Сигнал несущей, модулированный цифровым сигналом транспортного потока цифрового вещательного телевидения.

3.10 **самый старший** (двоичный) разряд (most significant bit): Бит кодового слова, который имеет наибольший двоичный вес (наибольшее значение двоичного номера в кодовом слове, в настоящем стандарте — это самый левый разряд двоичного номера).

3.11 **сверточное перемежение** (convolutional interleaving): Способ перемежения, при котором данные считываются в двухмерную матрицу и каждый ряд матрицы задерживается по времени в соответствии с его позицией в матрице. При считывании блоков данных из матрицы происходит изменение их порядка.

3.12 **система кабельного телевидения** (cable television system): Система кабельного распределения, обслуживающая абонентов большого района или города и обеспечивающая прием радиосигналов телевизионного и звукового вещания, поступающих от центральной головной станции по кабельной сети.

4 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

α — коэффициент скругления спектра;

λ — примитивный элемент поля Галуа, являющийся корнем порождающего многочлена кода Рида-Соломона;

A_k, B_k — старшие разряды кортежа;

ASI (Asynchronous Serial Interface) — асинхронный последовательный интерфейс;

b0, ..., b7 — биты в кодируемых последовательностях;

b_0, ..., b_7 — биты в последовательностях кортежей;

DVB (Digital Video Broadcasting) — цифровое телевизионное вещание;

DVB-C (Digital Video Broadcasting by Cable) — кабельная система цифрового ТВ вещания;

f — текущая частота модулирующего сигнала в основной полосе;

f_N (Nyquist frequency) — частота Найквиста;

$g(x)$ — порождающий многочлен кода Рида-Соломона;

$G(X)$ — порождающий многочлен рандомизатора;

$H(f)$ — амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) формирующего фильтра в основной полосе;

$_{HEX}$ (hexadecimal) — индекс шестнадцатеричной системы счисления;

I, *Q* — квадратурные сигналы;

$I_д$ — глубина перемежения;

j — текущий индекс;

k — число информационных символов в блоке кода Рида-Соломона;

LSB (Least Significant Bit) — самый младший (двоичный) разряд;

m — число битов в символе при модуляции M-QAM;

M — число точек сигнального созвездия модуляции M-QAM (значащих позиций);

MPEG-2 (Moving Picture Experts Group) — обобщенное название группы стандартов ИСО/МЭК 13818 в области кодирования, обработки и транспортирования сигналов изображения и звука;

MSB (Most Significant Bit) — наибольший значащий бит, то есть самый старший (двоичный) разряд;

n — длина блока кода Рида-Соломона;

n_p — номер транспортного пакета в группе из восьми пакетов;

q — длина последовательности из младших битов кортежа;

r_m — неравномерность АЧХ на частоте Найквиста и в полосе прозрачности формирующего фильтра;

RS(*n*, *k*, *t* = 8) — полином кода Рида-Соломона при заданных значениях *n* и *k*;

SPI (Synchronous Parallel Interface) — синхронный параллельный интерфейс;

STB (Set-Top Box) — цифровая абонентская приставка;

t — число ошибок, исправляемых кодом Рида-Соломона;

V — байты в кодируемых последовательностях;

X — формальная переменная порождающего многочлена, используемая для указания положения разрядов скремблера, охваченных логической обратной связью;

x — формальная переменная порождающего многочлена, используемая для указания положения элементов поля Галуа в последовательности данных, кодируемых кодом Рида-Соломона;

Z — обозначения кортежей в кодируемых последовательностях;

АЧХ (AFC) — амплитудно-частотная характеристика;

QAM (Quadrature Amplitude Modulation) — квадратурная амплитудная модуляция;

M-QAM (Quadrature Amplitude Modulation) — квадратурная амплитудная модуляция с числом значащих позиций, равным *M*;

НЗБ (MSB) — наибольший значащий бит;

ПСП (PRBS) — псевдослучайная (двоичная) последовательность,

ПЧ (IF) — промежуточная частота;

РЧ (RF) — радиочастота;

ТВ — телевизионный;

ТП (TS) — транспортный поток.

5 Система кабельного цифрового телевизионного вещания

5.1 Определение системы

Система кабельного цифрового телевизионного вещания — это совокупность технических характеристик, параметров и соответствующих им функциональных блоков оборудования, определяющих способы мультиплексирования, помехоустойчивого кодирования и модуляции, применяемых для согласования (адаптации) транспортных потоков данных MPEG-2 с каналами кабельной распределительной сети [3].

Эта система может сопрягаться с другими цифровыми системами наземного и спутникового многопрограммного телевидения и использоваться для распределения программ абонентам. Система основана на квадратурной амплитудной модуляции (QAM) с 16, 32, 64, 128- или 256-значащими позициями [3], [4].

Настоящий стандарт определяет способ преобразования цифровых сигналов данных MPEG-2 основной полосы частот, поступающих с выхода транспортного мультиплексора MPEG-2, в модулированный сигнал, пригодный для передачи по каналам кабельной распределительной сети, а также способ обратного преобразования сигналов на приемной стороне.

5.2 Структурная схема

5.2.1 Структурная схема системы кабельного цифрового телевизионного вещания, включающая оборудование головной станции, линейной сети и абонентского приемника-декодера, показана на рисунке 1.

5.2.2 В передающем оборудовании головной станции цифровой кабельной системы для согласования транспортного потока с каналом в линейной сети должны выполняться следующие преобразования:

- сопряжение в основной полосе;
- инвертирование синхроимпульса цикла и рандомизация данных;
- кодирование с помощью кода Рида-Соломона;
- сверточное перемежение;
- преобразование байтов в *m*-разрядные кортежи;
- дифференциальное кодирование;
- формирование спектра в основной полосе частот с помощью формирующего фильтра;
- квадратурная амплитудная модуляция.

5.2.3 Система кабельного цифрового телевизионного вещания должна быть разграничена следующими интерфейсами, приведенными в таблице 1.

Таблица 1

Местоположение	Интерфейс	Тип сигнала в точке интерфейса	Соединение
Головная станция	Вход	Мультиплексированный транспортный поток MPEG-2 и такты (по ГОСТ Р 52592)	От мультиплексора MPEG-2
	Выход	ПЧ	К РЧ устройствам
Приемник-декодер	Выход	Мультиплексированный транспортный поток MPEG-2 и такты (по ГОСТ Р 52592)	К демультиплексору MPEG-2
	Вход	Подлежит определению	От РЧ устройств (абонентские устройства)

5.2.4 Входными сигналами на головной станции являются транспортные пакеты MPEG-2 и такты, получаемые через интерфейс типа SPI или ASI в основной полосе от спутниковой линии, технологических линий, локальных программных источников и т. п.

5.2.5 Тактовая частота из интерфейса и внешний сигнал выбора кодовой скорости используются для генерации всех необходимых тактовых и несущей частот. Подачу тактовых сигналов и синхронизацию на передаче следует проводить с использованием соответствующих управляемых генераторов.

5.2.6 В устройстве формирования синхроимпульса цикла и рандомизации осуществляется инвертирование байта синхронизации каждого восьмого транспортного пакета, а также проводится 15-разрядное скремблирование транспортного потока.

5.2.7 Рандомизированные пакеты данных кодируются во внешнем RS-кодере, подвергаются внешнему сверточному перемежению и поступают на преобразователь данных в *m*-разрядные кортежи. Защиту от пакетированных ошибок проводят за счет перемежения символов на выходе кодера Рида-Соломона.

5.2.8 В системе кабельного цифрового телевизионного вещания применяется квадратурная амплитудная модуляция с числом значащих позиций *M* от 16 до 256. Вариант с $M = 64$ является обязательным.

5.2.9 Преобразователь байтов в кортежи осуществляет формирование битовых структур, удовлетворяющих условию последующего получения символов квадратурной амплитудной модуляции QAM. С целью получения сигнального созвездия, не зависящего от вращения несущей, к двум старшим разрядам каждого символа QAM следует применять дифференциальное кодирование.

5.2.10 Для формирования спектра сигналов в квадратурных каналах *I* и *Q* осуществляется согласованная фильтрация по Найквисту. Сигналами *I* и *Q* модулируются квадратурные несущие, затем сигнал QAM переносится по спектру в полосу рабочего кабельного канала, для сопряжения с которым служит физический интерфейс.

5.2.11 На приеме в соответствующем порядке выполняются обратные операции по демодуляции и декодированию сигнала в цифровом приемнике-декодере (цифровой приставке).

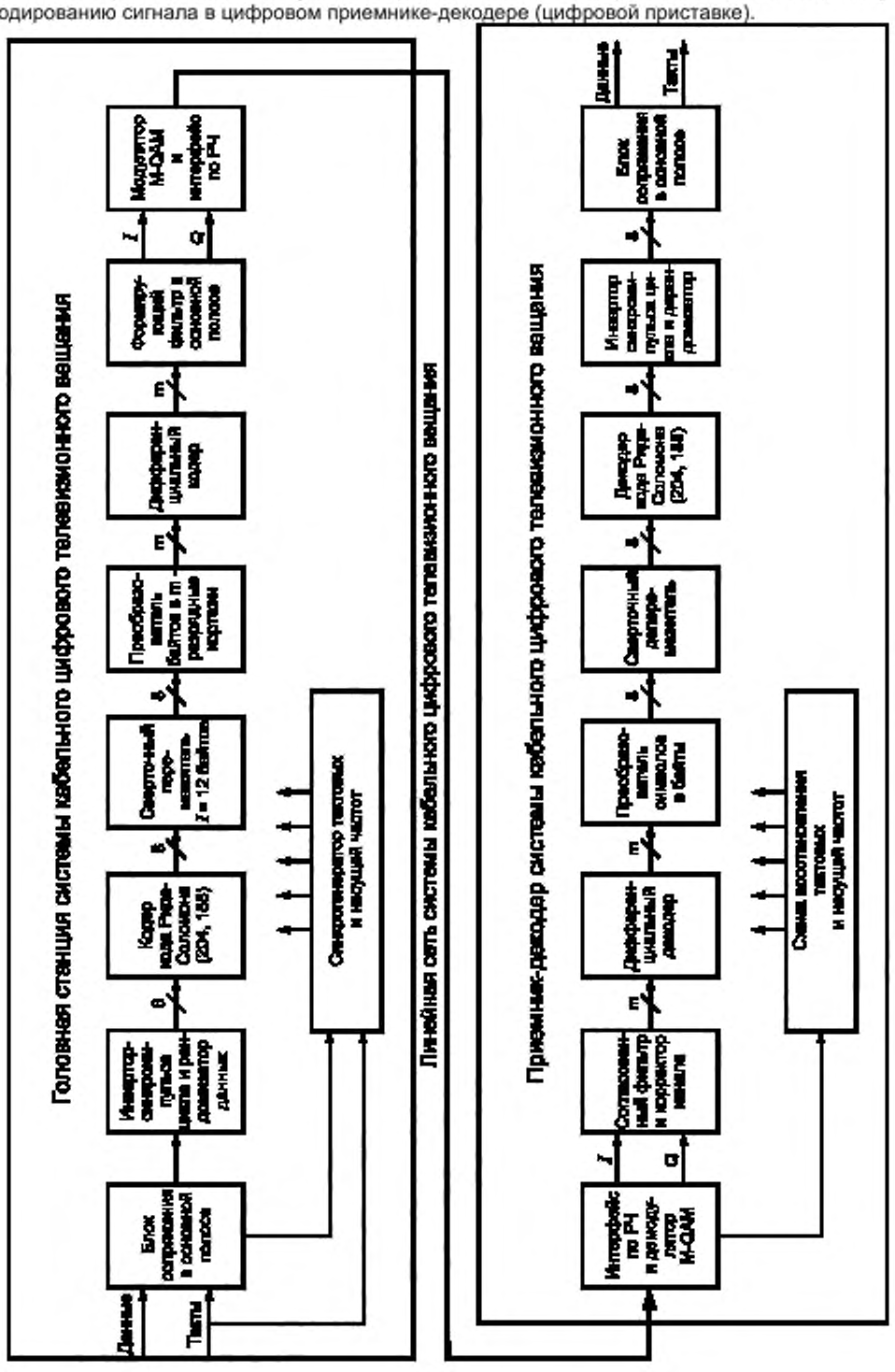


Рисунок 1

6 Кодирование для защиты от ошибок

6.1 Адаптация транспортного потока к каналу передачи и его рандомизация

6.1.1 Входящий поток битов данных должен быть организован в виде транспортных пакетов фиксированной длины по 188 байт. Каждый транспортный пакет должен содержать 1 байт слова синхронизации (его значение — 01000111, или 47_{HEX}) и 187 байт мультиплексированных данных [3].

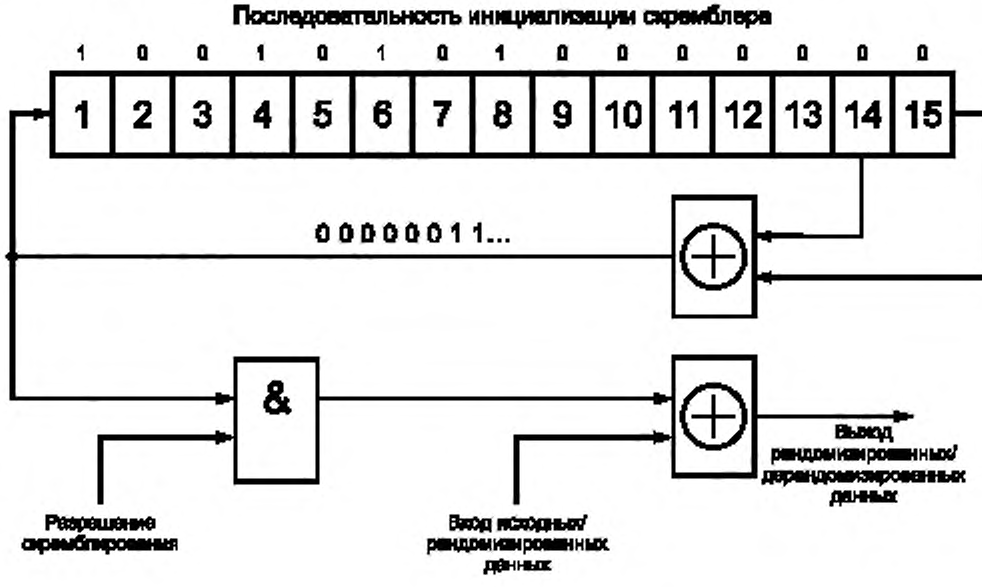
6.1.2 Байты данных должны следовать старшим разрядом вперед. Процесс обработки данных на передающей стороне начинается со старшего разряда байта синхронизации, то есть с бита со значением «0».

6.1.3 Дисперсия (рассеивание) энергии и близкая к случайной статистика переходов между битами потока данных должны обеспечиваться путем рандомизации входного системного потока MPEG-2. Для рандомизации должен использоваться аддитивный 15-разрядный скремблер, структурная схема которого показана на рисунке 2. Для осуществления обратной функции дескремблирования в приемнике должно использоваться аналогичное устройство.

6.1.4 Генератор двоичной псевдослучайной последовательности (ПСП) рандомизатора должен иметь порождающий многочлен вида:

$$G(X) = 1 + X^{14} + X^{15}. \quad (1)$$

6.1.5 Работа генератора ПСП должна инициализироваться в начале каждого восьмого транспортного пакета путем загрузки в регистр скремблера фиксированной последовательности «100101010000000». Чтобы обеспечить выделение сигнала инициализации в дескремблере, значение байта синхронизации в первом (n_p = 1) транспортном пакете в группе из восьми транспортных пакетов (n_p = 1, ..., 8) должно быть инвертировано, то есть преобразовано из 47_{HEX} в $B8_{HEX}$.



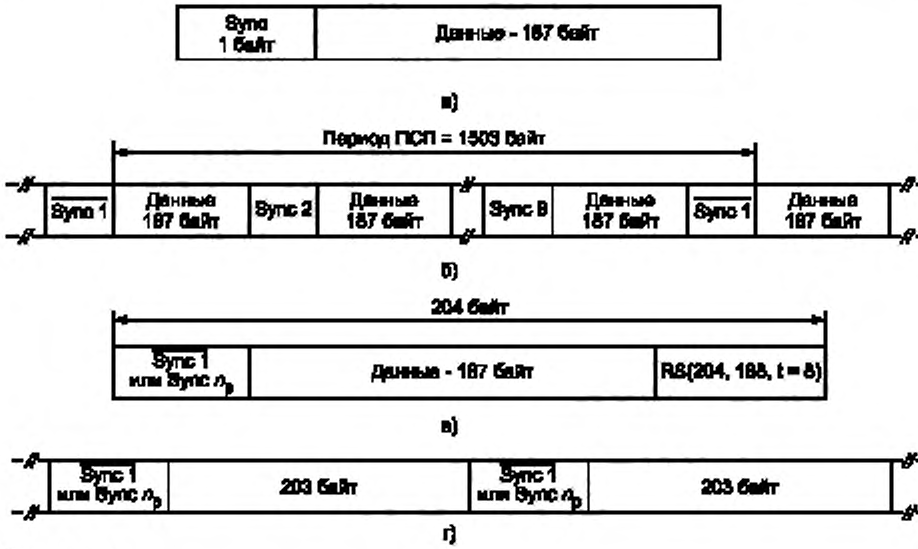
Вход данных (сначала MSB):	1	0	1	1	1	0	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x	.	.	.	.
Двоичная ПСП:									0	0	0	0	0	0	1	1	.	.	.	.

Рисунок 2

6.1.6 Байты синхронизации не должны скремблироваться. Поэтому первый бит с выхода генератора ПСП должен соответствовать во времени первому, то есть старшему (MSB) биту первого байта,

следующего за инвертированным синхробайтом ($B8_{HEX}$). Для поддержки процесса синхронизации во время передачи синхробайтов последующих семи пакетов генератор ПСП должен продолжать работать, но его выход должен быть блокирован, оставляя эти байты нерандомизированными. Таким образом, период ПСП составляет 1503 байта. Структура исходного и рандомизированных транспортных пакетов в последовательности цикла показана на рисунках 3а), 3б) соответственно.

6.1.7 Процесс рандомизации должен быть активен и тогда, когда входной поток отсутствует, или когда он не соответствует формату транспортного потока MPEG-2 (1 синхробайт + 187 байт пакета). Это необходимо для предотвращения появления немодулированной несущей на выходе передатчика.



Обозначения:

Sync — нескремблированный синхроимпульс (1 байт);

$\overline{\text{Sync 1}}$ — нескремблированный инвертированный синхроимпульс (1 байт), $n_p = 1$;

Sync n — нескремблированный синхроимпульс (1 байт), $n_p = 2, 3, \ldots, 8$.

Рисунок 3

6.2 Внешнее кодирование

6.2.1 Для внешнего кодирования должен использоваться укороченный код Рида-Соломона RS(204,188, t = 8), полученный из первоначального систематического кода Рида-Соломона RS(255, 239, t = 8). Укорочение кода должно обеспечиваться добавлением 51 байта (все со значением «0») перед информационными байтами на входе кодера RS(255, 239, t = 8). После кодирования все эти нулевые байты должны быть исключены.

6.2.2 Внешнее кодирование должно быть применено к каждому входящему рандомизированному транспортному пакету [см. рисунок 3б)] с получением в результате пакета с введенными байтами защиты от ошибок, как показано на рисунке 3в).

6.2.3 Кодирование Рида-Соломона необходимо применять ко всему транспортному пакету, включая байт синхронизации как неинвертированный (значение 47_{HEX}), так и инвертированный (значение $B8_{HEX}$).

6.2.4 Для задания кода Рида-Соломона должны использоваться порождающий многочлен

$$g(x) = (x + \lambda^0)(x + \lambda^1)(x + \lambda^2) \ldots (x + \alpha^{15}) \quad (2)$$

и порождающий многочлен конечного поля Галуа

$$p(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1, \quad (3)$$

где $\lambda = 02_{HEX}$ — примитивный элемент поля Галуа, являющийся корнем порождающего многочлена;

x — формальная переменная, используемая для указания положения элементов поля в последовательности кодируемых данных.

6.3 Сверточное перемежение и цикловая синхронизация

6.3.1 Операцию внешнего перемежения следует проводить после внешнего кодирования в сверточном побайтовом перемежителе структуры Форни с глубиной перемежения $I_d = 12$. Структурная схема внешнего перемежения показана на рисунке 4.

Перемежитель должен быть составлен из $I_d = 12$ ветвей, циклически подключаемых коммутатором в цепь прохождения входного потока байтов. Каждая из ветвей образована регистрами сдвига типа FIFO с глубиной $(M \times j)$ ячеек, где $M = 17 = N/I_d$, $N = 204$ — длина кадра с защитой от ошибок, $I_d = 12$ — глубина перемежения, j — индекс ветви. Ячейки регистра сдвига имеют емкость в 1 байт, а входные и выходные переключатели синхронизированы. Задержки в ветвях деперемежителя выбраны так, чтобы во всех положениях 12-позиционного коммутатора суммарная задержка перемежителя/деперемежителя была равна 17×11 байт.

6.3.2 Результатом перемежения должны быть сформированные перемеженные кадры, структура которых показана на рисунке 3г).

Перемеженные кадры составлены из байтов перекрывающихся пакетов с байтами защиты от ошибок, и для их разграничения используются инвертированные или неинвертированные синхронизирующие байты пакетов MPEG-2 (это сохраняет периодичность в 204 байта). Практически байты синхронизации пакетов не перемежаются, они должны всегда проходить через перемежитель по ветви с нулевой задержкой, как показано на структурной схеме, приведенной на рисунке 4.

6.3.3 Для деперемежения данных в приемнике должна использоваться схема деперемежителя, аналогичная перемежителю, но индексы ветвей которой должны быть полностью обратны (то есть ветви с индексом $j \times 0$ должна соответствовать самая большая задержка).

6.3.4 Синхронизация деперемежителя в приемнике должна выполняться направлением первого идентифицированного синхронизирующего байта в ветвь с нулевой («0») задержкой.

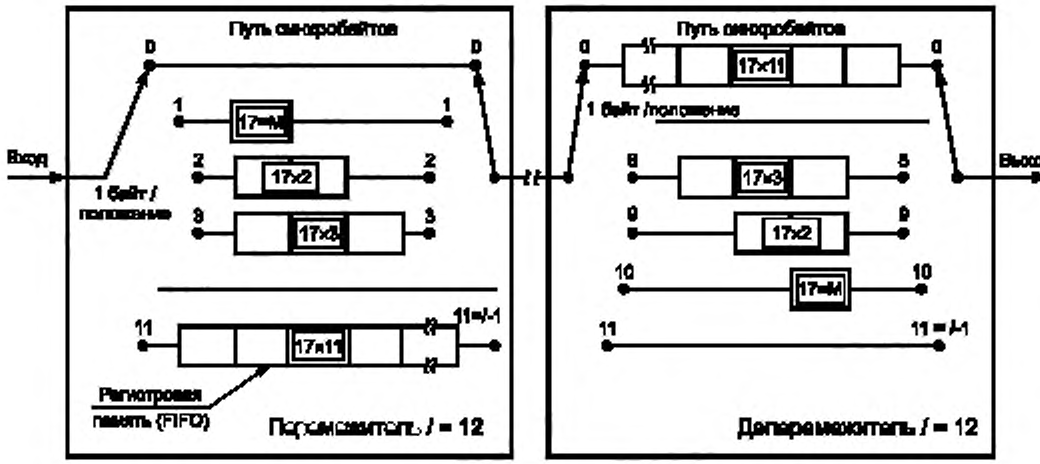


Рисунок 4

7 Формирование спектра и модуляция

7.1 Отображение байтов в символы

7.1.1 Преобразование непрерывной последовательности байтов с выхода сверточного перемежителя в короткие последовательности битов (кортежи) необходимо для последующей модуляции несущей. Каждый из кортежей должен соответствовать символу QAM, т. е. определенной точке на квадратурной диаграмме модулированного сигнала [3], [4].

7.1.2 Длина кортежа в битах должна быть равна: $m = \log_2(M)$, где M — число позиций модулированного сигнала M-QAM. При этом отображение байтов в кортежи должно осуществляться циклически и для одного цикла выражаться следующей формулой:

$$8k = n \cdot m, \qquad (4)$$

где k — число преобразуемых байтов по 8 бит каждый,

n — число кортежей длины m бит.

7.1.3 Для различных вариантов модуляции M-QAM соответствующие значения коэффициентов преобразования байтов в символы должны соответствовать приведенным в таблице 2.

Таблица 2

Модуляция	m	n	k	$8k = n \quad m$
16-QAM	4	2	1	8
32-QAM	5	8	5	40
64-QAM	6	4	3	24
128-QAM	7	8	7	56
256-QAM	8	1	1	8

Минимальный цикл преобразования в $k = 1$ байт соответствует видам модуляции 16-QAM и 256-QAM. При модуляции 256-QAM байты и кортежи совпадают.

Процесс преобразования с использованием модуляции 64-QAM показан на рисунке 5. В начале преобразования старший значащий разряд (MSB) кортежа b_5 должен соответствовать старшему разряду из последовательности байтов $b7$ и далее в том же порядке. При $m < 8$ каждый байт входит более чем в один кортеж.

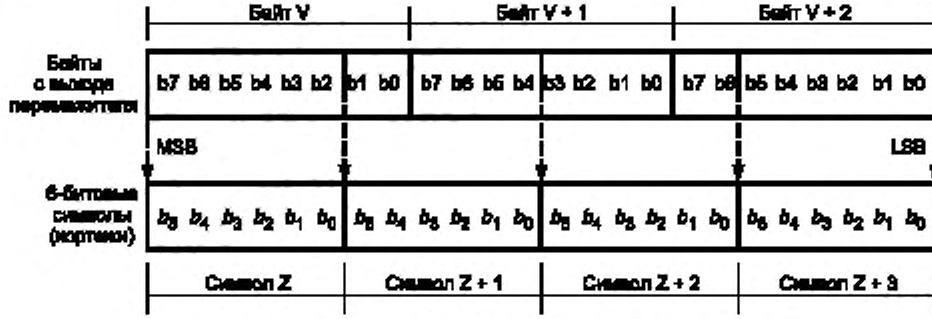


Рисунок 5

7.2 Дифференциальное кодирование

7.2.1 Для устранения потерь информации из-за скачков фазы несущей в цифровой кабельной системе должно применяться дифференциальное кодирование двух старших разрядов кортежа (A_k и B_k). При этом обеспечивается однозначность выделения требуемого квадранта на квадратурной диаграмме в соответствии с данными таблицы 3.

Таблица 3

Квадрант	Значения двух старших разрядов кортежа	Фазовый сдвиг
1	00	0
2	10	+ π/2
3	11	+ π
4	01	+ 3 π/2

7.2.2 Менее значащие $q = m$ — 2 битов кортежа (q = 2, 3, 4, 5, 6 для 16-, 32-, 64-, 128-, 256-QAM соответственно) определяют номер точки, повторяясь в каждом квадранте, и не подвержены искажениям из-за случайных фазовых сдвигов на значение, кратное $\pi/2$.

7.2.3 Закон дифференциального кодирования старших разрядов должен определяться следующими логическими формулами.

$$I_k = (\overline{A_k \oplus B_k})(A_k \oplus I_{k-1}) + (A_k \oplus B_k)(A_k \oplus Q_{k-1}), \quad (5)$$

$$Q_k = (\overline{A_k \oplus B_k})(B_k \oplus Q_{k-1}) + (A_k \oplus B_k)(B_k \oplus I_{k-1}) \quad (6)$$

где A_k и B_k — старшие разряды кортежа;

I_k и Q_k — старшие разряды кортежа после дифференциального кодирования; индекс k относится к текущему такту преобразования, а индекс $k - 1$ — к предшествующему такту.

7.2.4 Структурная схема устройств, связанных с дифференциальным кодированием и отображением байтов в символы M-QAM, показана на рисунке 6.

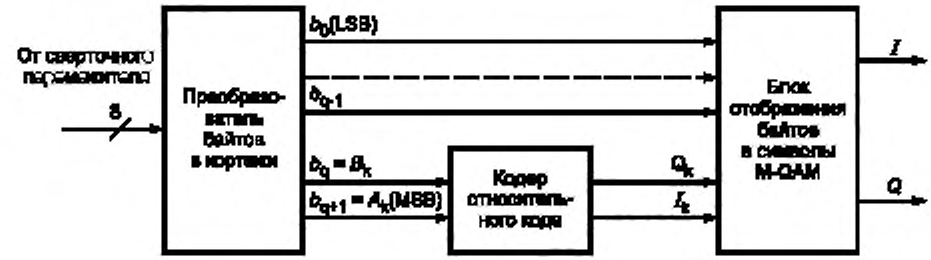


Рисунок 6

7.3 Квадратурные диаграммы сигналов и формирование спектра

7.3.1 В системе кабельного цифрового телевизионного вещания должна применяться квадратурная амплитудная модуляция M-QAM с числом значащих позиций M, равным 16, 32, 64, 128 или 256. Вариант модуляции с M = 64 является обязательным, варианты модуляции с M = 16, 32, 128, 256 допускаются опционно [3].

7.3.2 Квадратурные диаграммы сигналов (сигнальные созвездия), отображающие полную совокупность сигналов, передаваемых в цифровой распределительной системе кабельного телевидения, показаны на рисунке 7 для модуляции 16-, 32- и 64-QAM, на рисунке 8 — для модуляции 128- и 256-QAM. На рисунках 7 и 8 около каждой точки сигнальных созвездий указаны значения битов соответствующих кортежей.

7.3.3 Квадратурные сигналы I (сигнал синфазен с несущей) и Q (сигнал находится в квадратуре к несущей) с выхода блока отображения байтов в кортежи перед модуляцией и после демодуляции в приемнике должны подвергаться согласованной фильтрации для формирования полного спектра системы с коэффициентом скругления α = 0,15.

7.3.4 Амплитудно-частотные характеристики формирующих фильтров $H(f)$ в передатчике и в приемнике в области скругления спектра $(1 - \alpha)f_N \le |f| \le (1 + \alpha)f_N$ должны соответствовать корню квадратному из полной характеристики спектра системы и выражаться формулой:

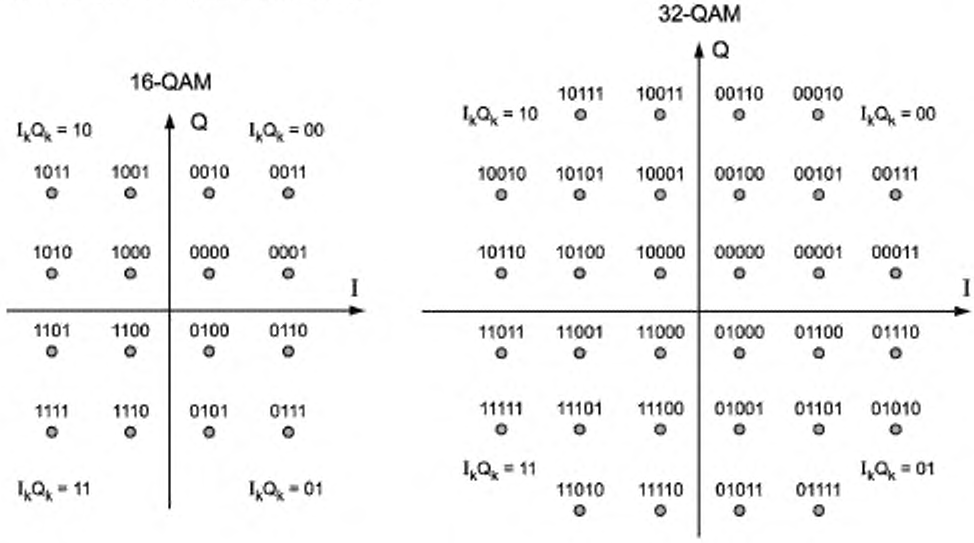
$$H(f) = \left\{\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\sin\left[\frac{\pi}{2f_N}\left(\frac{f_N - |f|}{\alpha}\right)\right]\right\}^{1/2}, \quad (7)$$

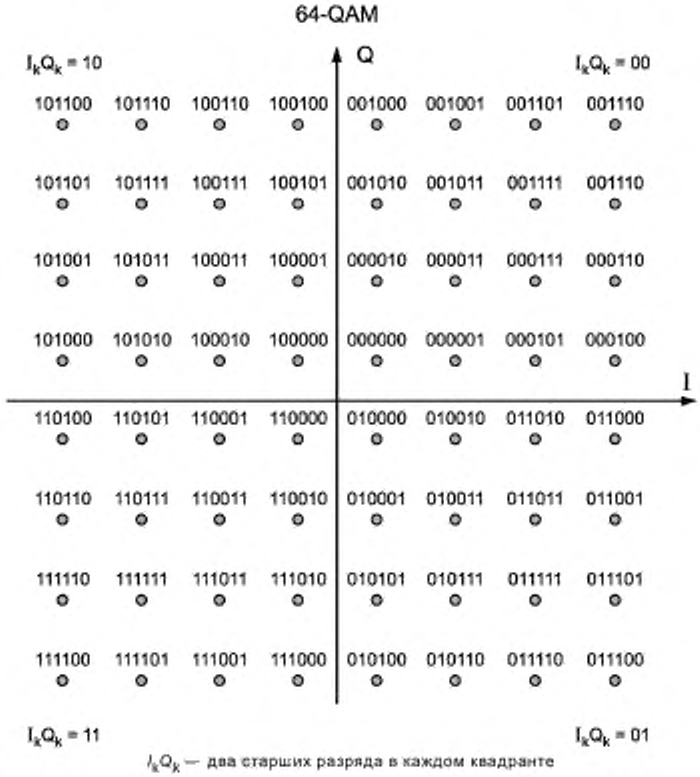
где f — текущая частота модулирующего сигнала в основной полосе;

f_N — частота Найквиста;

α — коэффициент скругления спектра.

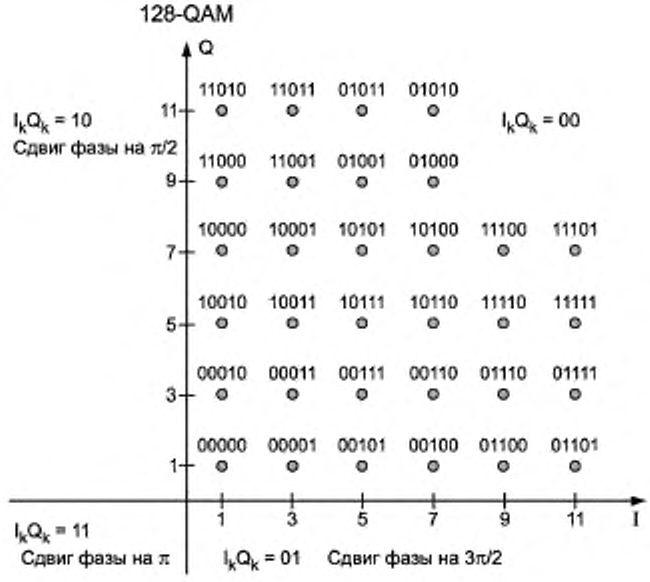
7.3.5 Неравномерность АЧХ r_m формирующих фильтров (7) в полосе прозрачности и на частоте Найквиста не должна превышать 0,4 дБ.





I_kQ_k — два старших разряда в каждом квадранте

Рисунок 7


128-QAM
Q
I
I_kQ_k = 10
Сдвиг фазы на π/2
I_kQ_k = 00
I_kQ_k = 11
Сдвиг фазы на π
I_kQ_k = 01
Сдвиг фазы на 3π/2
11010 11011 01011 01010
11000 11001 01001 01000
10000 10001 10101 10100 11100 11101
10010 10011 10111 10110 11110 11111
00010 00011 00111 00110 01110 01111
00000 00001 00101 00100 01100 01101
11
9
7
5
3
1
1 3 5 7 9 11

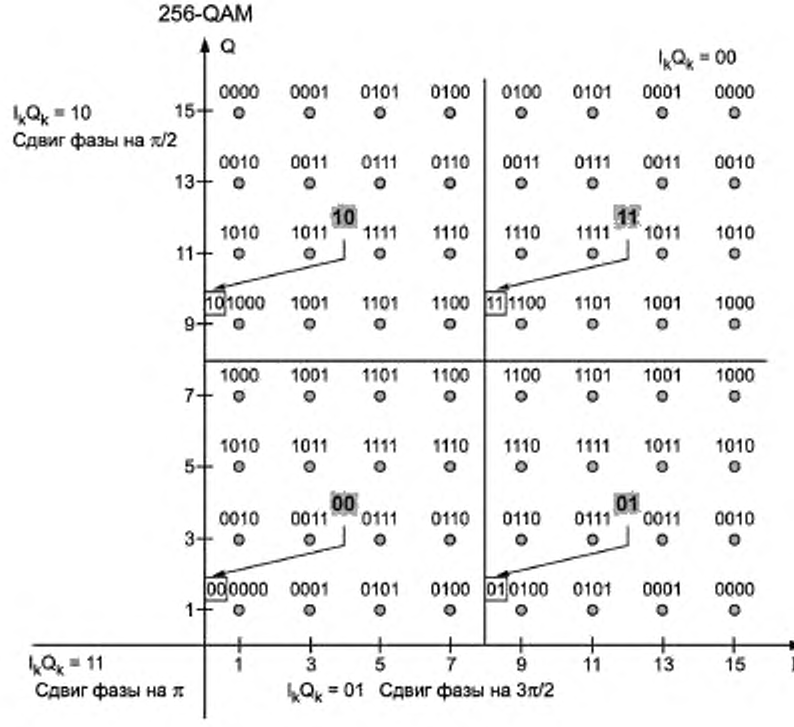

256-QAM
Q
I
I_kQ_k = 00
I_kQ_k = 10
Сдвиг фазы на π/2
I_kQ_k = 11
Сдвиг фазы на π
I_kQ_k = 01
Сдвиг фазы на 3π/2
0000 0001 0101 0100 0100 0101 0001 0000
0010 0011 0111 0110 0011 0111 0011 0010
1010 1011 10 1111 1110 1110 1111 11 1011 1010
10 1000 1001 1101 1100 11 1100 1101 1001 1000
1000 1001 1101 1100 1100 1101 1001 1000
1010 1011 1111 1110 1110 1111 1011 1010
0010 0011 00 0111 0110 0110 0111 01 0011 0010
00 0000 0001 0101 0100 01 0100 0101 0001 0000
15
13
11
9
7
5
3
1
1 3 5 7 9 11 13 15

Рисунок 8

Приложение А
(обязательное)

Амплитудно-частотная характеристика фильтра основной полосы

Амплитудно-частотная характеристика формирующих фильтров Найквиста в передатчике и в приемнике (7) в основной полосе сигнала системы кабельного цифрового телевизионного вещания должна соответствовать шаблону, приведенному на рисунке А1. Соответствие шаблону рассматривается как минимальное требование при воплощении формирующего фильтра. Шаблон учитывает не только возможные конструктивные ограничения цифрового фильтра, но также и искажения, возникающие при аналоговой обработке сигналов в системе (например, при цифроаналоговом преобразовании; при аналоговой фильтрации и т. п.).

Значение неравномерности АЧХ r_m формирующего фильтра (7) в полосе прозрачности фильтра до $(1 - \alpha)$ $f_N = 0{,}85f_N$ и на частоте Найквиста f_N не должно быть более 0,4 дБ. Глубина подавления в полосе задерживания фильтра (7) должна быть не менее 43 дБ.

Формирующий фильтр должен иметь линейную фазочастотную характеристику с неравномерностью группового времени задержки в полосе до частоты Найквиста f_N не более $0{,}1T_S$, где T_S — длительность символа модулирующего сигнала.

Примечание — Значения неравномерности АЧХ в полосе пропускания и глубины подавления в полосе задерживания, приведенные в настоящем приложении, являются ориентировочными и могут быть впоследствии уточнены.

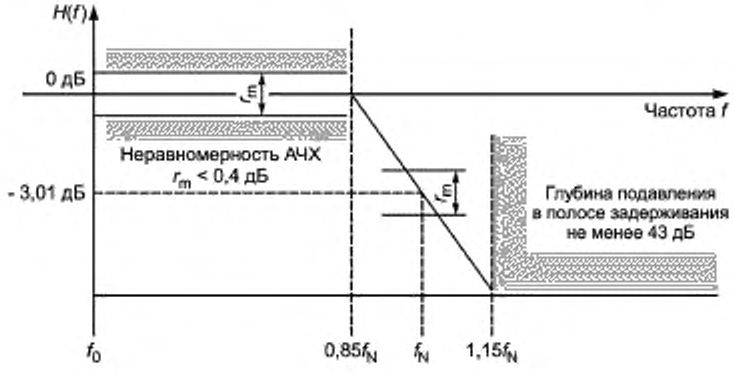


Рисунок А.1

Библиография

[1]	Словарь ECB Tech. 3274 — Part 3 EBU. December 1998	Применение цифровой техники в телерадиовещании
[2]	Англо-русский толковый словарь-справочник	Невдяев Л.М. Телекоммуникационные технологии/Под. ред. Ю.М. Горностаева//М.: МЦНТИ, ООО «Мобильные коммуникации», 2002—592 с.
[3]	Европейский стандарт связи ЕН 300429: 1998 (European Standard (Telecommunications series) EN 300429 V1.2.1 (1998-04))	Цифровое видеовещание. Методы канального кодирования, мультиплексирования и модуляции в цифровых системах кабельного телевидения (Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for cable systems)
[4]	Рекомендация МСЭ-Т J.83 (1997) (ITU-T Recommendation J.83 (1997))	Цифровые многопрограммные системы кабельного распределения служб телевидения, звука и данных. Digital Multi-Programme Systems for Television Sound and Data Services for Cable Distribution

УДК 621.397.611:006.354 ОКС 33.170

Ключевые слова: цифровое телевизионное вещание, система кабельного цифрового телевизионного вещания, корректирующее кодирование, мультиплексирование, модуляция, технические требования

Редактор переиздания *Н.Е. Рагузина*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 21.05.2020. Подписано в печать 26.08.2020. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал
Усл. печ. л. 2.32. Уч.-изд. л. 1,70.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru