

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R ВО.1516-1
(01/2012)

**Цифровые многопрограммные
телевизионные системы,
предназначенные для использования
спутниками, работающими
в диапазоне частот 11/12 ГГц**

Серия ВО
Спутниковое радиовещание



Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Приложении 1 к Резолюции 1 МСЭ-R. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>.)

Серия	Название
ВО	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
M	Подвижная спутниковая служба, спутниковая служба радиоопределения, любительская спутниковая служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
SM	Управление использованием спектра
SNG	Спутниковый сбор новостей
TF	Передача сигналов времени и эталонных частот
V	Словарь и связанные с ним вопросы

Примечание. – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 МСЭ-R.

Электронная публикация
Женева, 2012 г.

© ITU 2012

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R ВО.1516-1

Цифровые многопрограммные телевизионные системы, предназначенные для использования спутниками, работающими в диапазоне частот 11/12 ГГц

(Вопрос МСЭ-R 285/4)

(2001-2012)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации предлагаются общие функциональные требования для четырех спутниковых цифровых многопрограммных приемных систем для телевизионных служб, звуковых служб и служб передачи данных. В Приложении 1 представлены общие функциональные требования к телевизионным передачам через спутники, работающие в диапазоне частот 11/12 ГГц.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что цифровые многопрограммные системы предназначены для использования спутниками, работающими в диапазоне частот 11/12 ГГц;
- b) что, будучи цифровыми, эти системы обеспечивают существенные преимущества в отношении качества услуг передачи видео- и звуковых сигналов и сигналов данных, гибкости использования, эффективности использования спектра и устойчивости излучений к нежелательным воздействиям;
- c) что эти системы предусматривают множество услуг, таких как передача телевизионных программ, мультимедийной информации, данных, звуковых сигналов по аудиоканалам и т. д., объединенных в одной уплотненной линии связи;
- d) что эти системы либо широко используются, либо планируются к вводу в эксплуатацию в ближайшем будущем;
- e) что после разработки предшествующей Рекомендации МСЭ-R ВО.1294 в технологии цифровых многопрограммных систем был достигнут существенный прогресс, воплощенный в системе, описанной в Рекомендации МСЭ-R ВО.1408;
- f) что были разработаны, произведены и широко используются интегральные схемы, совместимые с некоторыми или всеми типовыми элементами двух или трех таких систем;
- g) что эти системы имеют различные отличительные признаки, которые могут сделать ту или иную из этих систем более подходящей для потребностей определенной администрации;
- h) в Резолюции МСЭ-R 1 отмечается, что "если Рекомендации содержат информацию о различных системах, относящихся к одному конкретному применению радиосвязи, они должны основываться на критериях, связанных с таким применением, и должны, по возможности, включать оценку рекомендуемых систем с использованием этих критериев",

рекомендует,

1 чтобы администрации, желающие внедрить услуги цифрового многопрограммного телевидения через спутник, ссылались на характеристики, описанные в п. 4 Приложения 1, в качестве пособия по выбору конкретной системы;

2 чтобы при внедрении услуг цифрового многопрограммного телевидения через спутник была выбрана одна из систем передачи, описанных в Приложении 1;

3 чтобы типовые элементы общих функциональных требований к цифровой многопрограммной системе передачи, согласно п.3 Приложения 1, служили основанием для внедрения услуг в тех областях, где сосуществуют или могут сосуществовать в будущем несколько таких систем.

Приложение 1

Общие функциональные требования для приема излучений цифрового многопрограммного телевидения от спутников, работающих в диапазоне 11/12 ГГц

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
1 Введение	5
2 Обобщенная эталонная модель цифровых многопрограммных систем передачи	6
2.1 Обобщенная эталонная модель	6
2.2 Применение модели к спутниковому приемнику IRD	7
3 Типовые элементы цифровых многопрограммных систем передачи	9
3.1 Модуляция/демодуляция и кодирование/декодирование	9
3.1.1 Модуляция и демодуляция	9
3.1.2 Согласованный фильтр	11
3.1.3 Сверточное кодирование и декодирование.....	11
3.1.4 Декодер синхробайтов	12
3.1.5 Сверточный деперемежитель	12
3.1.6 Кодер и декодер Рида-Соломона	12
3.1.7 Устранение рассеивания энергии	12
3.2 Транспортировка и демультимплексирование	12
3.3 Кодирование и декодирование источника видео- и аудиоинформации и данных.....	13
3.3.1 Видеоинформация	14
3.3.2 Аудиоинформация.....	14
3.3.3 Данные.....	14
4 Сводные характеристики и сравнение цифровых многопрограммных телевизионных систем с использованием спутников.....	14
4.1 Сводные характеристики системы	15

Стр.

4.2	Сравнение характеристик системы	15
5	Конкретные характеристики	23
5.1	Спектр сигнала различных систем на выходе модулятора.....	23
5.1.1	Спектр сигнала для Системы А.....	23
5.1.2	Спектр сигнала для Системы В.....	25
5.1.3	Спектр сигнала для Системы С.....	26
5.1.4	Спектр сигнала для Системы D.....	32
5.2	Сверточное кодирование.....	33
5.2.1	Характеристики сверточного кодирования для Системы А.....	33
5.2.2	Характеристики сверточного кодирования для Системы В.....	33
5.2.3	Характеристики сверточного кодирования для Системы С.....	33
5.2.4	Характеристики сверточного кодирования для Системы D.....	34
5.3	Характеристики синхронизации.....	36
5.3.1	Характеристики синхронизации для Системы А	36
5.3.2	Характеристики синхронизации для Системы В	37
5.3.3	Характеристики синхронизации для Системы С	37
5.3.4	Характеристики синхронизации для Системы D	39
5.4	Переमेжитель	43
5.4.1	Сверточный перемежитель для Системы А.....	43
5.4.2	Сверточный перемежитель для Системы В	44
5.4.3	Сверточный перемежитель для Системы С	45
5.4.4	Блочный перемежитель для Системы D.....	46
5.5	Кодер Рида-Соломона	47
5.5.1	Характеристики кодера Рида-Соломона для Системы А	47
5.5.2	Характеристики кодера Рида-Соломона для Системы В	47
5.5.3	Характеристики кодера Рида-Соломона для Системы С	47
5.5.4	Характеристики кодера Рида-Соломона для Системы D	48
5.6	Рассеивание энергии.....	48
5.6.1	Рассеивание энергии для Системы А	48
5.6.2	Рассеивание энергии для Системы В.....	49
5.6.3	Рассеивание энергии для Системы С.....	49

5.6.4	Рассеивание энергии для Системы D	50
5.7	Характеристики формирования кадров и транспортных цифровых потоков.....	51
5.7.1	Характеристики формирования кадров и транспортных цифровых потоков для Системы А.....	51
5.7.2	Характеристики формирования кадров и транспортных цифровых потоков для Системы В.....	51
5.7.3	Характеристики формирования кадров и транспортных цифровых потоков для Системы С.....	51
5.7.4	Характеристики формирования кадров и транспортных цифровых потоков для Системы D.....	51
5.8	Управляющие сигналы.....	52
5.8.1	Управляющие сигналы для Системы А	52
5.8.2	Управляющие сигналы для Системы В.....	52
5.8.3	Управляющие сигналы для Системы С.....	52
5.8.4	Управляющие сигналы для Системы D	52
6	Ссылки	52
7	Список сокращений	53
Дополнение 1 к Приложению 1 – Характеристики транспортного протокола системы В.....		54
1	Введение	54
2	Префикс.....	55
3	Нулевые и масштабирующие пакеты.....	56
4	Пакеты видеоданных	58
4.1	Пакеты дополнительных данных	59
4.2	Пакеты базовых видеослуж	62
4.3	Пакеты данных с избыточностью	63
4.4	Пакеты видеоданных, не относящихся к стандарту MPEG	64
5	Пакеты аудиоданных	65
5.1	Пакеты дополнительных данных	66
5.2	Пакеты базовых аудиослуж	66
5.3	Пакеты аудиоданных, не относящихся к стандарту MPEG	67
6	Пакеты данных для программ передач	67
7	Ограничения, вводимые в транспортном мультиплексе	68
7.1	Определение ограничений элементарных потоков данных в мультиплексе ...	68

Стр.

Дополнение 2 к Приложению 1 – Управляющий сигнал для Системы D	69
1 Введение	69
2 Кодирование информации ТМСС	70
2.1 Порядок изменения.....	70
2.2 Информация о комбинации "схема модуляции – скорость кодирования"	70
2.3 Идентификация транспортного потока (TS)	71
2.4 Другая информация	72
3 Внешнее кодирование для информации ТМСС.....	72
4 Временные ссылки.....	72
5 Канальное кодирование для ТМСС.....	72
Дополнение 3 к Приложению 1 – Состояние готовности интегральных схем для общего приемника со встроенным декодером.....	73
1 Введение	73
2 Анализ	74
3 Заключение	74

1 Введение

Спутниковые системы цифрового телевидения, начиная с момента их внедрения, демонстрировали свою способность эффективно использовать выделенный спутникам частотный спектр, а также способность предоставлять потребителям высококачественные услуги. Четыре из этих систем были описаны в более ранних Рекомендациях МСЭ-R ВО.1211, МСЭ-R ВО.1294 и Рекомендации МСЭ-R ВО.1408.

С целью содействия сближению на всемирной основе стандартов по спутниковым цифровым многопрограммным приемным системам для предоставления услуг телевидения, звукового вещания и передачи данных в предыдущей Рекомендации МСЭ-R ВО.1294 были описаны общие функциональные требования для приема излучений цифрового многопрограммного телевидения со спутников. В этой Рекомендации были определены общие функциональные требования и типовые элементы для спутникового приемника с декодером встроенного типа (IRD), работающего в диапазоне 11/12 ГГц. Использование в других диапазонах частот не исключалось ранее и не исключается в настоящее время. В предыдущей Рекомендации МСЭ-R ВО.1294 рассматривалась отдельная система, описанная в более ранней Рекомендации МСЭ-R ВО.1211.

Типовые элементы спутникового приемника IRD, согласно предыдущей Рекомендации МСЭ-R ВО.1294, способны принимать излучения от трех цифровых многопрограммных систем передачи. Эти системы были определены как Системы А, В и С. Были проанализированы типовые и уникальные элементы каждой из этих систем, в результате чего было сделано заключение, что возможно практическое внедрение типовых элементов спутникового приемника IRD. С тех пор непрерывное развитие интегральных схем для использования в этих системах явно продемонстрировало правильность этого вывода, и в настоящее время доступно множество интегральных схем, совместимых с типовыми элементами двух или всех трех этих систем.

После этого была разработана четвертая система, описанная в Рекомендации МСЭ-R ВО.1408. В ней на совместной основе используются те же типовые элементы, которые описаны в более ранней Рекомендации МСЭ-R ВО.1294. Данная система иллюстрирует прогресс технологии, достигнутый в этих цифровых многопрограммных системах. Она обеспечивает такие дополнительные функции, как способность одновременной поддержки множества типов модуляции, схема иерархической модуляции и возможность управлять множеством транспортных потоков согласно разработке группы экспертов в области движущихся изображений (MPEG) в пределах данной несущей.

В следующих разделах данного Приложения кратко рассматриваются общие функциональные требования и элементы этих систем, а также функции обобщенной цифровой многопрограммной системы передачи.

Также представлены сводные и детальные характеристики системного уровня каждой из этих четырех систем. Эти параметры системного уровня применимы к внедрению либо передающего оборудования, либо приемника с декодером встроенного типа.

2 Обобщенная эталонная модель цифровых многопрограммных систем передачи

2.1 Обобщенная эталонная модель

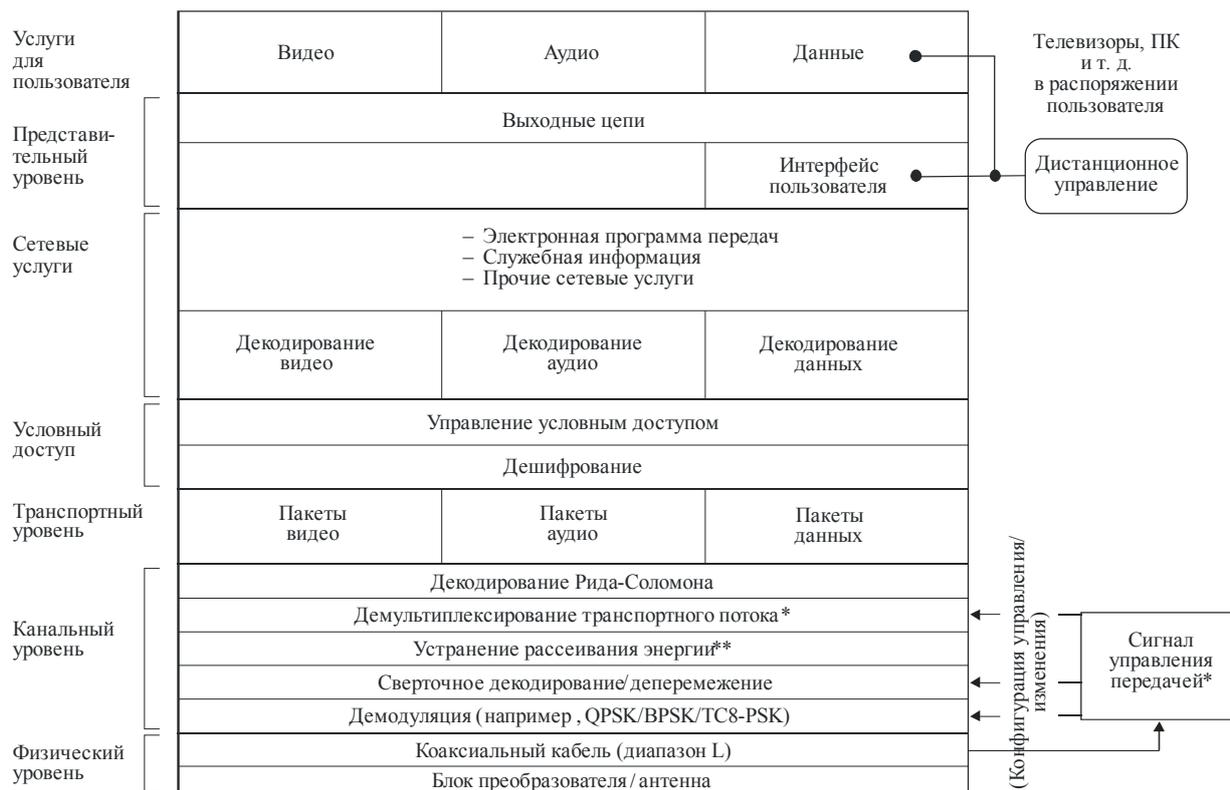
Была разработана обобщенная эталонная модель для общих функциональных требований к цифровой многопрограммной системе передачи. Было продемонстрировано, что данная обобщенная эталонная модель применима ко всем четырем системам, описанным в данном документе.

Обобщенная эталонная модель была определена на основе общих функций, требуемых на всех уровнях стека протоколов цифровой многопрограммной системы передачи. Ее можно использовать для определения общих функций, требуемых в приемнике IRD для приема этих передач.

Для информации на рис. 1 показан типичный стек протоколов приемника IRD, базирующийся на следующих уровнях:

- *Физический и каналный уровни*, к которым относятся типичные функции входных каскадов: генерация несущей и прием (настройка) несущей, квадратурная фазовая (QPSK) модуляция и демодуляция, сверточное кодирование и декодирование, перемежение и деперемежение, кодирование и декодирование Рида-Соломона, применение и устранение рассеивания энергии.
- *Транспортный уровень*, отвечающий за мультиплексирование и демультимплексирование различных программ и компонентов, а также за пакетирование и депакетирование информации (видео, аудио и данные).
- *Функции условного доступа*, управляющие осуществлением внешних функций шифрования и дешифрования и связанных функций управления (общий интерфейс для условного доступа в качестве опции).
- *Сетевые услуги*, осуществляющие кодирование и декодирование видео- и аудиосигналов, а также управление функциями электронной программы передач (EPG) и служебной информацией и, дополнительно, декодирование данных.
- *Представительный уровень*, ответственный, помимо прочего, за пользовательский интерфейс, работу дистанционного управления и т. д.
- *Абонентские услуги*, охватывающие различные приложения на базе видео- и аудиосигналов и передачи данных.

РИСУНОК 1
Типичный стек протоколов приемника IRD



BPSK: двоичный PSK
 TC8-PSK: 8-PSK с решетчатым кодированием
 * Присутствует только в Системе D.
 ** Не присутствует в Системе B.

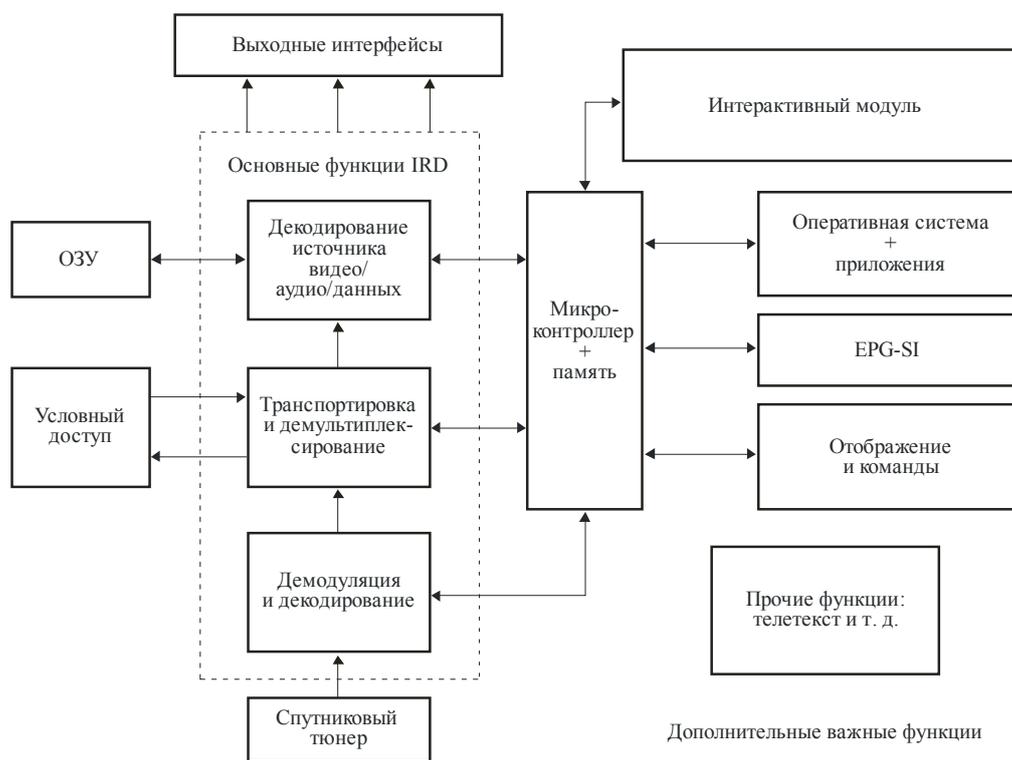
ВО.1516-01

2.2 Применение модели к спутниковому приемнику IRD

На базе стека протоколов может быть получена обобщенная блок-схема спутникового приемника IRD (рис. 2). Эта схема позволяет показать, как организованы типовые элементы в приемнике IRD.

РИСУНОК 2

Обобщенная эталонная модель спутникового приемника IRD



ВО.1516-02

В обобщенной эталонной модели определяются два типа функций: основные функции IRD и другие дополнительные важные функции:

- *К основным функциям IRD* относятся ключевые функции IRD, определяющие систему цифрового телевидения. Основные функции IRD включают:
 - демодуляцию и декодирование;
 - транспортировку и демультиплексирование;
 - декодирование источника видео- и аудиоинформации и данных.
- *Дополнительные важные функции* необходимы для осуществления работы системы и ее модернизации путем добавления дополнительных функций. Эти функции тесно связаны с предоставлением услуг. Следующие функции и блоки можно рассматривать как дополнительные важные функции, которые могут отличать один приемник IRD от другого:
 - спутниковый тюнер;
 - выходные интерфейсы;
 - оперативная система и приложения;
 - электронная программа передач (EPG);
 - служебная/системная информация (SI);
 - условный доступ (CA);
 - отображение, дистанционное управление и различные команды;
 - постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) и флэш-память;
 - интерактивный модуль;
 - микроконтроллер;
 - другие функции, такие как телетекст, ввод субтитров и т. д.

3 Типовые элементы цифровых многопрограммных систем передачи

Типовыми элементами являются:

- модуляция/демодуляция и кодирование/декодирование с исправлением ошибок;
- мультиплексирование и демультимплексирование;
- кодирование и декодирование источника видео- и аудиоинформации и данных.

3.1 Модуляция/демодуляция и кодирование/декодирование

Блок-схема функций типовых элементов по модуляции/демодуляции и кодированию/декодированию представлена на рис. 3. Накладывающиеся друг на друга блоки представляют функции с типовыми элементами для четырех систем, имеющих различные характеристики. Заштрихованные блоки представляют функции, не используемые всеми четырьмя системами.

3.1.1 Модуляция и демодуляция

Данный типовой элемент осуществляет функцию квадратурной, двоичной или восьмеричной фазовой когерентной модуляции и демодуляции. Демодулятор обеспечивает "мягкое решение" относительно информации о сигналах I и Q для внутреннего декодера.

В спутниковом приемнике IRD этот типовой элемент сможет демодулировать сигнал, используя общепринятую модуляцию QPSK с двоичным циклическим кодом и модуляцию TC 8-PSK (восьмеричная фазовая модуляция) с абсолютным преобразованием (без дифференциального кодирования).

Для модуляции QPSK будет использоваться побитовое отображение в сигнале, как показано на рис. 4.

Для двоичной модуляции или модуляции 8-PSK будет использоваться побитовое отображение в сигнале, как описано в п. 5.2.4.

РИСУНОК 3

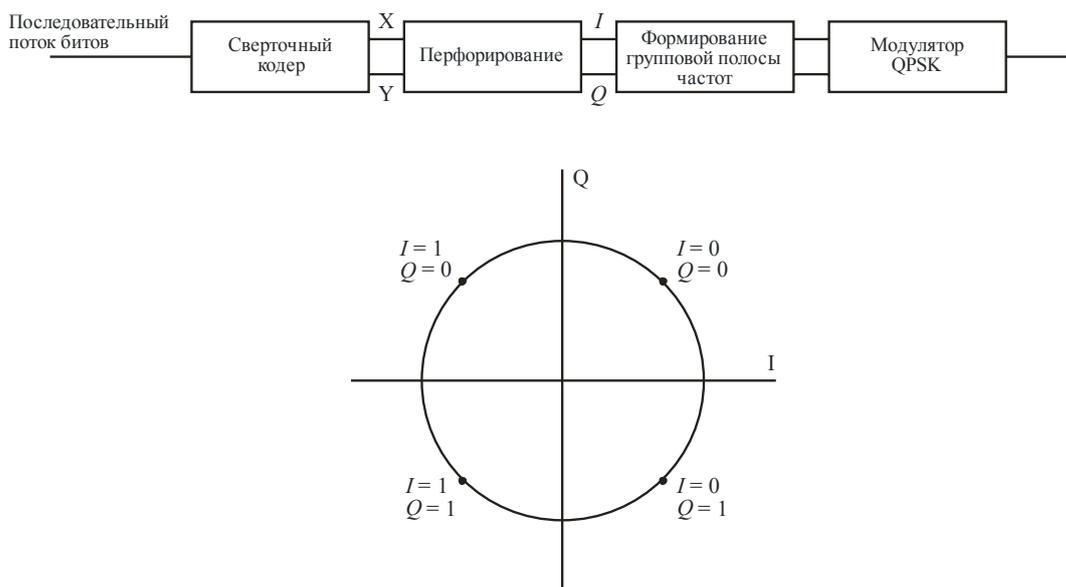
Блок-схема демодуляции и декодирования каналов



FEC: упреждающая коррекция ошибок.

РИСУНОК 4

Конstellация QPSK



ВО.1516-04

3.1.2 Согласованный фильтр

Данный типовой элемент в демодуляторе осуществляет дополнительную фильтрацию для формирования импульса согласно кривой спада частотной характеристики. Использование цифрового фильтра при формировании конечной импульсной характеристики (КИХ) может обеспечить выравнивание линейных искажений канала в IRD.

Спутниковый IRD должен обеспечивать обработку сигнала при наличии следующих факторов формирования и спада частотной характеристики:

Корень квадратный из приподнятого косинуса:

$\alpha = 0,35$ и $0,20$.

Ограниченный по полосе фильтр Баттерворта 4-го порядка:

стандартный режим и режим усеченного спектра.

Информация о шаблоне для спектра сигнала на выходе модулятора приведена в п. 5.1.

3.1.3 Сверточное кодирование и декодирование

Данный типовой элемент осуществляет кодирование и декодирование для защиты от ошибок первого уровня. Этот элемент проектируется таким образом, чтобы демодулятор на входе регулировал эквивалентный уровень BER (коэффициент ошибок по битам) "с жестким решением" порядка от 1×10^{-1} до 1×10^{-2} (в зависимости от принятой кодовой скорости), а на выходе создавал уровень BER около 2×10^{-4} или ниже. Этот коэффициент BER на выходе соответствует квазибезошибочному (QEF) обслуживанию после коррекции внешнего кода. Возможно, что данный элемент использует информацию с "мягким решением". Этот элемент позволяет апробировать каждую из кодовых скоростей и конфигураций перфорирования до момента блокировки. Более того, он имеет возможность устранить фазовую неопределенность демодуляции $\pi/2$.

Внутренний код имеет следующие характеристики:

- Витерби и перфорирование;
- длина кодового ограничения $K = 7$.

Кодер и декодер работают с тремя различными сверточными кодами. Система позволяет использовать сверточное декодирование с кодовыми скоростями, основанными на скорости либо $1/2$, либо $1/3$:

- на основе базовой скорости $1/2$: FEC = $1/2$, $2/3$, $3/4$, $5/6$, $6/7$ и $7/8$;
- на основе базовой скорости $1/3$: FEC = $5/11$, $1/2$, $3/4$, $2/3$, $3/5$, $4/5$, $5/6$ и $7/8$.

Конкретные характеристики приведены в п. 5.2.

3.1.4 Декодер синхробайтов

Данный типовой элемент декодирует синхробайты. Декодер предоставляет информацию о синхронизации для операции депережежения. Кроме того, он имеет возможность восстанавливать фазовую неопределенность демодулятора (не обнаруженную декодером Витерби).

Конкретные характеристики приведены в п. 5.3.

3.1.5 Сверточный депережежитель

Данный типовой элемент разрешает на побайтовой основе рандомизировать пакеты ошибок на выходе внутреннего декодера, с тем чтобы повысить корректирующую способность внешнего декодера в отношении пакетов ошибок.

Данный типовой элемент использует системы сверточного перемежителя Рамсея Типа II ($N1 = 13$, $N2 = 146$) и Типа III (подход Форни) ($I = 12$, $M = 17$ и 19) или систему блочного перемежителя (глубина = 8), как в частности определено в п. 5.4.

3.1.6 Кодер и декодер Рида-Соломона

Данный типовой элемент обеспечивает защиту от ошибок второго уровня. Он имеет возможность обеспечивать на выходе режим QEF (то есть коэффициент BER равен приблизительно 1×10^{-10} и 1×10^{-11}) при наличии на входе пакетов ошибок, когда BER составляет приблизительно 7×10^{-4} или выше с бесконечным чередованием байтов. При перемежении глубиной $I = 12$ для режима QEF предполагается $BER = 2 \times 10^{-4}$.

Данный типовой элемент имеет следующие характеристики:

– Генератор Рида-Соломона (255,239, $T = 8$).

– Полиномиальный генератор кодов Рида-Соломона:

$$(x + \alpha^0)(x + \alpha^1) \dots (x + \alpha^{15})$$

либо

$$(x + \alpha^1)(x + \alpha^2) \dots (x + \alpha^{16}),$$

где:

$$\alpha = 02_h.$$

– Полиномиальный генератор сигналов частоты полей Рида-Соломона:

$$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1.$$

Конкретные характеристики приведены в п. 5.5.

3.1.7 Устранение рассеивания энергии

Данный типовой элемент добавляет в передачу модель рандомизации для обеспечения равномерного рассеивания энергии, которое, при его наличии, должно устраняться демодулятором. Это можно осуществить путем дерандомизации сигналов, где процесс дерандомизации происходит до или после декодера Рида-Соломона. Данный типовой элемент спутникового IRD может блокировать эту функцию.

Конкретные характеристики приведены в п. 5.6.

3.2 Транспортировка и демультимплексирование

Блок-схема функций транспортировки и мультимплексирования/демультимплексирования для спутникового IRD представлена на рис. 5.

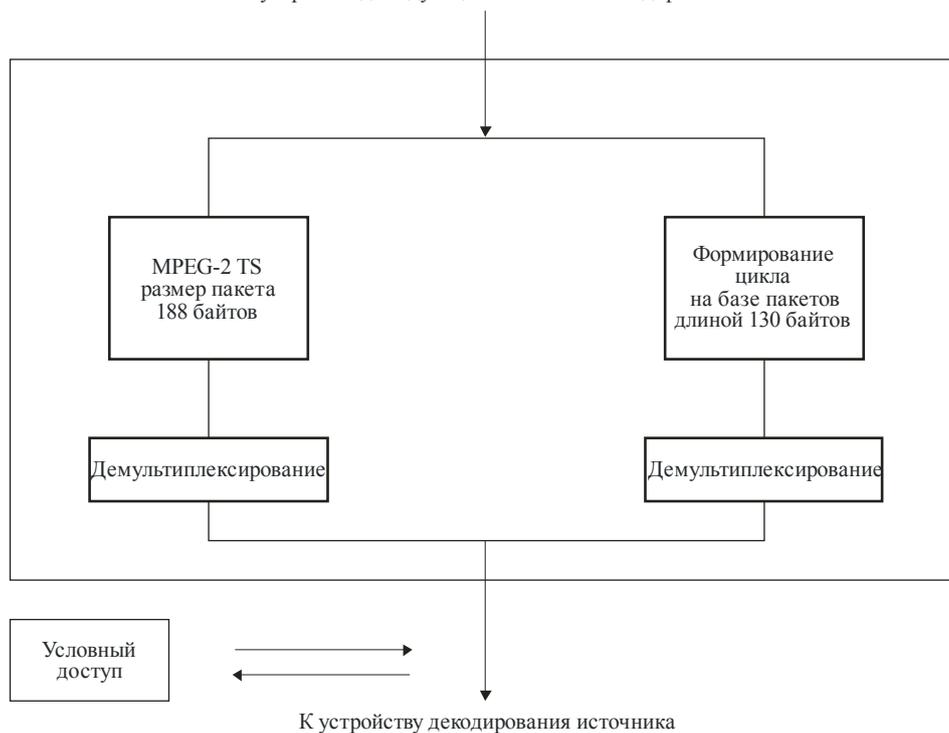
Данная система способна принимать и демультимплексировать пакеты, согласно характеристикам мультиплексора транспортных потоков MPEG-2 (см. ИСО/МЭК 13818-1), а также конкретным характеристикам транспортного потока, описанным в п. 5.7.

Вопросы, касающиеся условного доступа, находятся вне области применения настоящей Рекомендации.

РИСУНОК 5

Блок-схема для транспортировки и демультимплексирования

От устройств демодуляции и канального кодирования

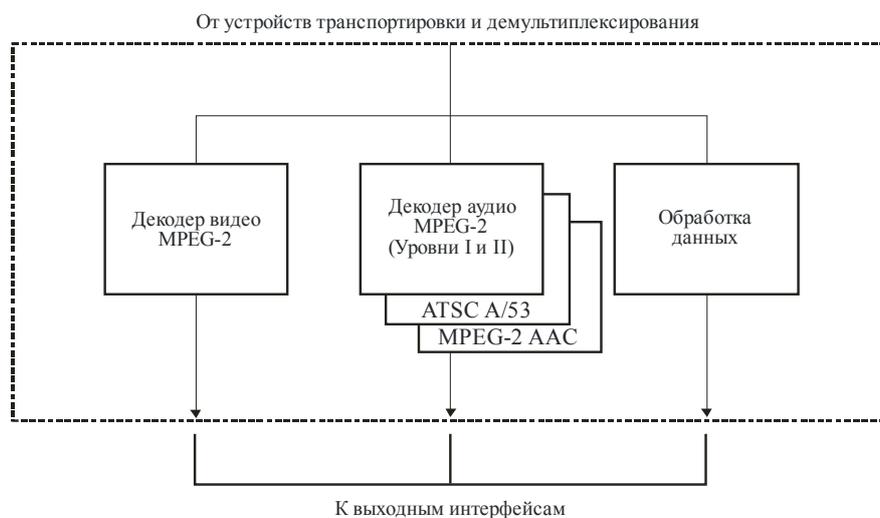


ВО.1516-05

3.3 Кодирование и декодирование источника видео- и аудиоинформации и данных

Блок-схема функций кодирования или декодирования источника видео- и аудиоинформации и данных представлена на рис. 6.

РИСУНОК 6

Блок-схема для исходного декодирования

ATSC: Комитет по передовым телевизионным системам .

ВО.1516-06

3.3.1 Видеoinформация

Данный типовой элемент требует как минимум кодирования и декодирования источника видеоформатов согласно сигналам MPEG-2 основного профиля на основном уровне, как указано в ИСО/МЭК 13818-2.

3.3.2 Аудиоинформация

Данный типовой элемент требует кодирования и декодирования источника аудиосигналов согласно стандарту MPEG-2 Уровни I и II (ИСО/МЭК 13818-3), форматам ATSC-A/53 Приложение В (Рекомендация МСЭ-R BS.1196, Приложение 2) и MPEG-2 AAC (усовершенствованное звуковое кодирование) (ИСО/МЭК 13818-7).

3.3.3 Данные

Этот блок относится к функциям, требуемым для обработки кодированных данных источника, передаваемых на (или от) мультиплексор транспортных потоков. Данный пункт выходит за рамки области применения настоящей Рекомендации.

4 Сводные характеристики и сравнение цифровых многопрограммных телевизионных систем с использованием спутников

Как описано во введении, в данную Рекомендацию включены характеристики четырех цифровых многопрограммных телевизионных систем, имеющих на совместной основе типовые элементы, описанные в разделе 3. Эти системы определены как Системы А, В, С и D. Система А была изначально описана в более ранней Рекомендации МСЭ-R ВО.1211, а также включена в предыдущую Рекомендацию МСЭ-R ВО.1294. Системы В и С были сначала описаны в предыдущей Рекомендации МСЭ-R ВО.1294. Система D описана в Рекомендации МСЭ-R ВО.1408. Три из этих систем сегодня находятся в эксплуатации, а четвертая планируется к вводу в эксплуатацию в самом ближайшем будущем.

Эти системы разработаны для обеспечения надежной доставки видео- и аудиопрограмм качества MPEG посредством цифровых спутниковых передач. Использование методов сжатия MPEG обеспечивает очень эффективное использование доступного спектра, а проект транспортного уровня позволяет осуществлять весьма гибкое распределение видео- и аудиопрограмм между спутниковыми ретрансляторами.

Система А основана на алгоритме кодирования видео- и звуковой информации MPEG-2 и на мультиплексоре транспортных потоков MPEG-2. Каскадная схема упреждающего исправления ошибок (FEC), использующая кодирование Рида-Соломона и сверточное кодирование, а также декодирование Витерби с мягким решением, позволяет получить весьма устойчивые РЧ-характеристики даже при наличии шума и помех. Пять ступеней скорости кодирования в диапазоне от 1/2 до 7/8 предлагают различные компромиссы между эффективностью использования спектра и производительностью системы. Символьная скорость передачи системы может быть выбрана оператором с тем, чтобы оптимизировать эксплуатацию полосы пропускания спутникового ретранслятора.

Система В также базируется на алгоритме кодирования "видеосигналов MPEG-2 основного профиля на основном уровне". Она использует синтаксис аудиосигналов MPEG-1 Уровень II и характеристики транспортного потока Системы В. Так же как и в Системе А, каскадная схема FEC, использующая кодирование Рида-Соломона и сверточное кодирование, а также декодирование Витерби с мягким решением, позволяет получить весьма устойчивые РЧ-характеристики даже при наличии шума и помех. Три ступени скорости кодирования в диапазоне от 1/2 до 6/7 предлагают различные компромиссы между эффективностью использования спектра и производительностью системы. Символьная скорость передачи устанавливается равной 20 мегасимволам/сек.

Система С может также оказывать множество цифровых телевизионных (и радио) услуг в формате с временным уплотнением каналов (TDM) и использует на совместной основе те же типовые структурные элементы, какие были описаны выше. В систему входит управление возобновляемым доступом, оперативная оплата просмотра (IPPV) и услуги передачи данных. Виртуальные каналы позволяют зрителю осуществлять упрощенную навигацию и просматривать телеканалы в режиме сканирования.

Система D представляет собой недавно разработанную систему, предназначенную для передачи мультимедийных услуг. Она объединяет на системном уровне различные виды цифрового контента, каждый из которых может включать многопрограммное видео, начиная с телевидения невысокой четкости (ТНЧ) до телевидения высокой четкости (ТВЧ), многопрограммную аудиоинформацию, графику, тексты и т. д. Предложенная система может быть объединена на базе транспортного потока MPEG (MPEG-TS), который широко используется в качестве общего контейнера для цифрового контента.

Чтобы охватить широкий диапазон требований, которые могут отличаться в зависимости от конкретной услуги, Система D предоставляет ряд схем модуляции и/или защиты от ошибок, которые можно легко отобрать и гибким образом объединить. Внедрение множества схем модуляции/исправления ошибок особенно целесообразно в странах, расположенных в климатических зонах со значительным ослаблением в дожде.

4.1 Сводные характеристики системы

В таблице 1 предоставлена информация о соответствующих параметрах, характеризующих четыре цифровые многопрограммные системы. Эта таблица включает информацию относительно обеих основных функций (типовых элементов), а также дополнительных важных функций.

4.2 Сравнение характеристик системы

Ассамблея радиосвязи в п. 6.1.2 Резолюции МСЭ-R 1 отмечает, что, "если Рекомендации содержат информацию о различных системах, относящихся к одному конкретному применению радиосвязи, они должны основываться на критериях, связанных с таким применением, и должны, по возможности, включать оценку рекомендуемых систем с использованием таких критериев". Эта оценка представлена в таблице 2. Были отобраны критерии эффективности, относящиеся к этим системам, и представлены соответствующие значения параметров или возможности каждой из этих систем.

ТАБЛИЦА 1

Сводные характеристики цифровых многопрограммных телевизионных систем с использованием спутников

а) Функция

	Система А	Система В	Система С	Система D
Предоставляемые услуги	ТСЧ и ТВЧ	ТСЧ и ТВЧ	ТСЧ и ТВЧ	ТСЧ и ТВЧ
Формат входного сигнала	MPEG-TS	Модифицированный MPEG-TS	MPEG-TS	MPEG-TS
Возможность приема множества входных сигналов	Нет	Нет	Нет	Да, 8 максимум
Устойчивость к замираниям при дожде	Определяется мощностью передатчика и скоростью внутреннего кодирования	Определяется мощностью передатчика и скоростью внутреннего кодирования	Определяется мощностью передатчика и скоростью внутреннего кодирования	Доступна иерархическая передача в дополнение к мощности передатчика и скорости внутреннего кодирования
Мобильный прием	Не доступен и будет рассматриваться в будущем			
Гибкое распределение битовой скорости доставки услуг	Доступно	Доступно	Доступно	Доступно
Проектирование общего приемника для работы с другими приемными системами	Возможно для Систем А, В, С и D	Возможно для Систем А, В, С и D	Возможно для Систем А, В, С и D	Возможно для Систем А, В, С и D
Совместимость с другими средствами передачи информации (т. е. наземными, кабельными и т. д.)	На основе MPEG-TS	На основе MPEG-ES (элементарный поток)	На основе MPEG-TS	На основе MPEG-TS

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

в) Эксплуатационные характеристики

	Система А	Система В	Система С	Система D
Реальная скорость передачи данных (скорость передачи без учета битов четности)	Скорость передачи символов (R_s) не фиксирована. Указанная ниже реальная скорость передачи данных получена из примера $R_s = 27,776$ Мбд: 1/2: 23,754 Мбит/с 2/3: 31,672 Мбит/с 3/4: 35,631 Мбит/с 5/6: 39,590 Мбит/с 7/8: 41,570 Мбит/с	1/2: 17,69 Мбит/с 2/3: 23,58 Мбит/с 6/7: 30,32 Мбит/с	19,5 Мбд 29,3 Мбд 5/11: 16,4 Мбит/с 24,5 Мбит/с 1/2: 18,0 Мбит/с 27,0 Мбит/с 3/5: 21,6 Мбит/с 32,4 Мбит/с 2/3: 24,0 Мбит/с 36,0 Мбит/с 3/4: 27,0 Мбит/с 40,5 Мбит/с 4/5: 28,8 Мбит/с 43,2 Мбит/с 5/6: 30,0 Мбит/с 45,0 Мбит/с 7/8: 31,5 Мбит/с 47,2 Мбит/с	До 52,2 Мбит/с (при скорости передачи символов 28,86 Мбд)
Возможность расширения в плане повышения скорости	Да	Да	Да	Да
Возможность приема ТВЧ	Да	Да	Да	Да
Выбор условного доступа	Да	Да	Да	Да

с) Технические характеристики (Передача)

	Система А	Система В	Система С	Система D
Схема модуляции	QPSK	QPSK	QPSK	TC8-PSK/QPSK/BPSK
Скорость передачи символов	Не указана	Фиксированная 20 Мбд	Переменная 19,5 и 29,3 Мбд	Не указана (например, 28,86 Мбд)
Необходимая ширина полосы частот (-3 дБ)	Не указана	24 МГц	19,5 и 29,3 МГц	Не указана (например, 28,86 МГц)
Скорость спада частотной характеристики	0,35 (приподнятый косинус)	0,2 (приподнятый косинус)	0,55 и 0,33 (фильтр Баттерворта 4-го порядка)	0,35 (приподнятый косинус)
Внешний код Рида-Соломона	(204,188, $T = 8$)	(146,130, $T = 8$)	(204,188, $T = 8$)	(204,188, $T = 8$)
Генератор Рида-Соломона	(255,239, $T = 8$)	(255,239, $T = 8$)	(255,239, $T = 8$)	(255,239, $T = 8$)

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

	Система А	Система В	Система С	Система D
Полиномиальный генератор кодов Рида-Соломона	$(x + \alpha^0)(x + \alpha^1) \dots (x + \alpha^{15})$, где $\alpha = 02_h$	$(x + \alpha^0)(x + \alpha^1) \dots (x + \alpha^{15})$, где $\alpha = 02_h$	$(x + \alpha^1)(x + \alpha^2) \dots (x + \alpha^{16})$, где $\alpha = 02_h$	$(x + \alpha^0)(x + \alpha^1) \dots (x + \alpha^{15})$, где $\alpha = 02_h$
Полиномиальный генератор сигналов частоты полей Рида-Соломона	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$
Рандомизация для рассеивания энергии	PRBS: $1 + x^{14} + x^{15}$	Нет	PRBS: $1 + x + x^3 + x^{12} + x^{16}$ усеченная для периода в 4894 байта	PRBS: $1 + x^{14} + x^{15}$
Последовательность загрузки в регистратор псевдослучайной двоичной последовательности (PRBS)	100101010000000	Нет сведений	0001 _h	100101010000000
Точка рандомизации	До кодера RS	Нет сведений	После кодера RS	После кодера RS
Перемежение	Сверточное, $I = 12, M = 17$ (Форни)	Сверточное, $N1 = 13, N2 = 146$ (Рамсей II)	Сверточное, $I = 12, M = 19$ (Форни)	Блочное (глубина = 8)
Внутреннее кодирование	Сверточное	Сверточное	Сверточное	Сверточное, решетчатое (8-PSK: TCM 2/3)
Длина кодового ограничения	$K = 7$	$K = 7$	$K = 7$	$K = 7$
Основная кодовая скорость	1/2	1/2	1/3	1/2
Полиномиальный генератор	171, 133 (в восьмеричном представлении)	171, 133 (в восьмеричном представлении)	117, 135, 161 (в восьмеричном представлении)	171, 133 (в восьмеричном представлении)
Скорость внутреннего кодирования	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	1/2, 2/3, 6/7	1/2, 2/3, 3/4, 3/5, 4/5, 5/6, 5/11, 7/8	1/2, 3/4, 2/3, 5/6, 7/8
Управление передачей	Нет	Нет	Нет	TMCC
Структура кадра	Нет	Нет	Нет	N слотов/кадр (например, N = 48) 8 кадров/суперкадр

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

	Система А	Система В	Система С	Система D
Размер пакета	188 байтов	130 байтов	188 байтов	188 байтов
Транспортный уровень	MPEG-2	Не относится к MPEG	MPEG-2	MPEG-2
Диапазон частот спутниковой линии вниз	Изначально предназначалась для диапазона 11/12 ГГц, не исключая другие спутниковые диапазоны частот	Изначально предназначалась для диапазона 11/12 ГГц, не исключая другие спутниковые диапазоны частот	Изначально предназначалась для спутниковых диапазонов 11/12 ГГц и 4 ГГц	Изначально предназначалась для диапазона 11/12 ГГц, не исключая другие спутниковые диапазоны частот

d) Примерные технические характеристики (Кодирование источника)

		Система А	Система В	Система С	Система D
Кодирование источника видеосигналов	Синтаксис	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-2
	Уровни	По меньшей мере основной уровень	По меньшей мере основной уровень	По меньшей мере основной уровень	От низкого уровня до высокого уровня
	Профили	По меньшей мере основной профиль	По меньшей мере основной профиль	По меньшей мере основной профиль	Основной профиль
Форматы кадра		4:3 16:9 (2.12:1 дополнительно)	4:3 16:9	4:3 16:9	4:3 16:9
Поддерживаемые размеры изображения		Не ограничены, рекомендуемые: 720 × 576 704 × 576 544 × 576 480 × 576 352 × 576 352 × 288	720 × 480 704 × 480 544 × 480 480 × 480 352 × 480 352 × 240 720 × 1 280 1 280 × 1 024 1 920 × 1 080	720(704) × 576 720(704) × 480 528 × 480 528 × 576 352 × 480 352 × 576 352 × 288 352 × 240	1 920 × 1 080 1 440 × 1 080 1 280 × 720 720 × 480 544 × 480 480 × 480 352 × 240* 176 × 120* (* для иерархической передачи)
Частота кадров на мониторе (в сек.)		25	29,97	25 или 29,97	29,97 или 59,94

ТАБЛИЦА 1 (окончание)

	Система А	Система В	Система С	Система D
Кодирование источника аудиосигнала	MPEG-2, Уровни I и II	MPEG-1, Уровень II; ATSC A/53 (AC3)	ATSC A/53 или MPEG-2 Уровни I и II	MPEG-2 AAC
Информация о службе	ETS 300 468	Система В	ATSC A/56 SCTE DVS/011	ETS 300 468
Электронная программа передач	ETS 300 707	Система В	По выбору пользователя	По выбору пользователя
Телетекст	Поддерживается	Не указано	Не указано	По выбору пользователя
Субтитры	Поддерживаются	Поддерживаются	Поддерживаются	Поддерживаются
Скрытые титры	Не указано	Да	Да	Поддерживаются

ТАБЛИЦА 2

Таблица сравнения характеристик

Модуляция и кодирование	Система А		Система В		Система С		Система D	
Режимы модуляции, поддерживаемые индивидуально и на одной и той же несущей	QPSK		QPSK		QPSK		8-PSK, QPSK и BPSK	
Эксплуатационные характеристики (определение требуемого отношения C/N для квазибезошибочной работы (QEF) (бит/сек/Гц))	Эффективность использования спектра	C/N для режима QEF ⁽¹⁾	Эффективность использования спектра	C/N для режима QEF ⁽²⁾	Эффективность ⁽³⁾ использования спектра	C/N для режим а QEF ⁽⁴⁾	Эффективность использования спектра	C/N для режима QEF ⁽⁵⁾
Режимы Внутренний код								
BPSK Сверт. 1/2	Не используется		Не используется		Нет		0,35	0,2

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

Модуляция и кодирование		Система А		Система В		Система С		Система D	
QPSK Сверт.	5/11	Не используется		Не используется		0,54/0,63	2,8/3,0	Не используется	
	1/2	0,72	4,1	0,74	3,8	0,59/0,69	3,3/3,5	0,7	3,2
	3/5	Нет		Не используется		0,71/0,83	4,5/4,7		
	2/3	0,96	5,8	0,98	5	0,79/0,92	5,1/5,3	0,94	4,9
	3/4	1,08	6,8	Не используется		0,89/1,04	6,0/6,2	1,06	5,9
	4/5	Не используется		Не используется		0,95/1,11	6,6/6,8	Не используется	
	5/6	1,2	7,8	Не используется		0,99/1,15	7,0/7,2	1,18	6,8
	6/7	Не используется		1,26	7,6	Не используется		Не используется	
	7/8	1,26	8,4	Не используется		1,04/1,21	7,7/7,9	1,24	7,4
8-PSK Решетчатое	Не используется		Не используется		Не используется		1,4	8,4	
Наличие возможности управления иерархической модуляцией?		Нет		Нет		Нет		Да	
Характеристики скорости передачи символов		Плавно регулируется		Фиксированная, 20 Мбд		Переменная, 19,5 или 29,3 Мбд		Плавно регулируется	
Длина пакета (в байтах)		188		130		188		188	
Поддерживаемые транспортные потоки		MPEG-2		Система В		MPEG-2		MPEG-2	

ТАБЛИЦА 2 (окончание)

Модуляция и кодирование	Система А	Система В	Система С	Система D
Соответствие транспортного потока спутниковым каналам	Один поток/канал	Один поток/канал	Один поток/канал	1–8 потоков/канал
Поддержка статистического мультиплексирования видеопотоков	Отсутствие ограничений в транспортном потоке	Отсутствие ограничений в транспортном потоке	Отсутствие ограничений в транспортном потоке	Отсутствие ограничения в транспортном потоке. Кроме того, это возможно в транспортном потоке в спутниковом канале

TWTA: усилитель на лампе бегущей волны.

IMUX: входной мультиплексор.

OMUX: выходной мультиплексор.

- (1) При $BER < 10^{-10}$. Значения отношения C/N для Системы А относятся к результатам компьютерного моделирования, полученным в гипотетической спутниковой цепи, включая IMUX, TWTA и OMUX, при коэффициенте спада модуляционной характеристики 0,35. Они основаны на предположении о применении в приемнике декодирования Витерби с мягким решением. Было принято отношение 1,28 полосы пропускания к символьной скорости. Значения для отношения C/N включают расчетное ухудшение в 0,2 дБ из-за ограничений полосы пропускания в фильтрах IMUX и OMUX, нелинейное искажение в 0,8 дБ в усилителе TWTA при насыщении и ухудшение параметров модема в 0,8 дБ. Эти значения применяются к $BER = 2 \times 10^{-4}$ до кодера Рида-Соломона (204,188), что соответствует режиму QEF на выходе кодера Рида-Соломона. Ухудшение параметров из-за воздействия помех во внимание не принимается.
- (2) При $BER = 1 \times 10^{-12}$.
- (3) Согласно расчетам с использованием отношений $2(Rc)(188/204)/1,55$ или $2(Rc)(188/204)/1,33$ для формирования нормального и усеченного спектра передачи для Системы С, соответственно, где Rc – скорость сверточного кодирования.
- (4) Теоретически E_s/N_0 при QPSK (2-бита на символ), т. е. отношение C/N при измерении в полосе пропускания, выраженной в виде бодовой скорости для формирования нормального и усеченного спектра, соответственно. Не включает запас на аппаратную реализацию или запас на потери спутникового ретранслятора.
- (5) Эти значения были получены в результате компьютерных моделирований и расцениваются как теоретические значения. Такие значения применяются к $BER = 2 \times 10^{-4}$ до кодера Рида-Соломона (204,188) с полосой пропускания, выраженной в виде бодовой скорости (ширина полосы частот по Найквисту). Не включает запас на аппаратную реализацию или запас на потери спутникового ретранслятора.

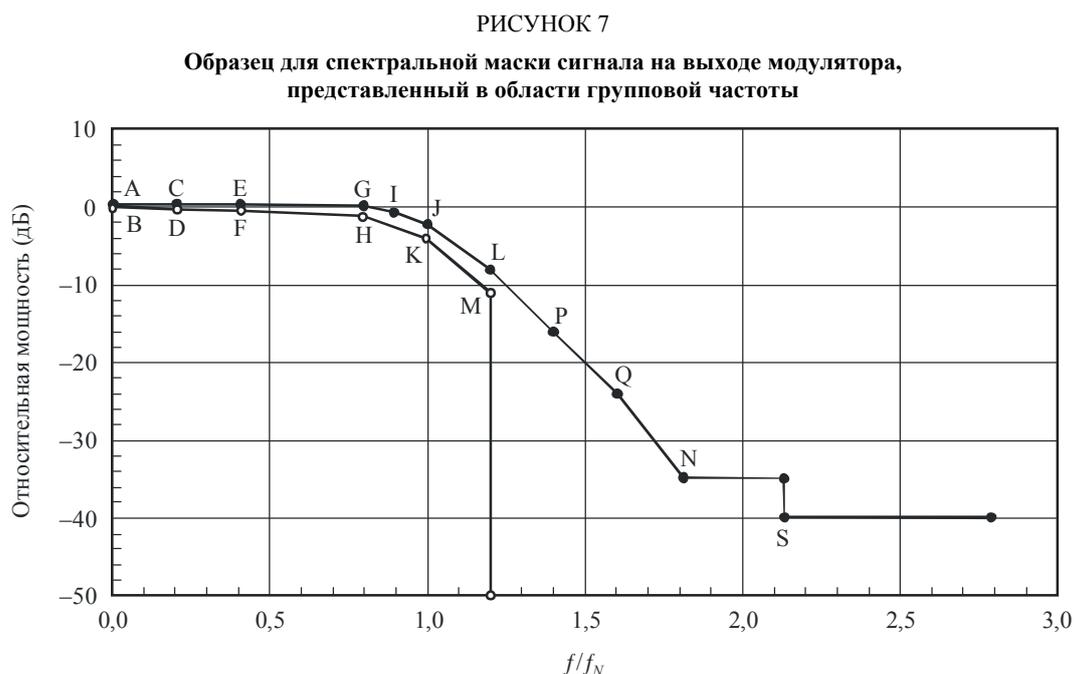
5 Конкретные характеристики

5.1 Спектр сигнала различных систем на выходе модулятора

5.1.1 Спектр сигнала для Системы А

В Системе А используется коэффициент спада частотной характеристики в виде квадратного корня приподнятого косинуса, равный 0,35.

На рисунке 7 приведен образец спектра сигнала на выходе модулятора.



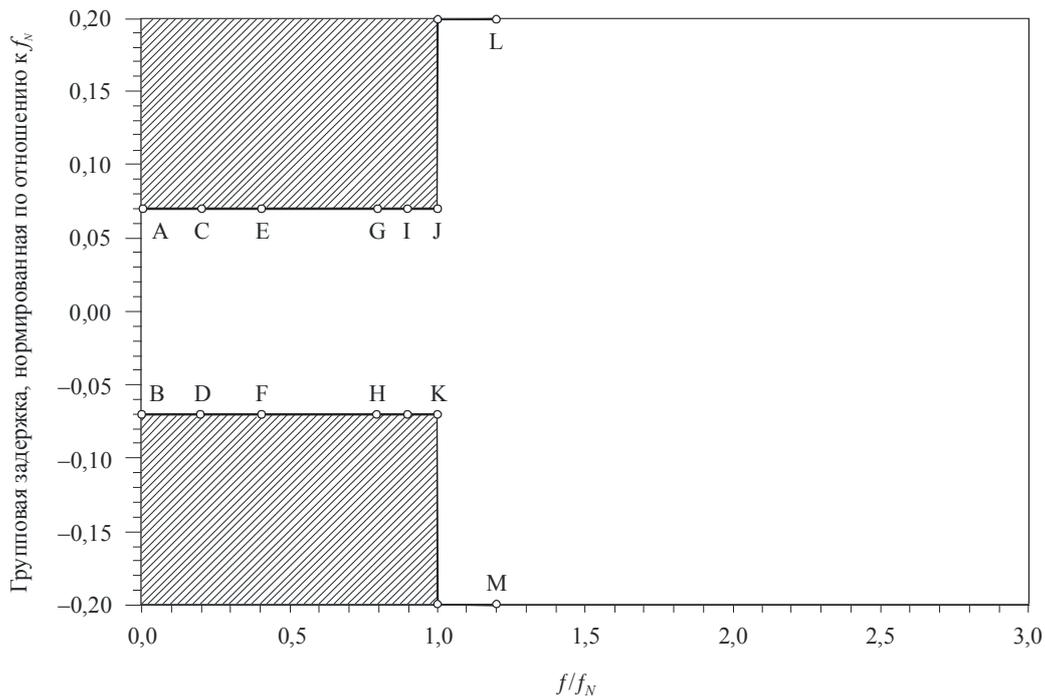
ВО.1516-07

На рисунке 7 также представлена возможная маска для аппаратной реализации средств фильтра модулятора Найквиста. Точки А–S, показанные на рис. 7 и 8, определяются в таблице 3. Маска для амплитудно-частотной характеристики фильтра базируется на предположении об идеальных входных сигналах в виде дельта-функции Дирака, разнесенных на символичный период $T_s = 1/R_s = 1/2f_N$, в то время как в случае прямоугольных входных сигналов к характеристикам фильтра должна применяться подходящая коррекция $x/\sin x$.

На рисунке 8 показана маска групповой задержки для аппаратной реализации фильтра модулятора Найквиста.

РИСУНОК 8

Образец для групповой задержки фильтра модулятора



ВО.1516-08

ТАБЛИЦА 3

Координаты точек, указанных на рисунках 7 и 8

Точка	Частота	Относительная мощность (дБ)	Групповая задержка
A	$0,0 f_N$	+0,25	$+0,07/f_N$
B	$0,0 f_N$	-0,25	$-0,07/f_N$
C	$0,2 f_N$	+0,25	$+0,07/f_N$
D	$0,2 f_N$	-0,40	$-0,07/f_N$
E	$0,4 f_N$	+0,25	$+0,07/f_N$
F	$0,4 f_N$	-0,40	$-0,07/f_N$
G	$0,8 f_N$	+0,15	$+0,07/f_N$
H	$0,8 f_N$	-1,10	$-0,07/f_N$
I	$0,9 f_N$	-0,50	$+0,07/f_N$
J	$1,0 f_N$	-2,00	$+0,07/f_N$
K	$1,0 f_N$	-4,00	$-0,07/f_N$
L	$1,2 f_N$	-8,00	—
M	$1,2 f_N$	-11,00	—

ТАБЛИЦА 3 (окончание)

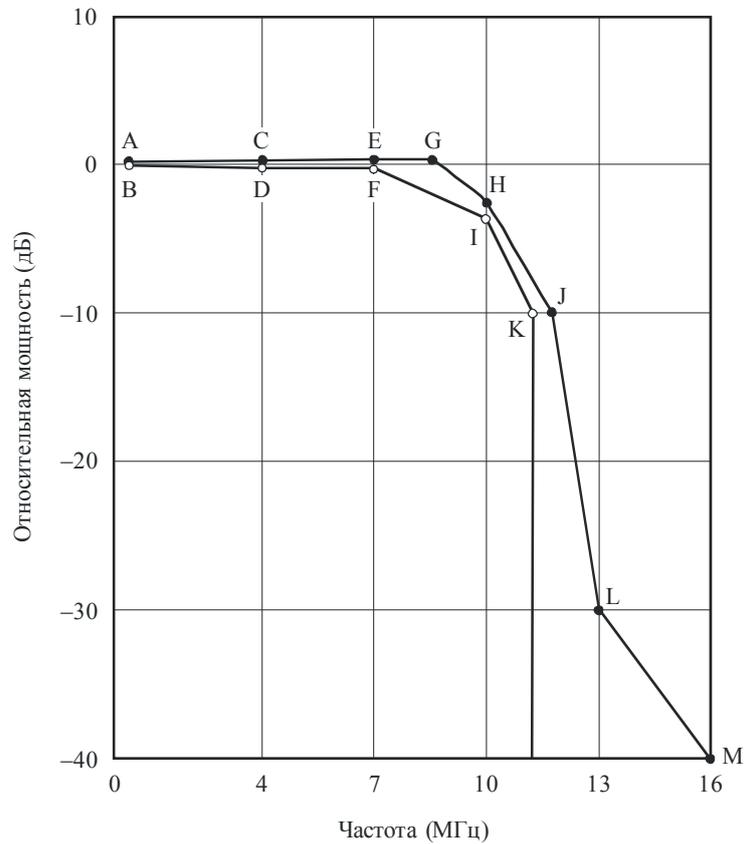
Точка	Частота	Относительная мощность (дБ)	Групповая задержка
N	$1,8 f_N$	-35,00	–
P	$1,4 f_N$	-16,00	–
Q	$1,6 f_N$	-24,00	–
S	$2,12 f_N$	-40,00	–

5.1.2 Спектр сигнала для Системы В

В Системе В используется коэффициент спада частотной характеристики в виде квадратного корня приподнятого косинуса, равный 0,2.

РИСУНОК 9

Спектр сигнала для Системы В



ВО.1516-09

ТАБЛИЦА 4
Координаты точек

Точка	Относительная мощность (дБ)	Частота (МГц)
A	0,2	0,05
B	-0,2	0,05
C	0,25	3,5
D	-0,25	3,5
E	0,3	7
F	-0,3	7
G	0,3	8,5
H	-2,5	10
I	-3,5	10
J	-10	11,75
K	-10	11,25
L	-30	13
M	-40	16

5.1.3 Спектр сигнала для Системы С

В данном разделе формулируются рекомендации по проектированию Системы С для формирования группового сигнала и спектра выходного сигнала модулятора.

5.1.3.1 Формирование группового сигнала

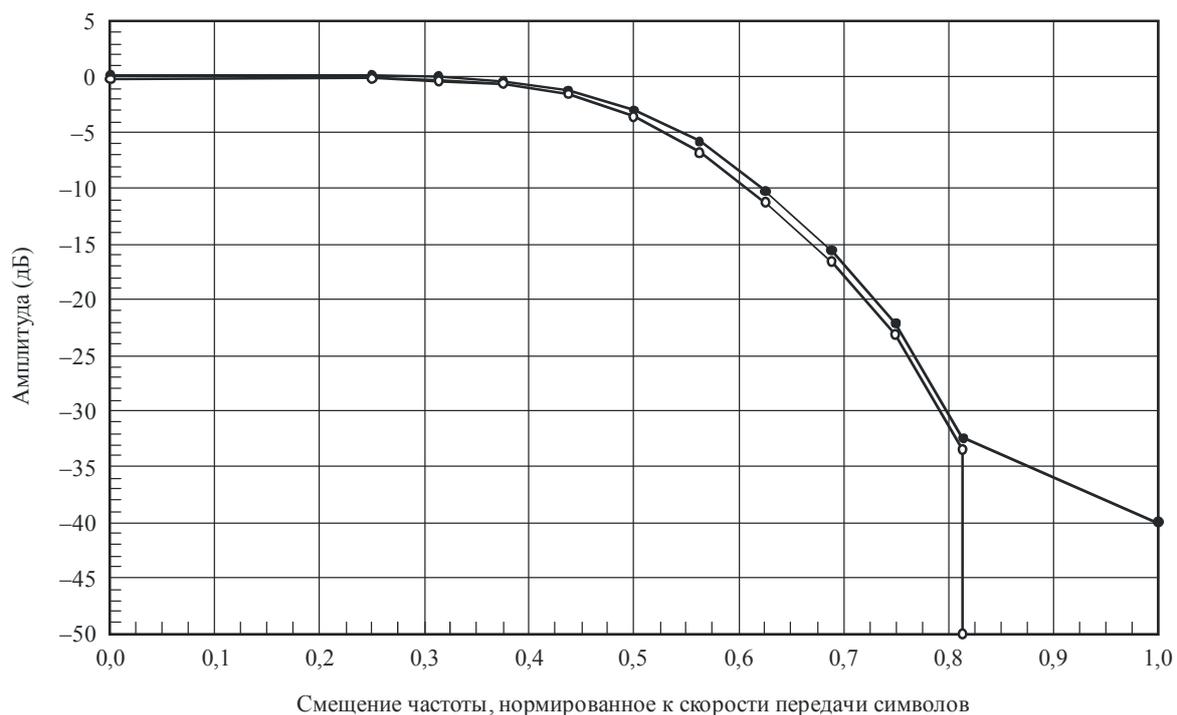
В Системе С используются узкополосные фильтры Баттерворта 4-го порядка в стандартном режиме или режиме усеченного спектра, в зависимости от требований системы.

5.1.3.1.1 Амплитудно-частотная характеристика

На рисунках 10а и 10b показаны рекомендуемые задачи проектирования в стандартном режиме и режиме усеченного спектра для спектральной плотности при формировании группового сигнала, нормированной по отношению к скорости передачи символов. В таблицах 5а и 5b указаны соответствующие контрольные точки для стандартного режима и режима усеченного спектра соответственно.

РИСУНОК 10а

Маска спектральной плотности для стандартного режима



ВО.1516-10а

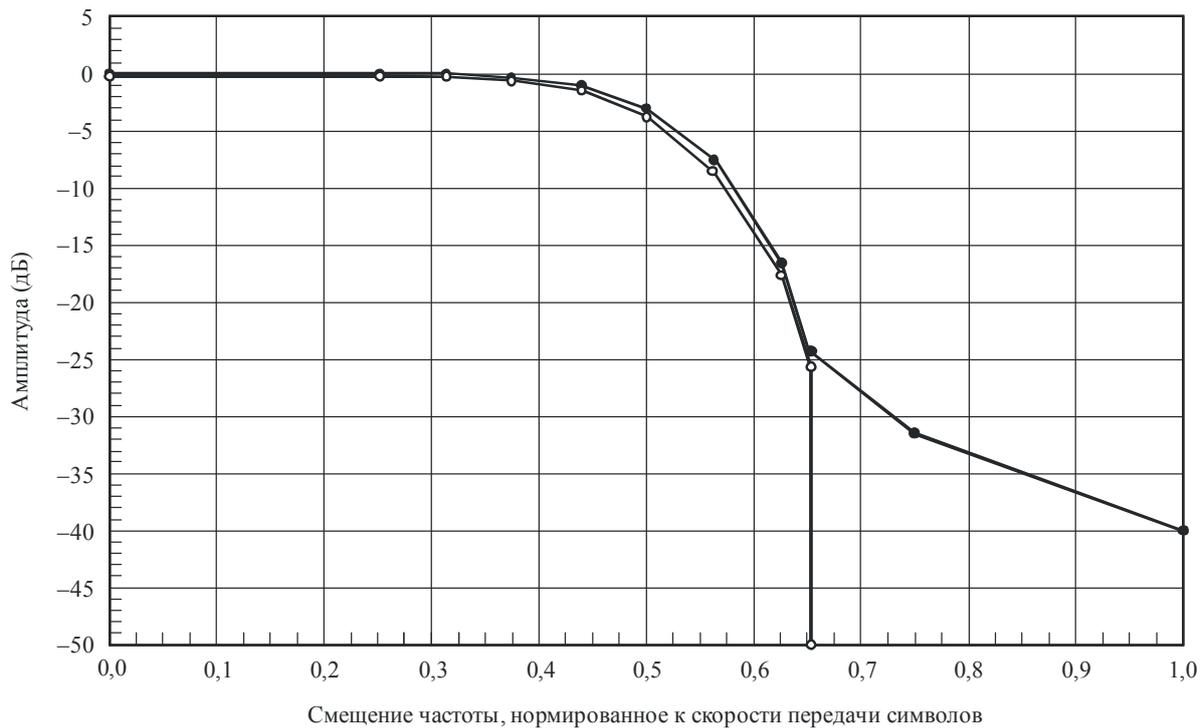
ТАБЛИЦА 5а

Контрольные точки маски спектральной плотности для стандартного режима

Смещение частоты, нормированное по отношению к скорости передачи символов	Контрольные точки верхней маски (дБ)	Контрольные точки нижней маски (дБ)
0,00	0,1	-0,1
0,25	0,1	-0,1
0,3125	0,0	-0,2
0,375	-0,35	-0,55
0,4375	-1,25	-1,45
0,50	-3,0	-3,50
0,5625	-5,85	-6,85
0,625	-10,25	-11,25
0,6875	-15,55	-16,55
0,75	-22,05	-23,05
0,8125	-32,3	-33,3
0,8125		-50,0
1,0	-40,0	

РИСУНОК 10b

Маска спектральной плотности для режима усеченного спектра



ВО.1516-10b

ТАБЛИЦА 5b

Контрольные точки маски спектральной плотности для режима усеченного спектра

Смещение частоты, нормированное по отношению к скорости передачи символов	Контрольные точки верхней маски (дБ)	Контрольные точки нижней маски (дБ)
0,00	0,1	-0,1
0,25	0,1	-0,1
0,3125	-0,15	-0,35
0,375	-0,35	-0,55
0,4375	-1,0	-1,2
0,50	-2,9	-3,4
0,5625	-7,4	-8,4
0,625	-16,6	-17,6
0,654	-24,5	-25,5
0,654		-50,0
0,75	-31,8	
1,0	-40,0	

5.1.3.1.2 Характеристики группового времени задержки

На рисунках 11a и 11b показаны рекомендуемые задачи проектирования в стандартном режиме и режиме усеченного спектра для групповой задержки при формировании группового сигнала, нормализованной по отношению к скорости передачи символов. В таблицах 6a и 6b указаны соответствующие контрольные точки для стандартного режима и режима усеченного спектра соответственно. Фактическая необходимая групповая задержка может быть получена путем деления значений таблицы на скорость передачи символов (Гц); например, для работы со скоростью 29,27 Мсимволов/сек точка нижней маски стандартного режима при смещении частоты $0,3 \times 29,27 \text{ МГц} = 8,78 \text{ МГц}$ получена из таблицы 6a и равняется $(-0,20/29,27 \times 10^6 \text{ Гц}) = -6,8 \times 10^{-9} \text{ с} = -6,8 \text{ нс}$.

РИСУНОК 11a



ВО.1516-11a

ТАБЛИЦА 6a

Контрольные точки нормированной групповой задержки для стандартного режима

Смещение частоты, нормированное по отношению к скорости передачи символов (f_{sym})	Точка нижней маски групповой задержки, нормированной по отношению к скорости передачи символов (задержка $\times f_{sym}$ (Гц))	Точка верхней маски групповой задержки, нормированной по отношению к скорости передачи символов (задержка $\times f_{sym}$ (Гц))
0,00	-0,03	0,03
0,05	-0,03	0,03
0,10	-0,03	0,03
0,15	-0,05	0,01
0,20	-0,08	-0,01
0,25	-0,13	-0,06
0,30	-0,20	-0,13
0,35	-0,29	-0,22
0,40	-0,36	-0,29
0,45	-0,38	-0,31

ТАБЛИЦА 6а (окончание)

Смещение частоты, нормированное по отношению к скорости передачи символов (f_{sym})	Точка нижней маски групповой задержки, нормированной по отношению к скорости передачи символов (задержка $\times (f_{sym} \text{ (Гц)})$)	Точка верхней маски групповой задержки, нормированной по отношению к скорости передачи символов (задержка $\times (f_{sym} \text{ (Гц)})$)
0,50	-0,34	-0,27
0,55	-0,23	-0,15
0,575	-0,13	-0,06
0,60	-0,03	0,04
0,625	0,06	0,15

РИСУНОК 11б

Маска нормированной групповой задержки для режима усеченного спектра

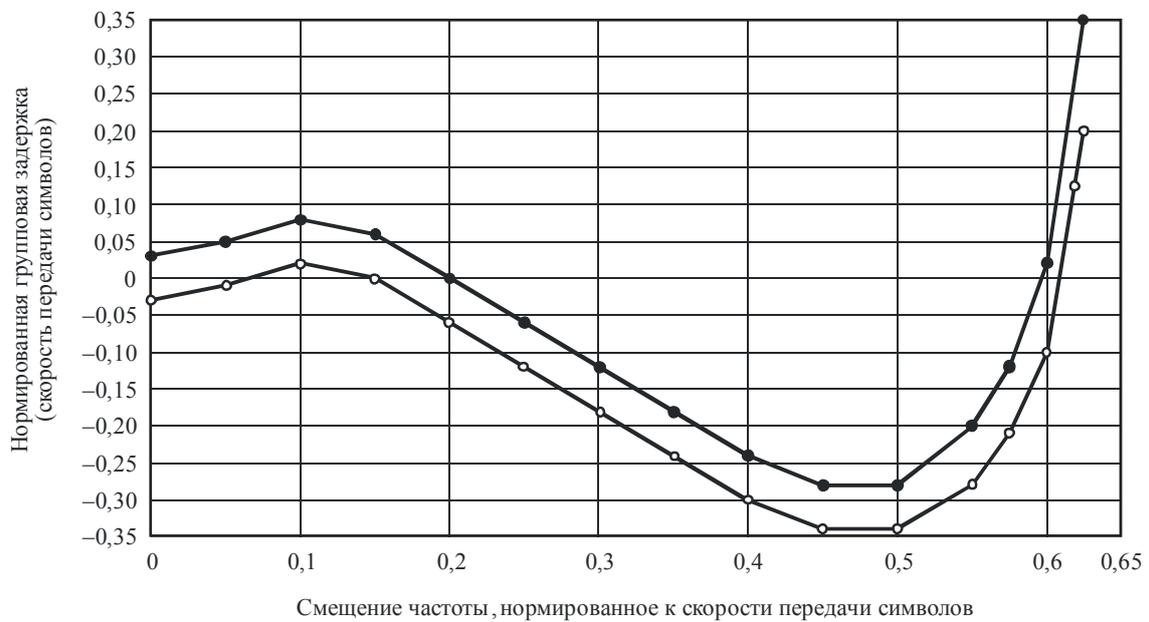


ТАБЛИЦА 6б

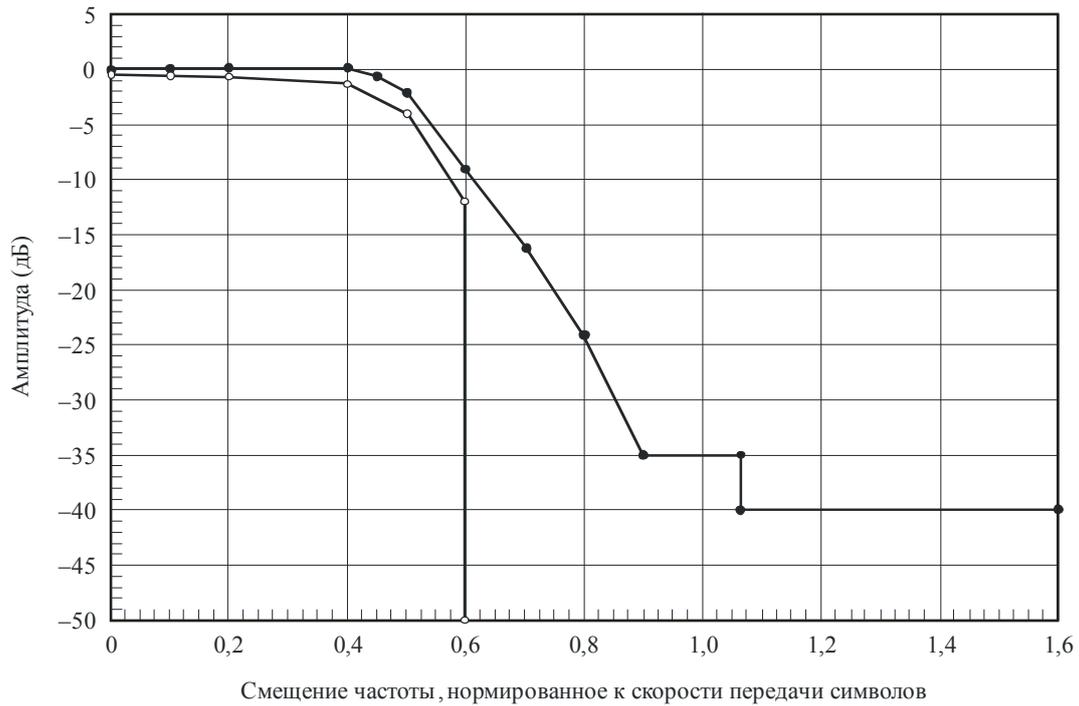
Контрольные точки нормированной групповой задержки для режима усеченного спектра

Смещение частоты, нормированное по отношению к скорости передачи символов (f_{sym})	Точка нижней маски групповой задержки, нормированной по отношению к скорости передачи символов (задержка $\times (f_{sym}$ (Гц)))	Точка верхней маски групповой задержки, нормированной по отношению к скорости передачи символов (задержка $\times (f_{sym}$ (Гц)))
0,00	-0,03	0,03
0,05	-0,01	0,05
0,10	0,02	0,08
0,15	-0,00	0,06
0,20	-0,06	-0,00
0,25	-0,12	-0,06
0,30	-0,18	-0,12
0,35	-0,24	-0,18
0,40	-0,30	-0,24
0,45	-0,34	-0,28
0,50	-0,34	-0,28
0,55	-0,28	-0,20
0,575	-0,21	-0,12
0,60	-0,10	0,02
0,625	0,20	0,32

5.1.3.2 Характеристика модулятора

Рекомендуемая спектральная характеристика выходного сигнала модулятора для Системы С показана на рис. 11с и сведена в таблицу 6с.

РИСУНОК 11с
Спектральная маска Системы С



ВО.1516-11с

ТАБЛИЦА 6с
Спектральная маска Системы С

Смещение частоты, нормированное по отношению к скорости передачи символов	Контрольные точки верхней маски (дБ)	Контрольные точки нижней маски (дБ)
0,0	0,25	-0,25
0,1		-0,4
0,2		-0,4
0,4	0,25	-1,0
0,45	-0,5	
0,5	-2,0	-4,0
0,6	-9,0	-12,0
0,6		-50,0
0,7	-16,0	
0,8	-24,0	
0,9	-35,0	
1,06	-35,0	
1,06	-40,0	
1,6	-40,0	

5.1.4 Спектр сигнала для Системы D

Спектр сигнала для Системы D идентичен спектру сигнала для Системы А. См. п. 5.1.1.

5.2 Сверточное кодирование

5.2.1 Характеристики сверточного кодирования для Системы А

В таблице 7а приведены характеристики перфорированного кода для Системы А исходя из основной скорости кодирования 1/2:

ТАБЛИЦА 7а
Характеристики сверточного кодирования для Системы А

Исходный код			Кодовые скорости									
			1/2		2/3		3/4		5/6		7/8	
<i>K</i>	$G_1(X)$	$G_2(Y)$	<i>P</i>	d_{free}	<i>P</i>	d_{free}	<i>P</i>	d_{free}	<i>P</i>	d_{free}	<i>P</i>	d_{free}
7	171 ₀	133 ₀	$X = 1$ $Y = 1$ $I = X_1$ $Q = Y_1$	10	$X = 10$ $Y = 11$ $I = X_1 Y_2 Y_3$ $Q = Y_1 X_3 Y_4$	6	$X = 101$ $Y = 110$ $I = X_1 Y_2$ $Q = Y_1 X_3$	5	$X = 10101$ $Y = 11010$ $I = X_1 Y_2 Y_4$ $Q = Y_1 X_3 X_5$	4	$X = 1000101$ $Y = 1111010$ $I = X_1 Y_2 Y_4 Y_6$ $Q = Y_1 Y_3 X_5 X_7$	3

1: передаваемый бит.

0: непередаемый бит.

P: перфорирование.

5.2.2 Характеристики сверточного кодирования для Системы В

В таблице 7b приведены характеристики перфорированного кода для Системы В.

ТАБЛИЦА 7b
Характеристики сверточного кодирования для Системы В

Исходный код			Кодовые скорости					
			1/2		2/3		6/7	
<i>K</i>	$G_1(X)$	$G_2(Y)$	<i>P</i>	d_{free}	<i>P</i>	d_{free}	<i>P</i>	d_{free}
7	171 ₀	133 ₀	$X = 1$ $Y = 1$ $I = X_1$ $Q = Y_1$	10	$X = 10$ $Y = 11$ $I = X_1 Y_2 Y_3$ $Q = Y_1 X_3 Y_4$	6	$X = 100101$ $Y = 111010$ $I = X_1 Y_2 X_4 X_6$ $Q = Y_1 Y_3 Y_5 Y_7$	Подлежит определению

P: перфорирование.

5.2.3 Характеристики сверточного кодирования для Системы С

Ниже приведены характеристики перфорированного кода для Системы С исходя из основной скорости кодирования 1/3:

Уровень кодирования включает следующие характеристики сверточного кодирования:

- Сверточный кодер обеспечивает побитовую передачу мультиплексных каналов *I* и *Q* с перемежением данных.
- В приемнике IRD осуществляется синхронизация узлов сверточного кода и процесса перфорирования.

- Сверточный перфорированный код формируется исходя из длины кодового ограничения 7 и основной кодовой скорости 1/3. Генераторами кодов для кодовой скорости 1/3 являются $G(2) = 1001111$ в двоичном представлении (117 в восьмеричном представлении), $G(1) = 1011101$ в двоичном представлении (135 в восьмеричном представлении) и $G(0) = 1110001$ в двоичном представлении (161 в восьмеричном представлении). Генераторы кодов определяются в порядке от наименее задержанных к наиболее задержанным входным битам (см. рис. 12).
- Ниже указываются следующие перфорированные матрицы:
 - Перфорированная матрица для кодовой скорости 3/4 имеет вид $p_2 = [100]$, $p_1 = [001]$, $p_0 = [110]$ (двоичные числа). Для выхода 1 из последовательности в три бита удаляются каждый второй и третий биты, для выхода 2 удаляются каждый первый и второй биты, а для выхода 3 удаляется каждый третий выходной бит.
 - Перфорированная матрица для кодовой скорости 1/2 имеет вид $[0]$, $[1]$, $[1]$ (в двоичном представлении).
 - Перфорированная матрица для кодовой скорости 5/11 имеет вид $[0]$, $[11010]$, $[11111]$ (в двоичном представлении).
 - Перфорированная матрица для кодовой скорости 2/3 имеет вид $[11]$, $[1]$, $[1]$ (в двоичном представлении).
 - Перфорированная матрица для кодовой скорости 4/5 имеет вид $[0]$, $[1000]$, $[11111]$ (в двоичном представлении).
 - Перфорированная матрица для кодовой скорости 7/8 имеет вид $[0]$, $[1111111]$, $[11111]$ (в двоичном представлении).
 - Перфорированная матрица для кодовой скорости 3/5 имеет вид $[0]$, $[111]$, $[11111]$ (в двоичном представлении).
 - Перфорированная матрица для кодовой скорости 5/6 имеет вид $[0]$, $[11001]$, $[11111]$ (в двоичном представлении).
- На выходе сверточного кодера порядок соответствует последовательной передаче перфорированных данных выходов G_2 , затем G_1 и, наконец, G_0 .
- Первый бит перфорированной последовательности данных на выходе кодера соответствует каналу I сигнала QPSK в комбинированном режиме мультиплексирования MUX; например, на следующей диаграмме (рис. 12) символы i_0 , k_1 , i_3 , k_4 ... относятся к каналу I , а символы k_0 , j_2 , k_3 , j_5 ... относятся к каналу Q .

5.2.4 Характеристики сверточного кодирования для Системы D

Характеристики сверточного кодирования для Системы D в целом схожи с характеристиками Системы A.

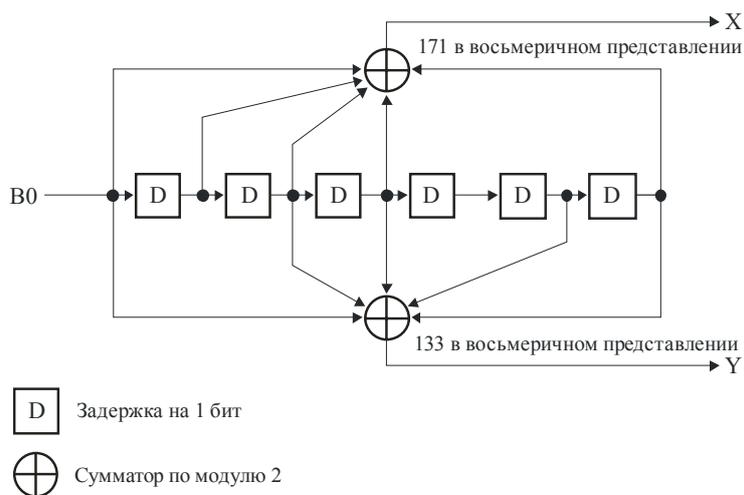
Система D использует не только QPSK, но также TC8-PSK и BPSK. Следовательно, характеристики для Системы D являются расширенными по сравнению с характеристиками для Системы A.

Система D допускает применение множества схем модуляции, а также ряда перфорированных сверточных кодов на основе сверточного кода с кодовой скоростью 1/2 при длине кодового ограничения 7. Генераторный полином равен 171 в восьмеричном представлении и 133 в двоичном представлении (см. рис. 13). Она также допускает использование TC8-PSK, QPSK и BPSK. При допущении данных схем модуляции в системе предусматривается кодовая скорость 2/3 для TC8-PSK, кодовые скорости 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 и 7/8 для QPSK и 1/2 для BPSK.

На рисунке 12 показан сверточный кодер, а на рис. 13 показаны схемы перфорирования и отображения символов. Перфорированные коды соответствуют кодам, представленным в таблице 8. Отображения символов приведены на рис. 14. Что касается BPSK, то два кодированных бита (P_0 и P_1) передаются в порядке P_1 и P_0 . Входной бит B_1 должен использоваться только для TC8-PSK, где B_1 и B_0 – это два последовательных бита в байте данных (B_1 представляет бит более высокого порядка).

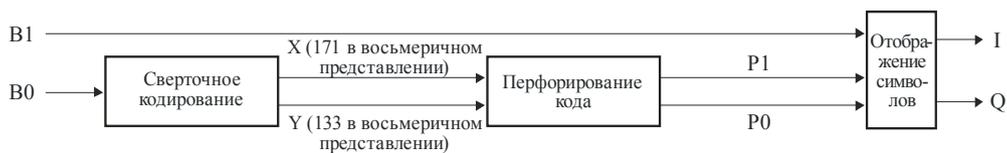
Для кодов модуляции и сверточных кодов, не относящихся к описанным выше, должны применяться соответствующие характеристики.

РИСУНОК 12
Сверточный кодер



ВО.1516-12

РИСУНОК 13
Схема внутреннего кодирования и отображения символов



ВО.1516-13

ТАБЛИЦА 8

Определение перфорированного кода

BPSK		QPSK										TC8-PSK	
1/2		1/2		2/3		3/4		5/6		7/8		2/3	
<i>P</i>	<i>d_{free}</i>	<i>P</i>	<i>d_{free}</i>	<i>P</i>	<i>d_{free}</i>	<i>P</i>	<i>d_{free}</i>	<i>P</i>	<i>d_{free}</i>	<i>P</i>	<i>d_{free}</i>	<i>P</i>	<i>d_{free}</i>
<i>X</i> = 1		<i>X</i> = 1		<i>X</i> = 10		<i>X</i> = 101		<i>X</i> = 10101		<i>X</i> = 1000101		<i>X</i> = 1	
<i>Y</i> = 1	10	<i>Y</i> = 1	10	<i>Y</i> = 11	6	<i>Y</i> = 110	5	<i>Y</i> = 11010	4	<i>Y</i> = 1111010	3	<i>Y</i> = 1	10
<i>P</i> 1 = <i>X</i> ₁		<i>P</i> 1 = <i>X</i> ₁		<i>P</i> 1 = <i>X</i> ₁ <i>Y</i> ₂ <i>Y</i> ₃		<i>P</i> 1 = <i>X</i> ₁ <i>Y</i> ₂		<i>P</i> 1 = <i>X</i> ₁ <i>Y</i> ₂ <i>Y</i> ₄		<i>P</i> 1 = <i>X</i> ₁ <i>Y</i> ₂ <i>Y</i> ₄ <i>Y</i> ₆		<i>P</i> 1 = <i>X</i> ₁	
<i>P</i> 0 = <i>Y</i> ₁		<i>P</i> 0 = <i>Y</i> ₁		<i>P</i> 0 = <i>Y</i> ₁ <i>X</i> ₃ <i>Y</i> ₄		<i>P</i> 0 = <i>Y</i> ₁ <i>X</i> ₃		<i>P</i> 0 = <i>Y</i> ₁ <i>X</i> ₃ <i>X</i> ₅		<i>P</i> 0 = <i>Y</i> ₁ <i>Y</i> ₃ <i>X</i> ₅ <i>X</i> ₇		<i>P</i> 0 = <i>Y</i> ₁	

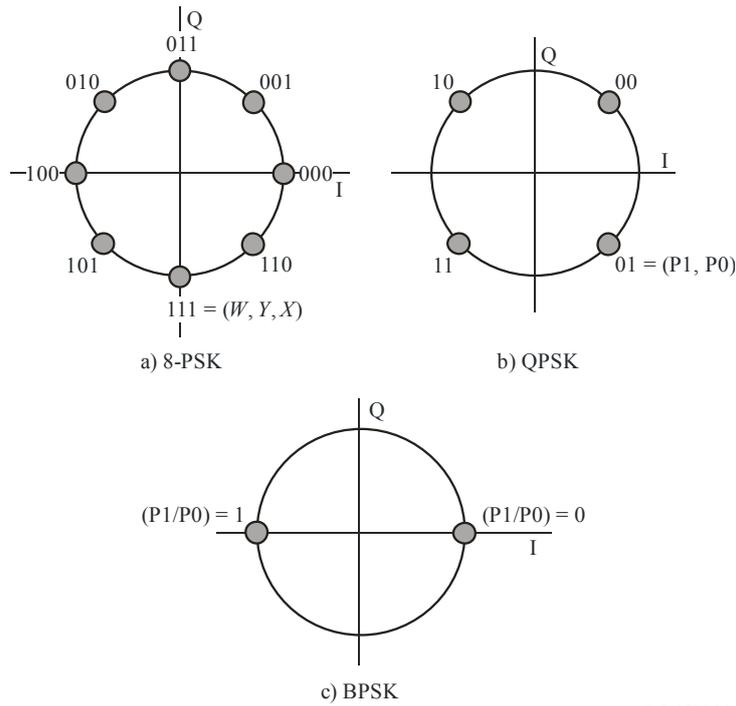
1: передаваемый бит.

0: непередаемый бит.

d_{free}: свободное расстояние сверточного кода.

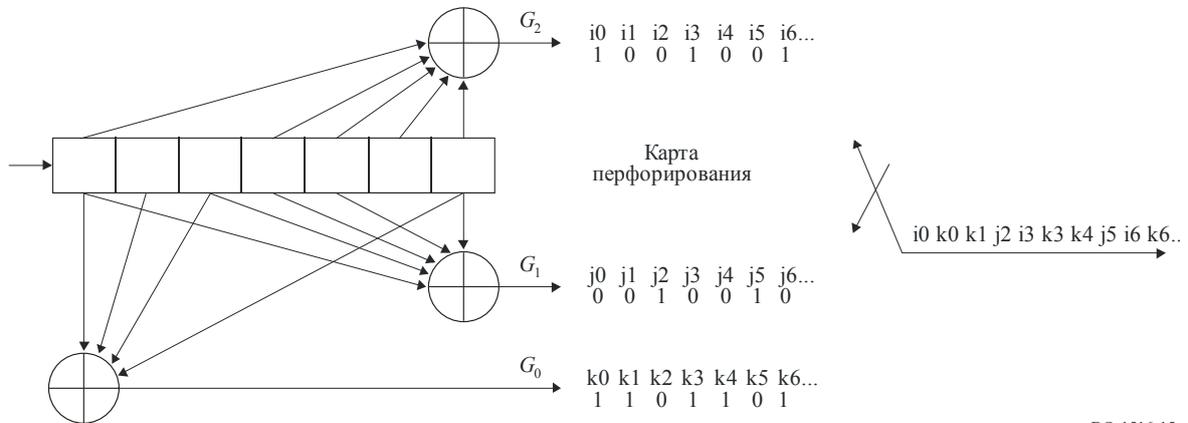
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Перфорированный код инициализируется в начале последовательных слотов, предназначенных для соответствующего кода.

РИСУНОК 14
Отображение символов



ВО.1516-14

РИСУНОК 15
Сверточный кодер (пример для скорости 3/4)



ВО.1516-15

5.3 Характеристики синхронизации

5.3.1 Характеристики синхронизации для Системы А

Цифровой поток на входе системы представляется в виде пакетов данных фиксированной длины, поступающих из транспортного мультиплексора стандарта MPEG-2 (см. ИСО/МЭК DIS 13818-1 см. [1] п. 6). Общая длина пакета данных транспортного мультиплексора MPEG-2 составляет 188 байтов. Каждый пакет содержит 1 байт синхрослова (т. е. 47_h). Обработка данных на передающей стороне должна начинаться всегда после старшего значащего бита (MSB) (т. е. "0") байта синхрослова (т. е. 01000111).

5.3.2 Характеристики синхронизации для Системы В

К каждому кодированному блоку данных (146 байтов) добавляется один байт синхронизации. Байт синхронизации добавляется после процесса перемежения. Байт синхронизации представляет собой двоичное число 00011101 и прибавляется в начале каждого кодированного блока данных.

5.3.3 Характеристики синхронизации для Системы С

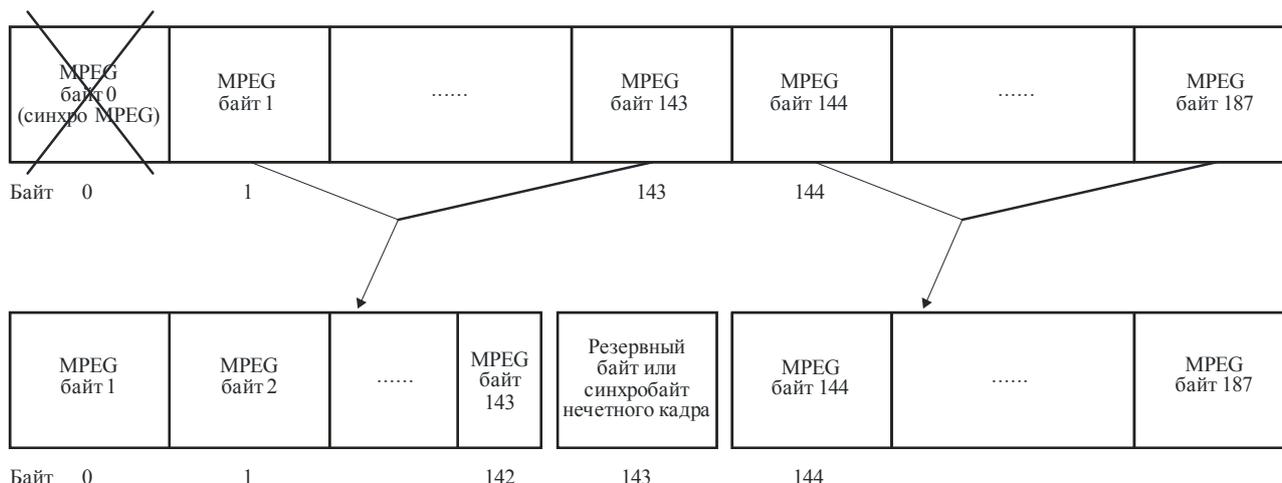
Обработка сигналов передачи на линии вверх облегчает синхронизацию кодовой системы FEC путем осуществления переупорядочения пакетов данных MPEG-2 и введения 16-битовой кадровой синхронизации и резервных кодовых слов. На рисунке 16 показана обработка на линии вверх, необходимая для обеспечения того, чтобы на выходе декодера Витерби через каждые 12 интервалов блоков кода Рида-Соломона появлялась 16-битовая структура кадровой синхронизации.

Для целей синхронизации кодер выполняет следующие функции:

- На входе устройства для переупорядочения пакетов данных на линии вверх все байты из транспортного потока MPEG-2, состоящего из 188 байтов, пронумерованы от 0 до 187. Транспортные пакеты MPEG-2 могут быть пронумерованы как $n = 0, 1, 2$.
- В транспортных пакетах с номером 0 (по модулю 12) синхробайт MPEG-2 с номером 0 заменяется синхробайтом четного цикла 00110110, пронумерованным в направлении слева направо, т. е. от старшего значащего бита (MSB) к младшему (LSB). Первым передается по каналу бит MSB. Если текущим транспортным потоком MPEG является канал Q MUX (мультиплексирование) в режиме разделяющего MUX, то четный синхробайт имеет значение 10100100.
- В транспортных пакетах с номером 11 (по модулю 12) отвергается синхробайт MPEG-2 с номером 0, смещаются байты с номерами от 1 до 143, вводится синхробайт нечетного цикла 01011010 (от MSB до LSB, передается первым по каналу) после байта MPEG-2 с номером 143 (для Q -канала MUX в режиме разделяющего MUX синхробайт нечетного цикла имеет значение 01111110) и добавляются байты пакета MPEG-2 с номерами от 144 до 187, чтобы завершить формирование структуры пакета. На рисунке 17 показан этот процесс обработки нечетных пакетов.
- В четных транспортных пакетах с номерами, отличными от 0 (по модулю 12), синхробайт MPEG-2 с номером 0 заменяется резервным байтом.
- В нечетных транспортных пакетах с номерами, отличающимися от 11 (по модулю 12), отвергается синхробайт MPEG-2 с номером 0, смещаются байты с номерами от 1 до 143, вводится резервный байт после байта MPEG-2 с номером 143 и добавляются байты MPEG-2 с номерами от 144 до 187 для завершения формирования структуры пакета.
- Рандомизатор инициируется при прохождении транспортных пакетов с номерами 0 (по модулю 24) и выключается на время появления четных и нечетных синхробайтов длиной 16 битов на выходе сверточного перемежителя через каждые 12 блоков кода Рида-Соломона.
- При работе в режиме разделяющего MUX в случае применения модулятора QPSK поток данных для канала Q задерживается на один символ относительно потока для канала I. Это обеспечивает повторное вхождение в синхронизм при замираниях в линии вниз или в случае проскальзывания циклов.

РИСУНОК 17

Переупорядочивание пакетов на линии вверх для пакетов с нечетными номерами



ВО.1516-17

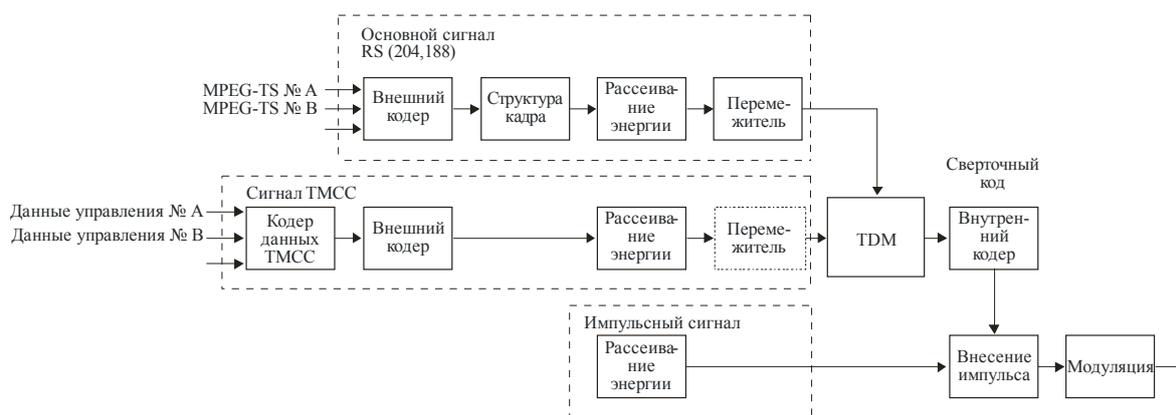
5.3.4 Характеристики синхронизации для Системы D

Общая конфигурация Системы D показана на рис. 18. Система может обрабатывать три вида сигналов для передачи множества транспортных потоков MPEG-TS с различными видами схем модуляции с целью достижения устойчивого и легкого приема. Три вида сигналов, обрабатываемых системой, – это:

- основной сигнал, который состоит из множества транспортных потоков MPEG-TS и переносит контент программы;
- сигнал управления конфигурацией передачи и мультиплексирования (TMCC), который информирует приемник о примененных схемах модуляции, идентификации транспортных потоков MPEG-TS и т. д.; и
- импульсный сигнал, обеспечивающий восстановление стабильной несущей в приемнике при любых условиях приема (особенно при условиях низкого отношения несущей к шуму (C/N)).

РИСУНОК 18

Общая конфигурация системы



ВО.1516-18

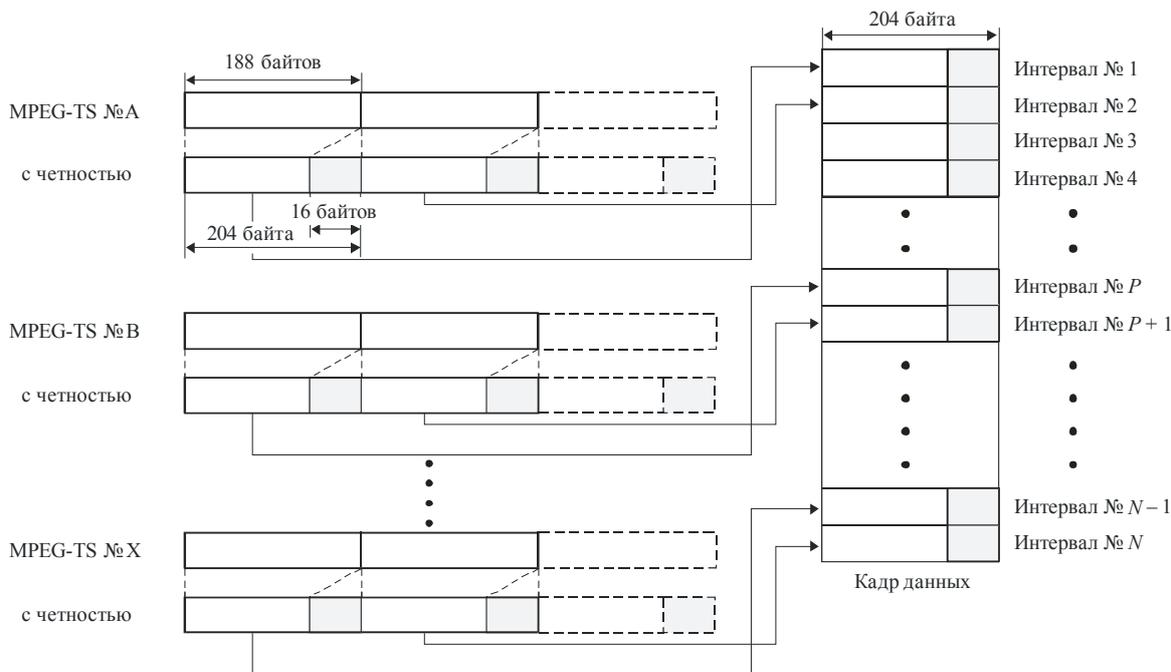
Чтобы обработать множество транспортных потоков MPEG-TS и позволить использование нескольких схем модуляции одновременно, в Системе D применяется структура кадра.

Для объединения транспортных потоков MPEG-TS 204-байтовые пакеты с защитой от ошибок присваиваются интервалам в кадре данных, как показано на рис. 19. Этот интервал указывает абсолютное местоположение в кадре данных и используется в качестве единицы, обозначающей

схему модуляции и идентификацию транспортного потока MPEG-TS. Размер интервала (число байтов в интервале) составляет 204 байта для соблюдения взаимно-однозначного соответствия между интервалами и пакетами с защитой от ошибок. Структура кадра состоит из N интервалов.

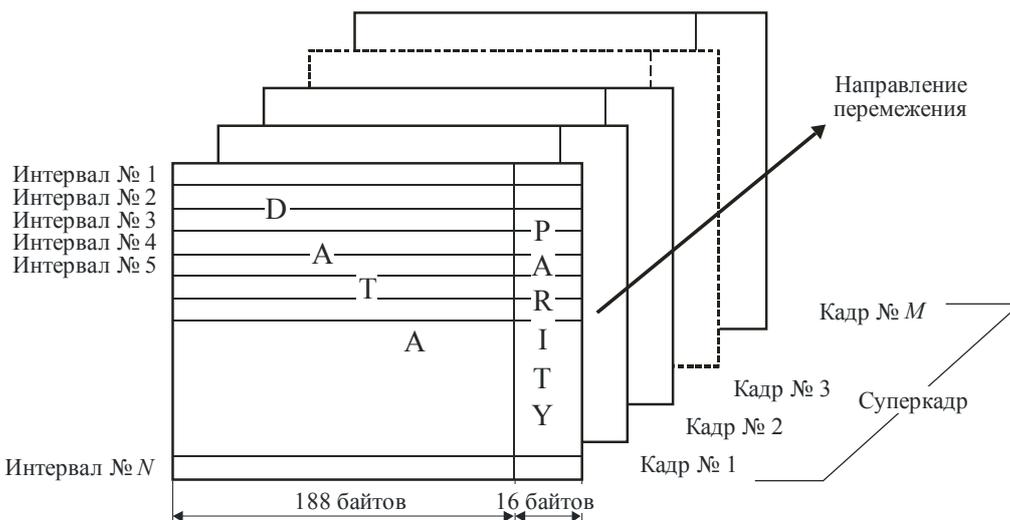
Суперкадр вводится для облегчения процедуры перемежения. На рисунке 20 показана структура суперкадра. Структура суперкадра состоит из M кадров, где M соответствует глубине перемежения.

РИСУНОК 19
Структура кадра



ВО.1516-19

РИСУНОК 20
Структура суперкадра



ВО.1516-20

Поскольку эффективность использования спектра или количество битов, передаваемых на один символ, меняется в зависимости от комбинации модуляции и скорости внутреннего кодирования, количество передаваемых пакетов зависит от данной комбинации. Поскольку количество символов,

подлежащих модуляции по определенной схеме, должно быть целым, соотношение между количеством переданных пакетов и количеством символов для модуляции задается уравнением (1).

$$I_k = \frac{8 B P_k}{E_k}, \quad (1)$$

где:

I_k, P_k : целые числа;

I_k : количество символов, переданных с k -й комбинацией схемы модуляции и скорости внутреннего кодирования

P_k : количество пакетов, переданных с k -й комбинацией схемы модуляции и скорости внутреннего кодирования

E_k : эффективность использования спектра k -й комбинации схемы модуляции и скорости внутреннего кодирования

B : количество байтов на пакет (= 204).

Количество символов на кадр данных, I_D , выражается уравнением (2).

$$I_D = \sum_k I_k. \quad (2)$$

Количество пакетов, переданных во время длительности кадра, становится максимальным, когда все пакеты модулируются комбинацией "схема модуляции – скорость кодирования", имеющей самую высокую эффективность использования спектра среди возможных комбинаций в системе. Поэтому количество интервалов, предоставленных системой, определяется подстановкой I_D и E_{max} для уравнения (1).

$$N = \frac{I_D E_{max}}{8 B}, \quad (3)$$

где N обозначает количество интервалов, предоставляемых системой, а E_{max} обозначает самую высокую эффективность использования спектра комбинаций "схема модуляции – скорость кодирования", предусматриваемых системой.

Когда применяются комбинации "схема модуляции – скорость кодирования", не обладающие самой высокой эффективностью использования спектра, количество передаваемых пакетов становится меньше количества слотов, предоставляемых системой. В этом случае некоторые из интервалов должны быть заполнены фиктивными данными для сохранения постоянного размера кадра (количества интервалов в кадре). Такие интервалы называют "фиктивными интервалами". Количество фиктивных интервалов S_d в кадре получается из следующего уравнения (4).

$$S_d = N - \sum_k P_k. \quad (4)$$

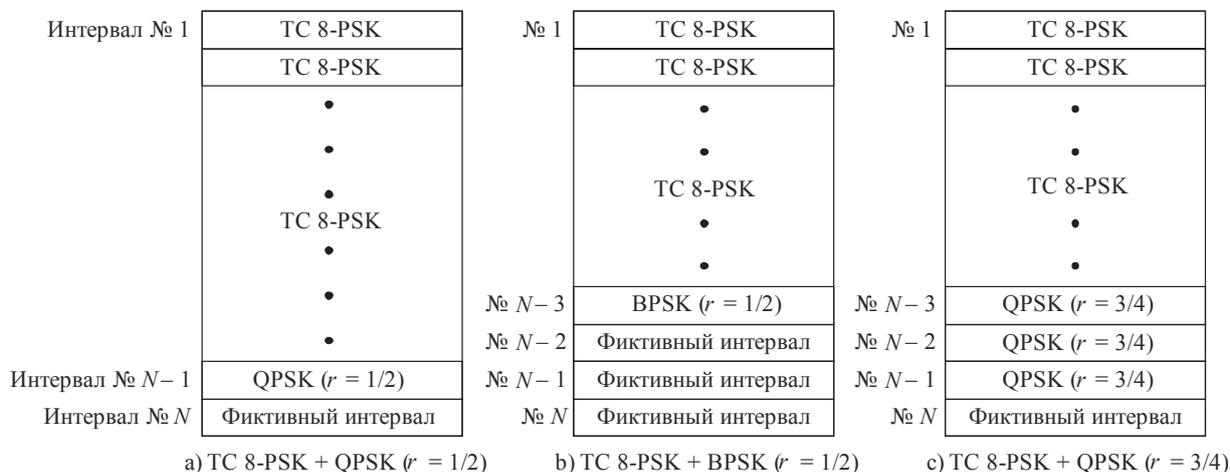
В случае, когда одновременно используются множество схем модуляции, то есть часть интервалов в кадре модулируется определенной комбинацией "схема модуляции – скорость кодирования", в то время как остальная часть интервалов модулируется другими комбинациями, данные должны модулироваться в порядке от схемы с самой высокой эффективностью использования спектра к схеме с самой низкой эффективностью использования спектра среди фактически используемых комбинаций. Другими словами, пакеты, переданные с комбинациями, имеющими более высокую эффективность, присваиваются интервалам с меньшими номерами в кадре. Такой порядок модуляции обеспечивает минимальное значение коэффициента ошибок по битам (BER) после декодирования сверточного кода при низком отношении C/N во время приема.

На рисунке 21 показаны некоторые примеры присвоения интервалов при использовании QPSK ($r = 1/2$, r обозначает кодовую скорость), BPSK ($r = 1/2$) и QPSK ($r = 3/4$) по сравнению со случаем 8-PSK с решетчатым кодом (TC) ($r = 2/3$). В примерах TC 8-PSK ($r = 2/3$) принимается за комбинацию с самой высокой эффективностью использования спектра. Поскольку эффективность использования спектра QPSK ($r = 1/2$) вдвое меньше, чем в случае TC 8-PSK, вставляется один фиктивный интервал (рис. 21a); поскольку эффективность спектра BPSK ($r = 1/2$) в четыре раза меньше, чем в случае TC 8-PSK, вставляются три фиктивных интервала (рис. 21b)); и так как

эффективность использования спектра QPSK ($r = 3/4$) составляет $3/4$ от случая TC 8-PSK, вставляется один фиктивный интервал для трех активных интервалов (рис. 21с).

РИСУНОК 21

Примеры присвоения интервалов

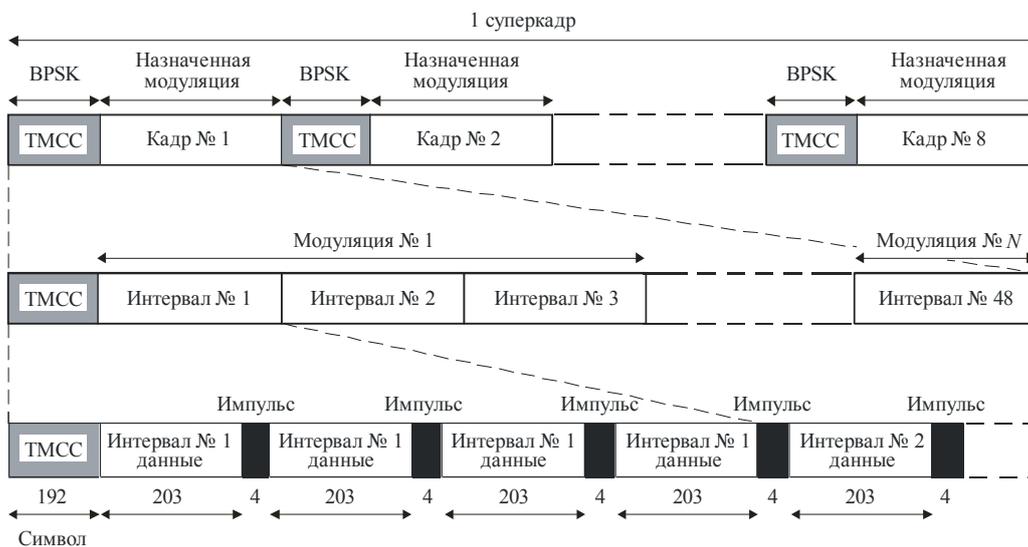


ВО.1516-21

Система D использует сигнал управления конфигурацией уплотнения передачи и мультиплексирования (TMCC) для передачи информации о схемах модуляции и идентификаторе транспортных потоков MPEG-2-TS, присвоенном интервалам, и т. д. Подробная информация о TMCC приведена в Дополнении 2. На рисунке 22 показана схема передаваемого сигнала Системы D.

РИСУНОК 22

Схема передаваемого сигнала



Где модуляция № 1 = TC8-PSK

ВО.1516-22

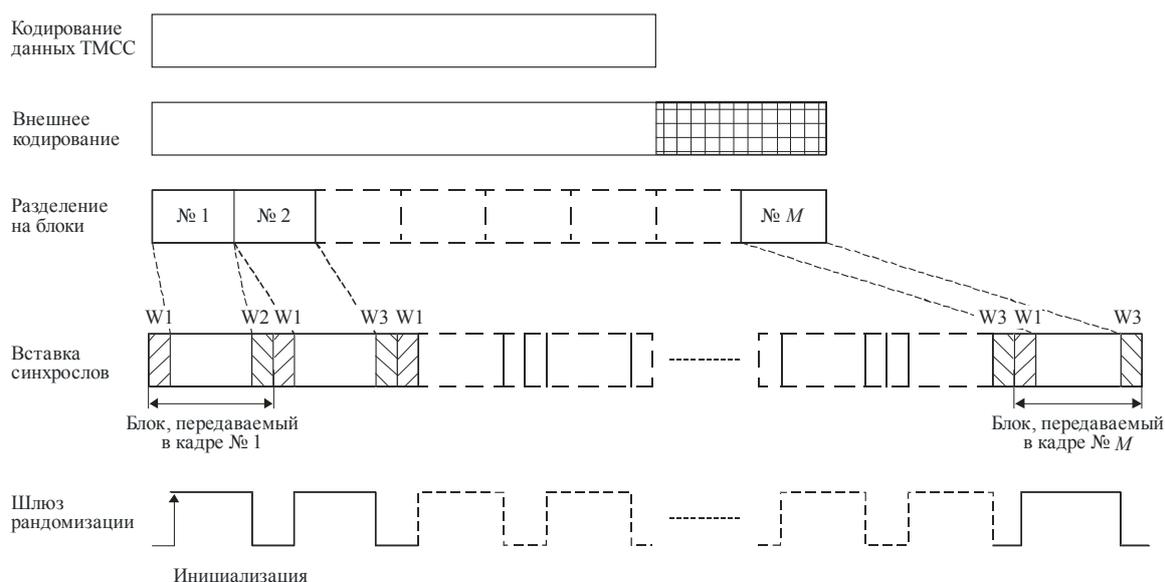
Основной сигнал и сигнал TMCC должны быть уплотнены, используя временное разделение в каждом кадре. Согласно комбинациям "схема модуляции – скорость кодирования", предназначенным для каждого интервала, временная развертка уплотненного сигнала частично (в рамках интервала) расширяется/сжимается вследствие процесса сверточного кодирования. Посредством этой операции фиктивные интервалы, если они включены в основной сигнал, должны быть исключены из передаваемого сигнала. На рисунке 23 показаны концептуальные процессы

интеграции основного сигнала, сигнала ТМСС и импульсного сигнала для формирования передаваемого сигнала.

Для сохранения постоянного интервала между последовательными импульсами в кадре (см. рис. 22) импульсный сигнал должен включаться в каждые 204 символа основного сигнала со сверточным кодированием. Следует отметить, что этот импульс должен вставляться в каждые 203 символа, если синхрослова MPEG не передаются (см. п. 5.4.4). Продолжительность импульса должна быть равна 4 символам. Данные для импульса перед модуляцией должны быть рандомизированы с соответствующей случайной последовательностью для рассеивания энергии. Схема модуляции для импульсного сигнала должна быть такой же, как и схема, применяемая к сигналу ТМСС (самая устойчивая схема в отношении шума передачи).

Если восстановление несущей в приемнике осуществляется только по импульсным сигналам, восстановленная несущая не всегда будет зафиксирована на правильной частоте. Эту проблему (захват ложного сигнала цепи фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ)) можно решить посредством использования сигнала передачи на время длительности сигнала ТМСС в дополнение к импульсному сигналу (при захвате ложного сигнала ФАПЧ количество циклов восстановленной несущей в течение длительности сигнала ТМСС будет представлять собой отличающееся некорректное число, поэтому цепь ФАПЧ может контролироваться различием в количестве циклов).

РИСУНОК 23
Генерация сигнала ТМСС



ВО.1516-23

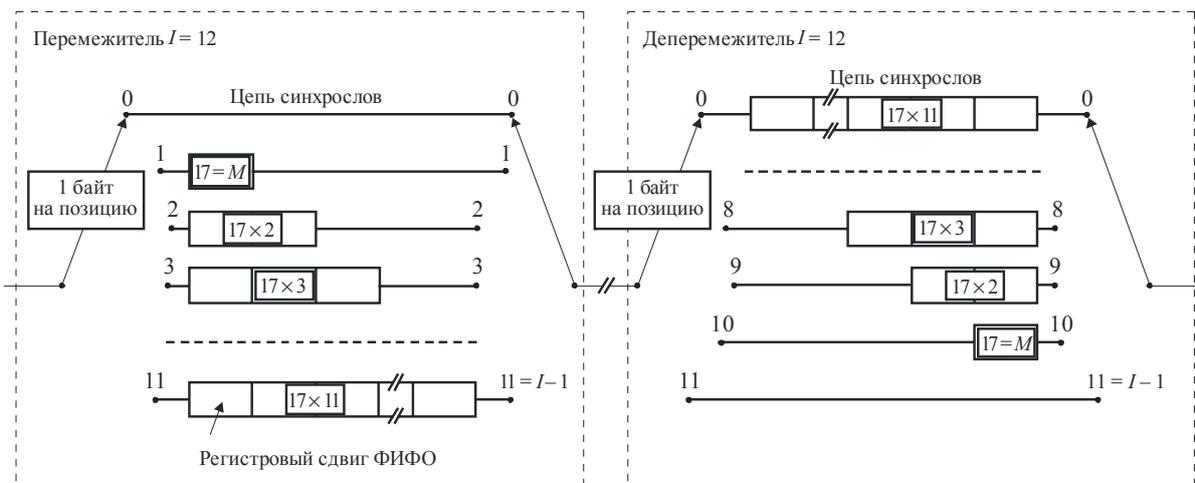
5.4 Перемежитель

5.4.1 Сверточный перемежитель для Системы А

В соответствии с концептуальной схемой на рис. 24а, к пакетам данных с защитой от ошибок необходимо применять сверточное перемежение с глубиной $I=12$. Это приводит к появлению цикла перемежения.

РИСУНОК 24а

Концептуальная блок-схема сверточного перемежителя и деперемежителя



ВО.1516-24а

Процесс сверточного перемежения основан на подходе Форни, совместимом с подходом Рамсея Типа III при количестве ветвей $I = 12$. Цикл с перемежением должен состоять из перекрывающихся пакетов данных с защитой от ошибок и должен ограничиваться инвертированными или неинвертированными синхробайтами MPEG-2 (обеспечивающими период повторения в 204 байта).

Перемежитель может содержать $I = 12$ ветвей, циклически подключаемых к входному байтовому потоку с помощью входного коммутатора. Каждая ветвь представляет собой сдвиговую регистровую память, построенную по методу ФИФО (т. е. в порядке очереди) с ячейками емкостью (Mj) (где $M = 17 = N/I$, $N = 204$ – длина цикла с защитой от ошибок, $I = 12$ – глубина перемежения, j – индекс ветви). Ячейки ФИФО должны содержать 1 байт, а входные и выходные коммутаторы должны быть синхронизированы.

Для обеспечения синхронизации неинвертированные и инвертированные синхробайты всегда подаются в ветвь "0" перемежителя (соответствующую нулевой задержке).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Устройство для деперемежения, по сути, похоже на перемежитель, однако отличается обратной индексацией ветвей (т. е. $j = 0$ соответствует наибольшей задержке). Синхронизация деперемежителя может обеспечиваться путем подачи первого же выделенного синхробайта в ветвь с индексом "0".

5.4.2 Сверточный перемежитель для Системы В

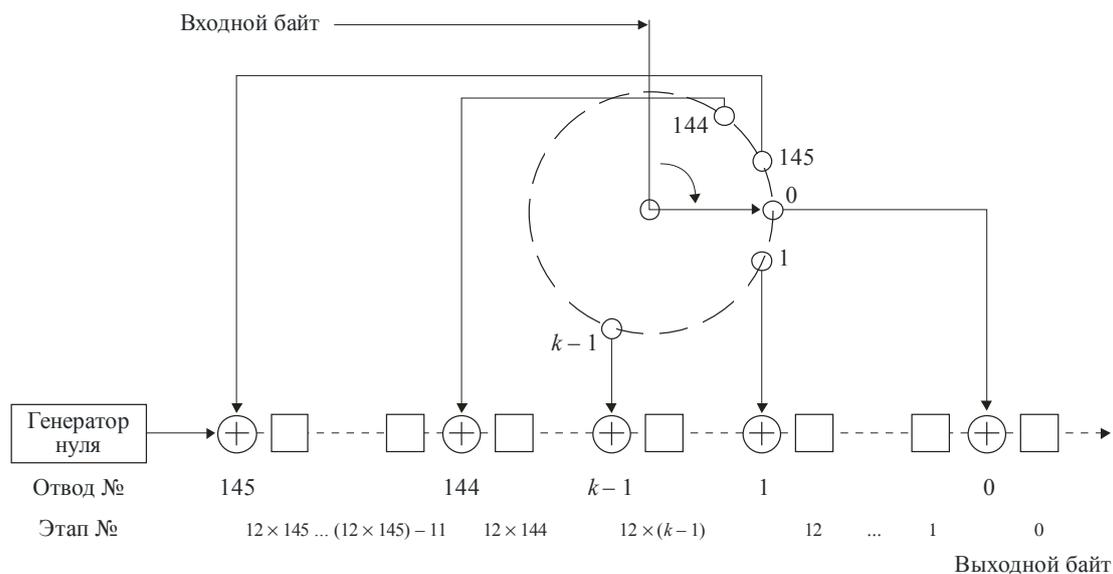
Блок-схема сверточного перемежителя, применяемого в Системе В, показана на рис. 24б. В этом устройстве используется перемежитель Рамсея Типа II (см. Примечание 1) со следующими параметрами:

$I = 146$ длина блока данных перемежителя; и
 $D = 13$ глубина перемежения.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – RAMSEY J. [May 1970] Realization of optimum interleavers. *IEEE Trans. Inform. Theory*, Vol. IT-16, 338-345.

РИСУНОК 24b

Блок-схема сверточного перемежителя Системы В



ВО.1516-24b

Устройство для сверточного перемежения вносит абсолютную задержку между считыванием и записью, линейно возрастающую с увеличением индекса байта в пределах блока из I байтов:

$$\text{задержка считывание/запись (в байтах)} \quad (D-1)k \quad \text{при} \quad k=0 \dots I-1.$$

Перемежитель не добавляет в цифровой поток какие-либо служебные данные. Он содержит коммутатор и регистр сдвига с отводами. Перемежитель запускается при нулевом положении коммутатора в начале каждого пакета данных, при этом выполняются следующие операции.

Для каждого входного байта:

Шаг 1 : добавляется входной байт на отводе регистра, соответствующем текущему положению коммутатора (отвод имеет нулевое состояние, если он не выбран коммутатором).

Шаг 2 : регистр сдвига сдвигается на один байт вправо.

Шаг 3 : коммутатор перемещается на следующее положение коммутатора.

Шаг 4 : отбирается выходной байт при нулевом положении регистра сдвига.

5.4.3 Сверточный перемежитель для Системы С

Сверточное перемежение 8-битовых символов на выходе кодера Рида-Соломона обеспечивается на уровне кодирования. Сверточное перемежение определяется следующими характеристиками:

- Глубина перемежителя $I = 12$ и $J = 19$ содержит память на $I(I-1)J/2 = 1254$ символа данных в коде Рида-Соломона. Структура перемежителя совместима с типом коммутатора, блок-схема которого показана на рис. 25.
- Первый байт блока данных на выходе кодера Рида-Соломона является входным и выходным для цепи коммутатора перемежителя с нулевой задержкой.
- k -я цепь коммутатора состоит из ячеек задержки на $k \cdot J$ байтов, где $k = 0, 1 \dots 11$ и $J = 19$. Выходной байт считывается с k -го отвода регистровой (ФИФО) или кольцевой буферной памяти, входной байт записывается либо сдвигается в k -ю буферную ячейку и цепь коммутатора переходит в положение, соответствующее $(k+1)$ -й цепи перемежителя. После считывания и записи из последней цепи коммутатора коммутатор переключается в положение цепи с нулевой задержкой для своего следующего выходного сигнала.

5.4.4 Блочный перемежитель для Системы D

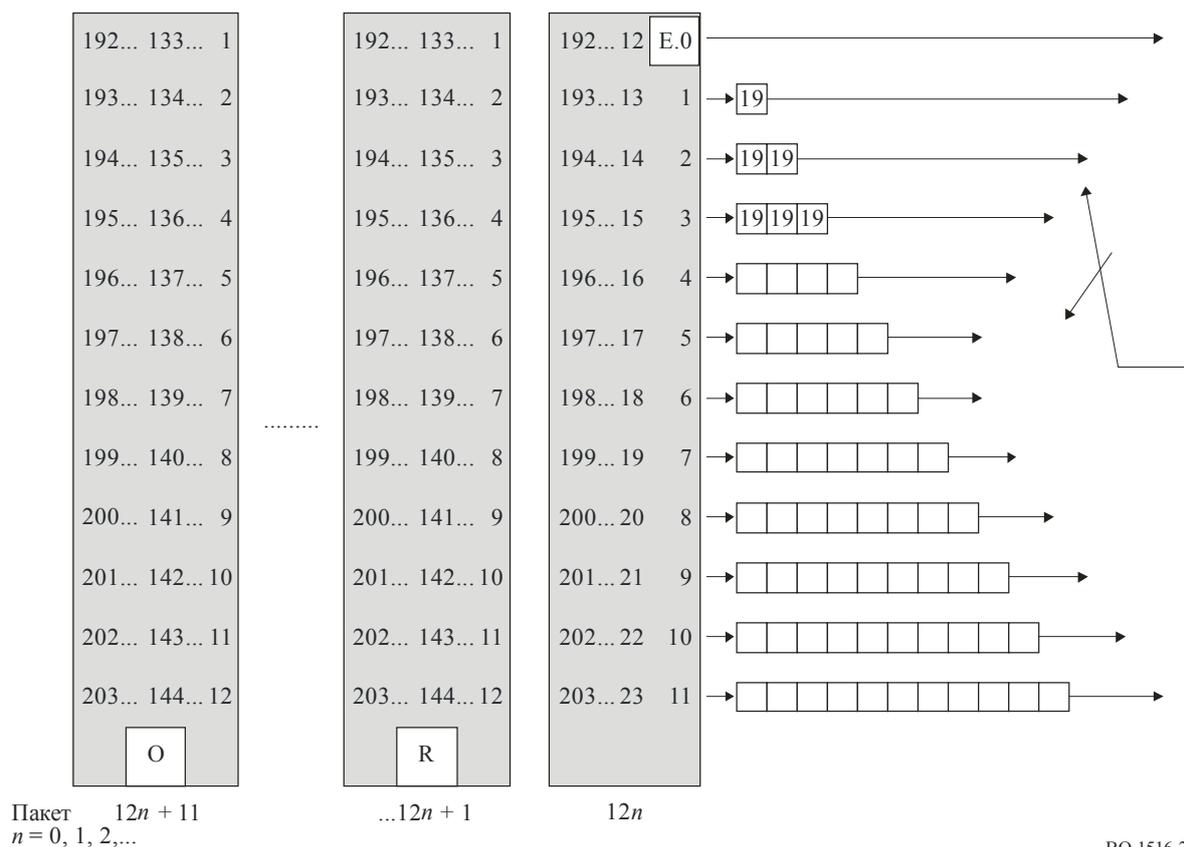
Для обработки множества транспортных потоков MPEG-TS и использования нескольких схем модуляции одновременно в Системе D используется кадровая структура. Структура кадра приведена в п. 5.3.4.

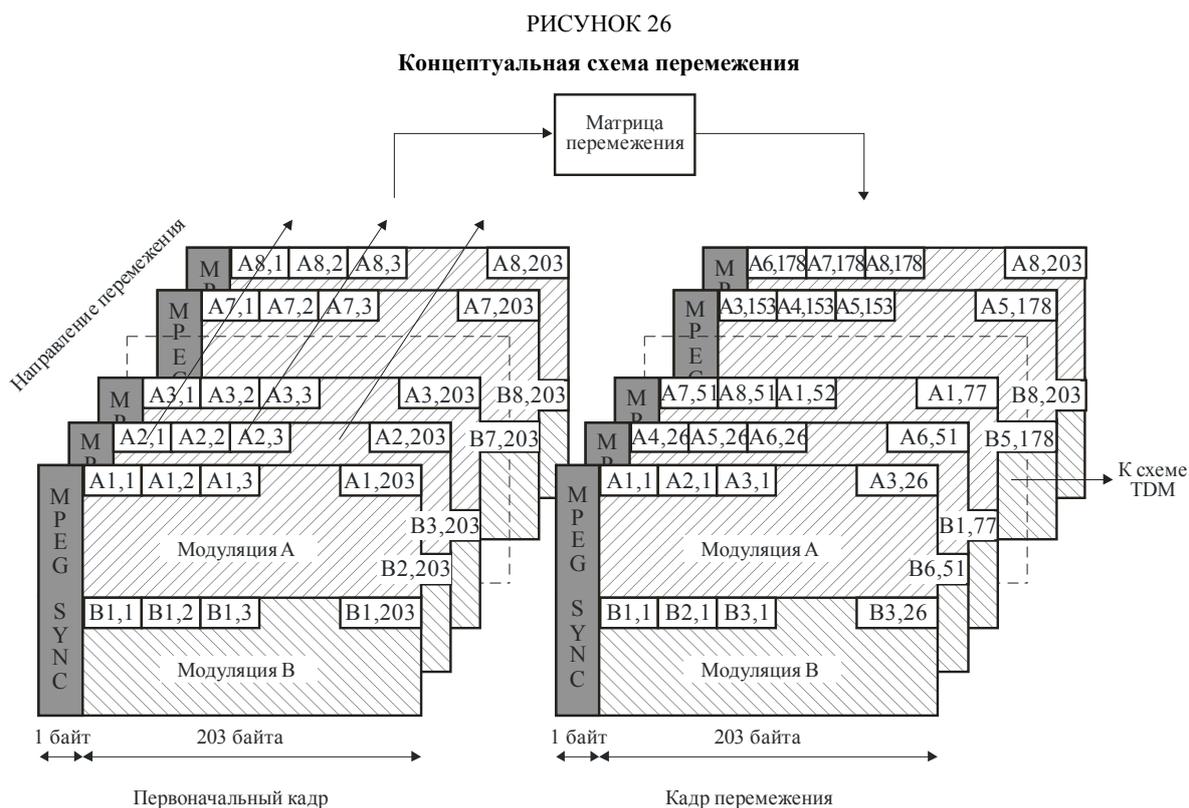
Межкадровое блочное перемежение с глубиной M должно применяться к рандомизированным данным, как показано на рис. 26. Присвоение интервала каждому кадру должно быть идентичным для всего суперкадра, что приводит к тому, что данные перемежаются только между интервалами, переданными с одной и той же комбинацией "схема модуляции – скорость кодирования". Перемежение должно применяться ко всем байтам в интервале, кроме первого байта (синхробайт MPEG) каждого интервала.

На рисунке 26 показан пример перемежения с глубиной 8 (т. е. суперкадр состоит из 8 кадров), с использованием двух видов комбинаций "схема модуляции – скорость кодирования". Данные в первоначальном кадре считываются в межкадровом направлении, т. е. в порядке $A1, 1, A2, 1, A3, 1, \dots$, где A_i, j представляет данные о байте в j -м интервале в i -м кадре для формирования цикла перемежения. Данные в цикле перемежения считываются в байтовом направлении (горизонтально) и подаются на мультиплексор временного уплотнения (TDM).

РИСУНОК 25

Сверточный перемежитель





Передавать первый байт каждого пакета не нужно (синхрослово MPEG 47_h), поскольку ссылки синхронизации (синхрослова кадра) отправляются сигналом ТМСС. Пропущенные синхрослова MPEG должны быть восстановлены в приемнике для надлежащего осуществления внешнего декодирования.

5.5 Кодер Рида-Соломона

Кодер Рида-Соломона может выполнять свои функции с помощью следующих укороченных кодов:

- (204,188, $T = 8$);
- (146,130, $T = 8$).

Укороченные коды Рида-Соломона можно получить посредством добавления дополнительных установленных на нуль байтов (51 для (204,188) и (109 для (146,130)) перед информационными байтами на входе кодера (255,239). Эти нулевые байты должны исключаться по окончании процедуры кодирования Рида-Соломона.

5.5.1 Характеристики кодера Рида-Соломона для Системы А

Система А использует код: (204,188, $T = 8$).

5.5.2 Характеристики кодера Рида-Соломона для Системы В

Система В использует код: (146,130, $T = 8$).

5.5.3 Характеристики кодера Рида-Соломона для Системы С

Система С использует код: (204,188, $T = 8$).

5.5.4 Характеристики кодера Рида-Соломона для Системы D

Система D использует код: (204,188, $T = 8$).

Код Рида-Соломона – это код (204,188, $T = 8$) с 8-битовыми символами, полученный путем укорочения блока из 256 символов, и может исправлять до $t = 8$ ошибок на блок.

Конечное поле или поле Галуа (GF) (256) образуется с помощью примитивного полинома $p(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$.

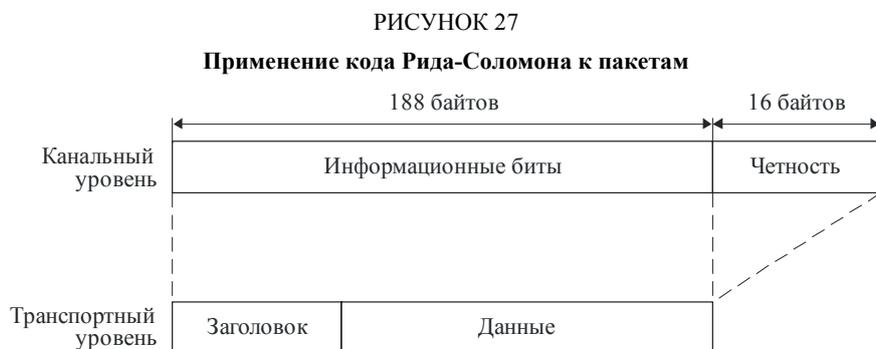
Генераторный полином кода с исправлением t ошибок имеет корни $x = a^i$, $i = 1, 2, \dots, 2t$,

$$g(x) = \prod_{i=1}^{i=2t} (x + a^i).$$

При $t = 8$ генераторный полином описывается выражением $g(x) = x^{16} + a^{121}x^{15} + a^{106}x^{14} + a^{110}x^{13} + a^{113}x^{12} + a^{107}x^{11} + a^{167}x^{10} + a^{83}x^9 + a^{11}x^8 + a^{100}x^7 + a^{201}x^6 + a^{158}x^5 + a^{181}x^4 + a^{195}x^3 + a^{208}x^2 + a^{240}x + a^{136}$.

Для кода $(N, N - 2t)$ кодовое слово из N символов образуется путем введения символов данных в интервалы первых $(N - 2t)$ тактовых циклов, далее схема переключается в режим формирования $2t$ символов контроля на четность. Этот кодер является чисто систематическим, поскольку символы данных на выходе первых $(N - 2t)$ циклов идентичны входным символам. С алгебраической точки зрения вводимая в кодер последовательность символов $d_{N-2t-1}, d_{N-2t-2}, \dots, d_0$ представляет собой полином $d(x) = d_{N-2t-1} x^{N-2t-1} + d_{N-2t-2} x^{N-2t-2} + \dots + d_1 x + d_0$. Кодер формирует кодовое слово $c(x) = x^{2t} d(x) + rmd [d(x) / g(x)]$ и выводит на выход набор коэффициентов различного порядка, начиная с высшего и кончая низшим порядком.

Метод параллельно-последовательного преобразования битов данных в символы заключается в том, что регистр сдвига слева направо с помощью самого первого бита формирует LSB, а с помощью бита, самого последнего на данный момент времени, формирует MSB. Код Рида-Соломона применяется к пакетам, как показано на рис. 27.



ВО.1516-27

5.6 Рассеивание энергии

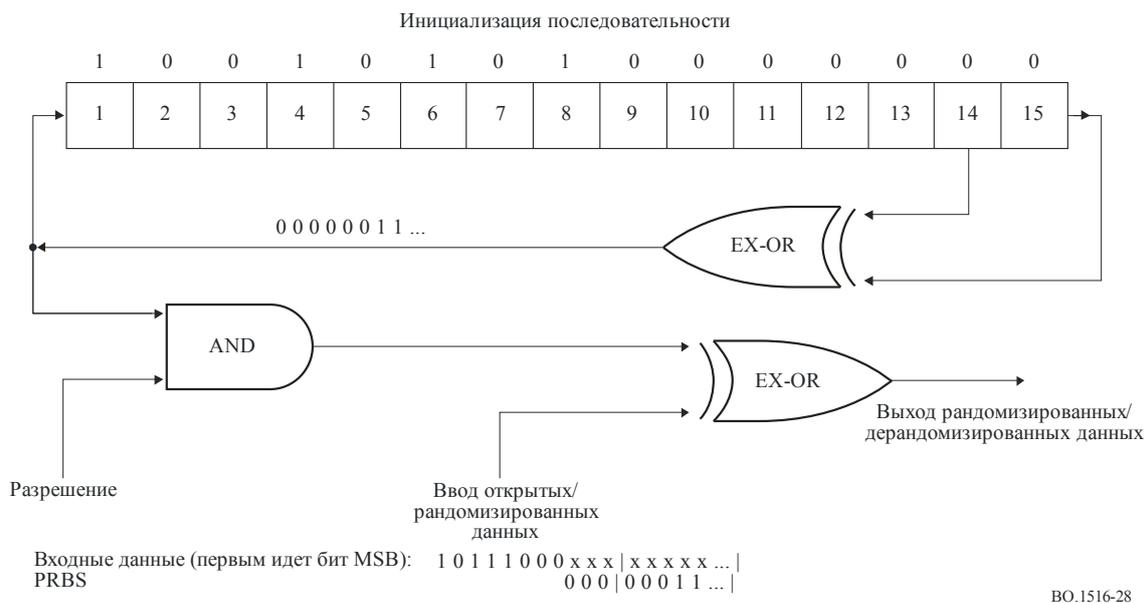
5.6.1 Рассеивание энергии для Системы А

Модель рандомизации в Системе А устраняется после декодирования Рида-Соломона. Для этого используется генератор двоичной псевдослучайной последовательности (ПСП) с генераторным полиномом $1 + x^{14} + x^{15}$ и начальной установкой при подаче последовательности 100101010000000.

Чтобы удовлетворить требованиям Регламента радиосвязи МСЭ и обеспечить необходимые перепады уровней двоичного сигнала, данные на входе мультиплексора стандарта MPEG-2 должны быть рандомизированы в соответствии с конфигурацией, показанной на рис. 28.

РИСУНОК 28

Схематическая диаграмма рандомизатора/дерандомизатора



Полином для генератора PRBS должен иметь следующий вид:

$$1 + x^{14} + x^{15}.$$

Загрузка последовательности 100101010000000 в регистры PRBS, как показано на рис. 28, должна иницироваться в начале каждого восьмого транспортного пакета данных. В целях формирования сигнала инициализации для дескремблера синхробайт стандарта MPEG-2 первого транспортного пакета в группе из восьми пакетов поразрядно инвертируется и изменяет свое значение с 47_h на $B8_h$. Этот процесс называется адаптацией транспортного мультиплексированного потока.

Первый бит на выходе генератора PRBS должен применяться к первому бит (т. е. MSB) первого байта данных, следующего после инвертированного синхробайта стандарта MPEG-2 (т. е. $B8_h$). Для поддержки других функций синхронизации генератор PRBS должен продолжать работу во время прохождения синхробайтов MPEG-2 последующих 7 транспортных пакетов, однако его выход должен быть заблокирован, оставляя эти байты нерандомизированными. Таким образом, период PRBS должен составлять 1503 байта.

Процесс рандомизации должен быть активным даже при отсутствии цифрового потока на входе модулятора или при его несоответствии формату транспортного потока MPEG-2 (т. е. 1 синхробайт + 187 байтов пакета). Это делается для того, чтобы исключить излучение модулятором немодулированной несущей.

5.6.2 Рассеивание энергии для Системы В

В Системе В модель рандомизации не применяется.

5.6.3 Рассеивание энергии для Системы С

В Системе С функции рандомизации применяются после сверточного декодирования. Полином для генератора PRBS должен иметь вид $1 + x + x^3 + x^{12} + x^{16}$ с последовательностью загрузки 0001_h .

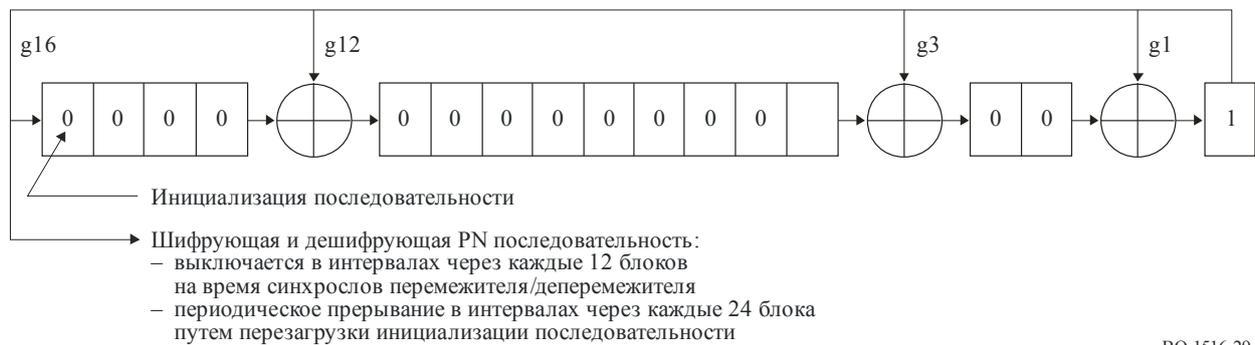
Уровень кодирования использует рандомизацию данных (скремблирование) на выходе перемежителя и на входе деперемежителя для рассеивания энергии и чтобы обеспечить высокую плотность распределения перепадов уровней цифрового сигнала в целях восстановления синхронизации данных при ее срывах. Рандомизация данных имеет следующие характеристики:

- Передаваемые данные рандомизируются до сверточного кодирования при помощи операции "ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ" (EXCLUSIVE-OR) с укороченной псевдослучайной (PN) последовательностью максимальной длины $2^{16} - 1$, перезапускаемой в интервалах через каждые 24 блока кода Рида-Соломона, как показано на рис. 29.

- Фрагменты длиной 16 бит для синхронизации FEC, появляющиеся в интервалах через каждые 12 блоков кода Рида-Соломона, не рандомизируются. Рандомизатор синхронизируется в интервалах данных 16 бит так, чтобы указанные фрагменты становились инвертированными. При этом выход рандомизатора не участвует в операции "ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ" с передаваемыми данными.
- PN последовательность генерируется с помощью 16-ступенчатого линейного регистра сдвига с обратной связью и с отводами на ступенях с номерами 16, 12, 3 и 1 (см. рис. 29). Вход рандомизатора определяется как PN последовательность рандомизации.
- Рандомизатор запускается кодовой комбинацией 0001_h по первому биту, появляющемуся после синхрослова циклов нечетный байт/четный байт данных с защитой от ошибок на выходе перемежителя в интервалах через каждые 24 блока.

РИСУНОК 29

Блок-схема рандомизатора



ВО.1516-29

5.6.4 Рассеивание энергии для Системы D

Чтобы удовлетворить требованиям Регламента радиосвязи МСЭ и обеспечить надлежащие перепады уровней двоичного сигнала, данные кадра должны быть рандомизированы в соответствии с конфигурацией, показанной на рис. 30.

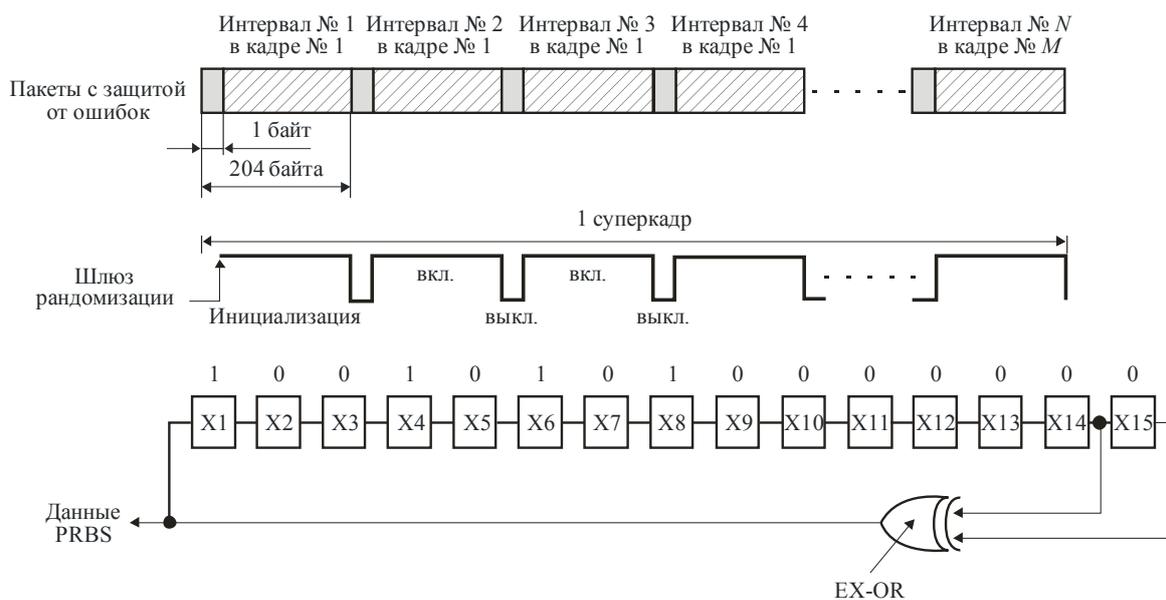
Полином для генератора PRBS имеет вид:

$$1 + x^{14} + x^{15}.$$

Загрузка последовательности 100101010000000 в регистры PRBS, как показано на рис. 30, иницируется на втором байте каждого суперкадра. Первый бит на выходе генератора PRBS применяется к первому биту (т. е. MSB) второго байта данных интервала № 1 в кадре № 1. PRBS добавляется ко всем байтам данных каждого интервала, кроме первого (синхробайт MPEG).

РИСУНОК 30

Блок-схема рандомизатора



ВО.1516-30

5.7 Характеристики формирования кадров и транспортных цифровых потоков

5.7.1 Характеристики формирования кадров и транспортных цифровых потоков для Системы А

Формирование кадров должно основываться на структуре входных пакетов данных (см. рис. 31а).

5.7.2 Характеристики формирования кадров и транспортных цифровых потоков для Системы В

См. Дополнение 1.

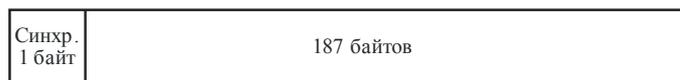
5.7.3 Характеристики формирования кадров и транспортных цифровых потоков для Системы С

См. характеристики синхронизации (п. 5.3.3).

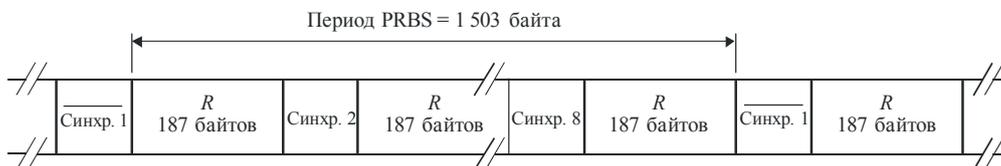
5.7.4 Характеристики формирования кадров и транспортных цифровых потоков для Системы D

См. характеристики синхронизации (п. 5.3.4).

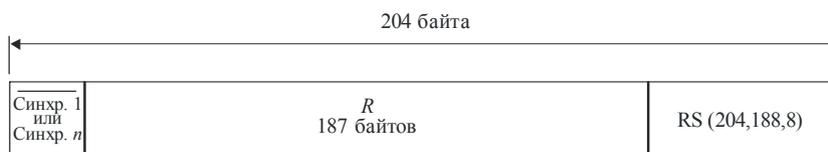
РИСУНОК 31
Структура кадров



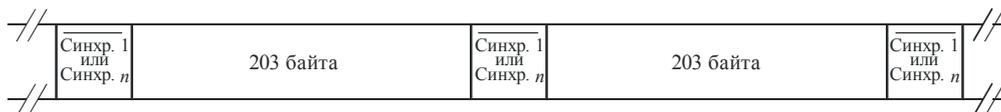
а) Транспортный MUX пакет MPEG-2



б) Рандомизированные транспортные пакеты: синхробайты и рандомизированная последовательность R



в) Пакет с защитой от ошибок с помощью кода Рида-Соломона (RS) (204,188, $T=8$)



д) Чередующиеся кадры; глубина перемежения $I = 12$ байтов

Синхр. 1: нерандомизированный дополнительный синхробайт
Синхр. n : нерандомизированный синхробайт $n = 2, 3, \dots, 8$

ВО.1516-31

5.8 Управляющие сигналы

5.8.1 Управляющие сигналы для Системы А

Отсутствуют.

5.8.2 Управляющие сигналы для Системы В

Отсутствуют.

5.8.3 Управляющие сигналы для Системы С

Отсутствуют.

5.8.4 Управляющие сигналы для Системы D

См. Дополнение 2.

6 Ссылки

- [1] ISO/IEC: Standard ISO/IEC DIS 13818. Coding of moving pictures and associated audio, Parts 1, 2 and 3.
- [2] Стандарт ATSC/A53, Приложение В. Рекомендация МСЭ-R BS.1196, Приложение 2.

- [3] Standard ETS 300 468. Digital broadcasting systems for television, sound and data services; Specification for Service Information (SI) in Digital Video Broadcasting (DVB) systems.
- [4] Standard ETS 300 707. Electronic Programme Guide (EPG); Protocol for a TV-guide using electronic data.

7 Список сокращений

AD	Auxiliary data	Вспомогательные данные
ATM	Asynchronous transfer mode	Асинхронный режим передачи
ATSC	Advanced Television Systems Committee	Комитет по передовым телевизионным системам
CA	Conditional access	Условный доступ
ETS	European Telecommunication Standard	Европейский стандарт электросвязи
FEC	Forward error correction	Упреждающее исправление ошибок
IRD	Integrated receiver-decoder	Приемник со встроенным декодером
MPEG	Motion Pictures Experts Group	Экспертная группа по движущимся изображениям
MPEG-2 TS	MPEG-2 transport stream	Транспортный поток MPEG-2
PID	Programme identification	Идентификация программы
PRBS	Pseudo-random binary sequence	Псевдослучайная двоичная последовательность
QAM	Quadrature amplitude modulation	Квадратурная амплитудная модуляция
QEF	Quasi error-free	Квазибезошибочный
QPSK	Quadrature phase-shift keying	Квадратурная фазовая манипуляция
RAM	Random access memory	Память с произвольной выборкой
ROM	Read only memory	Постоянное запоминающее устройство
RS	Reed-Solomon	Рид-Соломон
SCID	Service channel identification	Идентификатор служебного канала
SCTE	Society of cable and telecommunication engineers	Общество инженеров кабельных телекоммуникаций
TC8-PSK	Trellis-coded eight phase shift keying	Восьмеричная фазовая манипуляция с решетчатым кодированием
TMCC	Transmission and multiplexing configuration control	Управление конфигурацией передачи и мультиплексирования

Дополнение 1 к Приложению 1

Характеристики транспортного протокола Системы В*

СОДЕРЖАНИЕ

- 1 Введение
- 2 Префикс
- 3 Нулевые и масштабирующие пакеты
- 4 Пакеты видеоданных
 - 4.1 Пакеты дополнительных данных
 - 4.2 Пакеты базовых видеослужб
 - 4.3 Пакеты данных с избыточностью
 - 4.4 Пакеты видеоданных, отличающихся от стандарта MPEG
- 5 Пакеты звуковых данных
 - 5.1 Пакеты дополнительных данных
 - 5.2 Пакеты базовых звуковых услуг
 - 5.3 Пакеты звуковых данных, отличающихся от стандарта MPEG
- 6 Пакеты руководства по программам
- 7 Ограничения, вводимые в транспортном мультиплексе
 - 7.1 Ограничение элементарных потоков данных в транспортном мультиплексе

1 Введение

В данном Дополнении описывается транспортный протокол битовых потоков Системы В. Он имеет структуру пакета фиксированной длины, которая обеспечивает основу для обнаружения ошибок, логической пересинхронизации и маскирования ошибок в приемнике. Транспортный протокол Системы В состоит из двух отдельных подуровней: канальный/сетевой подуровень и префикс и подуровень транспортной адаптации, конкретный для каждой услуги. Канальный/сетевой подуровень обеспечивает общие транспортные услуги, такие как флаги управления скремблированием, асинхронное мультиплексирование ячеек памяти и исправление ошибок. Уровень адаптации предназначается для эффективного преобразования данных MPEG переменной длины в ячейки фиксированной длины, в то же время обеспечивая быстрое логическое восстановление синхронизации и поддержку маскирования ошибок в декодере после появления некорректируемых ошибок.

* Характеристики транспортного потока Систем А и С представлены в ссылке [1], п. 6 Приложения 1.

Формат транспортного протокола определяет ячейки (или пакеты) данных фиксированной длины, где каждая ячейка содержит префикс и транспортный блок информации. В состав префикса входят 4 бита контрольной информации и 12 битов идентификации служебного канала. Возможности мультиплексирования услуг поддерживают комбинацию услуг передачи видео, аудио и данных. Транспортный блок включает дополнительные данные, содержащие информацию о тактовой синхронизации и скремблировании, данные, характерные для конкретной услуги, например для услуг передачи видео MPEG: заголовки данных MPEG с избыточностью и стандартные данные MPEG.

В рамках протокола обеспечиваются механизмы, облегчающие быстрое восстановление работы декодера после обнаружения потери в канале одной или нескольких ячеек данных. Посредством идентификации конкретной информации и передаваемых ключевых данных MPEG об избыточности декодер получает возможность управления участком изображения, испытывающего влияние ошибок.

В разделе 2 этого Дополнения подробно описывается часть префикса транспортной структуры. Два транспортных пакета специального назначения, нулевые и масштабирующие пакеты описаны в п. 3. В разделах 4 и 5 подробно описываются пакеты видеоданных и пакеты аудиоданных соответственно. Пакеты руководящих указаний по программам описываются в п. 6. Данное Дополнение завершается п. 7, в котором описываются ограничения мультиплексирования для управления транспортным буфером.

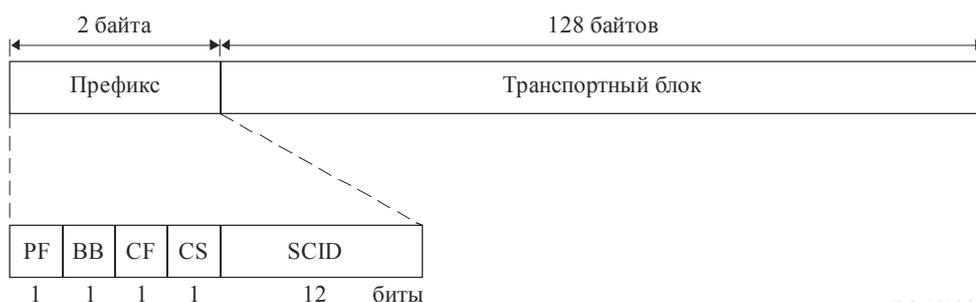
Следует отметить, что в рамках данной спецификации термин "скремблирование" используется в общем плане и означает шифрование, если применяется к цифровым системам.

2 Префикс

Транспортные пакеты Системы В должны состоять из 130 байтов. Из них первые два байта должны быть резервированы для битов префикса. Префикс включает несколько флагов управления канальным уровнем, а также опознавательную информацию канала для различных услуг по передаче видео, аудио и данных. Логическая структура транспортной ячейки, определяющая префикс и его соотношение с транспортным блоком, показана на рис. 32.

РИСУНОК 32

Структура транспортного пакета Системы В



Семантическое определение полей префикса приведено ниже в таблице 9:

ТАБЛИЦА 9
Поля префикса

PF	Синхронизация пакетов	Этот бит изменяет свое состояние (между 0 и 1) от пакета к пакету
BB	Граница группы	Этот бит относится только к видеослугам: Бит BB устанавливается в 1 в первом пакете, содержащем заголовок видеопоследовательности с избыточностью, и в 0 во всех остальных пакетах. В декодере этот бит должен игнорироваться
CF	Флаг управления	CF = 1: транспортный блок этого пакета не скремблируется CF = 0: транспортный блок этого пакета скремблируется
CS	Управляющая синхронизация	В скремблированных транспортных пакетах (т. е. CF = 0) этот бит указывает ключ, который должен использоваться для дескремблирования. Для пакетов дополнительных данных, если полезная информация этих пакетов содержит пакет с контрольным словом (CWP), этот бит показывает, какой CWP передается (CS = 0 или CS = 1). Ключевая информация о дескремблировании, полученная из CWP, используется для дескремблирования пакетов услуг с одним и тем же значением CS (т. е. ключ, полученный из пакета дополнительных данных с CS = 0, используется для дескремблирования транспортных пакетов с CS = 0)
SCID	Идентификатор служебного канала	Это 12-битовое поле (целое число без знака, первым идет бит MSB) однозначно определяет применение, для которого предназначается информация транспортного блока данных в транспортном пакете. Для конкретных целей резервируются следующие SCID: SCID = 0x000 – нулевые пакеты (NULL) SCID = 0xFFFF – резервируются (не использовать!)
	Транспортный блок	Это прикладные данные (128 байтов), которые должны обрабатываться посредством приложения в соответствии с адресом в SCID

3 Нулевые и масштабирующие пакеты

В Системе В определяются два вида специальных транспортных пакетов данных: нулевые и масштабирующие пакеты.

Нулевые и масштабирующие пакеты должны быть незашифрованными (т. е. CF = 1).

Эти пакеты имеют следующую структуру:

Для нулевых пакетов:

PF = x (изменяет значение от пакета к пакету);

BB = 0;

CF = 1;

CS = 0;

SCID = 0x000.

Таким образом, первые два байта (префикс) в шестнадцатеричном представлении имеют значения 0x 20 00 или 0x A0 00 в зависимости от значения бита PF.

Для масштабирующих пакетов:

PF = x (изменяет значение от пакета к пакету);

BB = 0;

CF = 1;

CS = 0;

SCID: определяется мультиплексором.

128 байтов (транспортный блок) нулевых и масштабирующих пакетов идентичны и описываются в соответствии с таблицей 10. (Контент является спектрально нейтральным в целях поддержания блокировки настройки.)

ТАБЛИЦА 10

Транспортный блок нулевого и масштабирующего пакетов

№ байта	Значение	№ байта	Значение	№ байта	Значение	№ байта	Значение
1 ⁽¹⁾	4 ⁽¹⁾	33	48	65	38	97	125
2	9	34	124	66	137	98	137
3	180	35	121	67	99	99	212
4	6	36	26	68	57	100	61
5	149	37	179	69	113	101	187
6	240	38	128	70	146	102	96
7	167	39	88	71	191	103	192
8	88	40	113	72	245	104	141
9	169	41	223	73	71	105	69
10	6	42	82	74	194	106	15
11	78	43	75	75	159	107	108
12	175	44	112	76	212	108	80
13	172	45	18	77	55	109	184
14	129	46	242	78	154	110	106
15	134	47	249	79	235	111	159
16	185	48	172	80	227	112	231
17	162	49	112	81	129	113	224
18	181	50	199	82	200	114	157
19	137	51	214	83	197	115	197
20	118	52	50	84	13	116	198

ТАБЛИЦА 10 (окончание)

№ байта	Значение						
21	8	53	93	85	230	117	57
22	149	54	159	86	112	118	60
23	57	55	218	87	19	119	134
24	198	56	180	88	246	120	61
25	147	57	223	89	86	121	11
26	97	58	65	90	128	122	218
27	2	59	141	91	182	123	100
28	83	60	123	92	122	124	50
29	64	61	64	93	127	125	214
30	38	62	184	94	197	126	95
31	41	63	0	95	176	127	53
32	20	64	54	96	233	128	184

⁽¹⁾ Следует отметить, что этот байт соответствует байту СС/HD в других пакетах, т. е. СС = 0
HD = 0100_б.

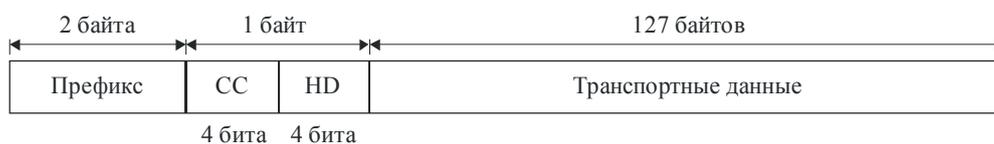
4 Пакеты видеоданных

Общая структура транспортного пакета видеоданных показана на рис. 33. В рамках пакетов видеоданных различают четыре типа транспортных ячеек, характеризующихся типом данных, транспортируемых через эти ячейки и связанных с видеослужбами:

- пакеты дополнительных данных (временные метки, пакеты контрольного слова управления шифрованием);
- пакеты базовых видеослужб (пакеты видеоданных стандарта MPEG);
- пакеты данных с избыточностью (заголовки данных MPEG с избыточностью и видеоданные MPEG без избыточности);
- пакеты видеоданных, не относящиеся к стандарту MPEG (данные, не относящиеся к стандарту MPEG и видеоданные MPEG без избыточности).

РИСУНОК 33

Общая структура пакета видеоданных



ВО.1516-33

В целях обозначения различных типов ячеек и соответствующих счетчиков в формате транспортного уровня видеоданных предусмотрены четыре бита для непрерывного счетчика (СС) и четыре бита для указателя заголовка (HD), как показано на рис. 33. Подробное описание этих полей приведено в таблице 11. Следует отметить, что в пакете данных длиной 130 байтов первые 2 байта используются для префикса, третий байт содержит поля СС и HD, а остальные 127 байтов передают полезную информацию.

ТАБЛИЦА 11

Семантическое определение полей в байте СС/HD

СС	Непрерывный счетчик	<p>Это 4-битовое поле (целое число без знака, первым идет бит MSB) увеличивается на один бит с каждым пакетом, имеющим одинаковый SCID. После того как СС достигает своего максимального значения 15 (1111_b), оно сбрасывается до 0. Значение СС устанавливается в 0 (0000_b) и не может быть увеличено, если в поле HD указано 0x00 (т. е. пакеты дополнительных данных). Следует отметить, что согласно определению нулевых и масштабирующих пакетов, поле СС в нулевом и масштабирующем пакете устанавливается в 0.</p> <p>СС позволяет получателю обнаружить дискретную ячейку (благодаря ячейкам с ошибками) для определенной транспортной услуги.</p>
HD	Указатель заголовка	<p>Это 4-битовое поле указывает 4 типа пакетов видеоданных:</p> <p>HD</p> <p>0000_b Пакеты дополнительных данных</p> <p>01x0_b Пакеты базовых видеослужб</p> <p>10x0_b Пакеты данных с избыточностью</p> <p>01x0_b Пакеты видеоданных, не относящихся к стандарту MPEG</p> <p>х: этот бит может быть либо 0, либо 1</p> <p>Все другие значения резервируются для будущего использования</p>

4.1 Пакеты дополнительных данных

Пакеты дополнительных данных (пакеты Aux) используются для передачи групп дополнительных данных (ADG) и обозначаются полем HD = 0000_b.

Эти пакеты передаются в чистом (нескремблированном) виде и обозначаются в префиксе битом управляющего флага (CF), устанавливаемым в 1.

Группа ADG может содержать:

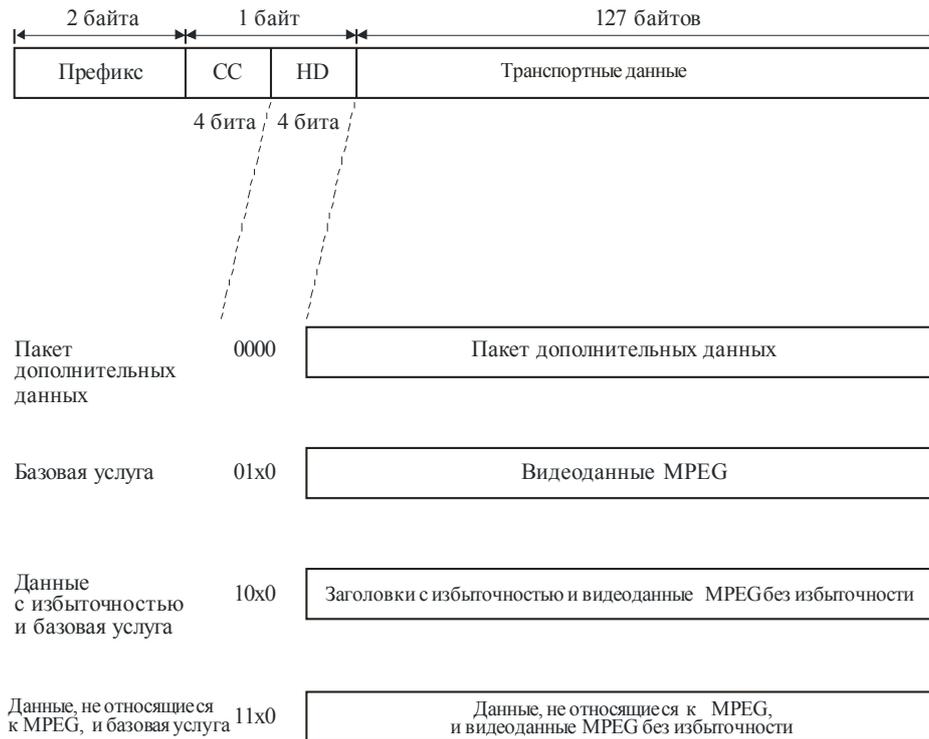
- коды начала отсчета времени и временные метки;
- пакеты контрольного слова управления шифрованием (CWP).

Группа ADG состоит из двух частей: префикс дополнительных данных (ADP) длиной в 2 байта и блок дополнительных данных (ADB) переменной длины. Пакет Aux может содержать одну или более групп данных, расположенных последовательно друг за другом. Если полезная нагрузка в 127 байтов не полностью занята данными ADG, то оставшимся (не используемым) байтам присваиваются нулевые значения. Кроме того, бит CFF в каждом поле ADP указывает, содержит ли соответствующий блок ADB определенные действительные данные. Если этот бит равен нулю, то остальная часть пакета сразу после бита CFF должна игнорироваться. Это означает, что должны игнорироваться элементы AFID, AFS и ADB группы ADG с нулевым битом CFF. При этом в остальной части пакета нельзя передавать никакие данные, относящиеся к группе ADG.

Пример структуры пакета дополнительных данных с двумя полями ADG показан на рис. 35. Семантическое определение (соответствующих) полей в пакетах дополнительных данных дано в таблице 12.

РИСУНОК 34

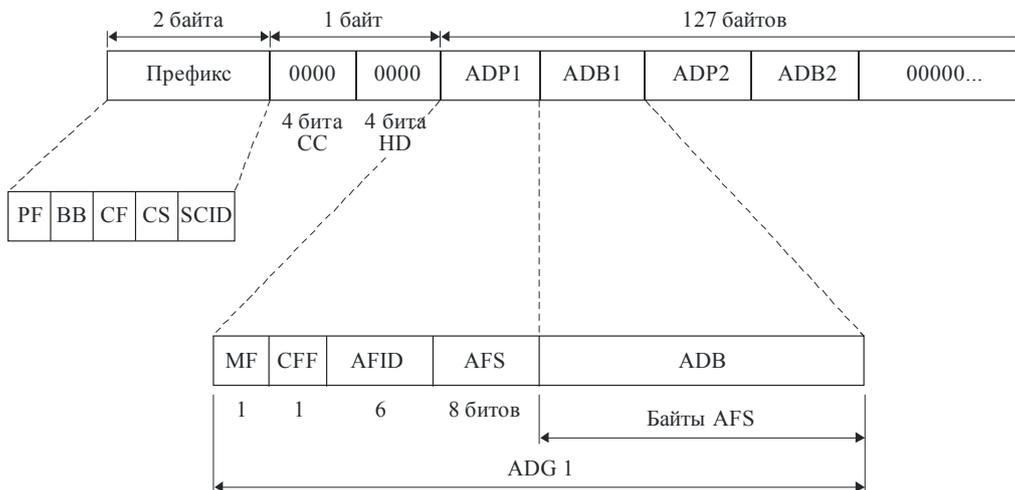
Структуры пакета видеоданных



ВО.1516-34

РИСУНОК 35

Структура пакетов дополнительных данных



ВО.1516-35

ТАБЛИЦА 12

Семантическое определение (соответствующих) полей в пакете дополнительных данных

VB	Граница группы	VB = 0 для пакетов Auh
CF	Флаг управления	CF = 1 для пакетов Auh (не скремблируемых)
CS	Синхронизация управления	Если полезная информация пакета Auh содержит CWP, этот бит показывает, какой CWP передается (CS = 0 или CS = 1). Ключевая информация о скремблировании, выделенная из CWP, используется для дескремблирования служебных пакетов с теми же значениями CS (например, ключевая информация, полученная из пакета Auh с CS = 0, используется для дескремблирования транспортных пакетов с CS = 0)
CC	Непрерывный счетчик	CC = 0000 _b для пакетов Auh
HD	Указатель заголовка	HD = 0000 _b для пакетов Auh
MF	Изменяемый флаг	MF = 1: следующий ADB может быть изменен MF = 0: следующий ADB не может быть изменен В декодере этот флаг должен игнорироваться
CFF	Флаг текущего поля	CFF = 1: это поле содержит действительную группу ADG CFF = 0: это поле не содержит действительную группу ADG
AFID	Идентификатор поля Auh	Это 6-битовое поле идентифицирует информацию о дополнительных данных, передаваемую в этой группе дополнительных данных. Определены три различных группы дополнительных данных. Определение ADG с помощью AFID 000000 _b Только метки времени начала отсчета 000001 _b Только пакеты контрольного слова (CWP) управления шифрованием 000011 _b Метки времени начала отсчета и CWP 000010 _b и 000100 _b – 111111 _b : зарезервированы для будущего определения
AFS	Размер поля дополнительных данных	Это однобайтовое поле (целое число без знака, первым идет бит MSB) содержит длину следующего блока дополнительных данных в байтах
ADB	Блок дополнительных данных	Информация о дополнительных данных в байтах размера AFS

В Системе В имеются три вида групп ADG, обозначаемые полем AFID в префиксе дополнительных данных.

Только метки времени начала отсчета

AFID = 000000_b

AFS = 5 (0x05)

ADB = байт временных меток: Байт со всеми нулевыми битами, за которыми следуют 32 бита, представляющие собой отсчет эталонного счетчика системы с частотой 27 МГц в кодере. Этот отсчет берется в момент времени, когда пакет дополнительных данных покидает кодер. Следует отметить, что такое использование временных меток отличается от применения эталонных временных меток в стандарте MPEG. Увеличение значения эталонной временной метки на единицу в Системе В эквивалентно одному периоду тактового сигнала частотой 27 МГц. Увеличение значения эталонной временной метки на единицу в стандарте MPEG соответствует 300 периодам тактового сигнала частотой 27 МГц или приращению на единицу тактовой частоты 90 кГц. Отсчет берется в момент времени, когда пакет дополнительных данных покидает кодер.

Только пакет контрольного слова (CWP) управления шифрованием

AFID = 000001_b

AFS = 120 (0x78)

ADB = 120 байтов пакета контрольного слова: Информация, требуемая для управления шифрованием и условным доступом.

Следует отметить, что бит CS в префиксе указывает, какой пакет CWP передается в составе полезной информации (CS = 0 или CS = 1). Ключевая информация о дескремблировании, выделенная из CWP, используется для дескремблирования служебных пакетов с теми же значениями CS (например, ключевая информация, полученная из пакета Auh с CS = 0, используется для дескремблирования транспортных пакетов с CS = 0).

Метка времени начала отсчета и CWP

AFID = 000011_b

AFS = 125 (0x7D)

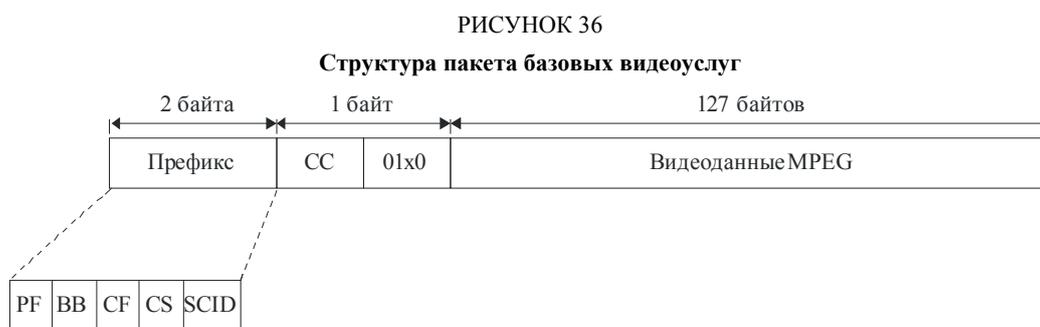
ADB = 5-байтовая временная метка, за которой следует пакет CWP длиной 120 байтов.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Для многофункциональных программ, т. е. тех, которые содержат две или более комбинаций аудио, видео и услуг передачи данных, как правило (но не обязательно), вспомогательные данные будут передаваться в рамках только одной из этих услуг. В результате информация о синхронизации и/или условном доступе, полученная в одном пакете дополнительных данных, может относиться более чем к одной услуге в рамках данной программы. Это возможно поскольку:

- эталонная тактовая частота системы общая для всех услуг в рамках данной программы;
- исходя из данных пакета CWP, система условного доступа может указывать авторизацию максимум для трех услуг в рамках данной программы.

4.2 Пакеты базовых видеослуж

Транспортные пакеты видеоданных с полем HD, имеющим значение 01x0, передают базовые видеослужы (например, видеоданные стандарта MPEG). Структура пакета базовых видеослужы показана на рис. 36. Семантическое определение (соответствующих) полей структуры пакета базовых видеослужы приведено в таблице 13.



ВО.1516-36

ТАБЛИЦА 13

Семантическое определение (соответствующих) полей в структуре пакета базовых видеослужы

BB	Граница группы	Бит BB устанавливается в 1 в первом пакете базовых видеослужы, содержащем заголовок видеопоследовательности с избыточностью, и в 0 во всех остальных пакетах. В декодере этот бит должен игнорироваться
CF	Флаг управления	CF = 1: транспортный блок этого пакета не скремблируется CF = 0: транспортный блок этого пакета скремблируется
CS	Синхронизация управления	В скремблируемых транспортных пакетах (т. е. CF = 0) этот бит указывает ключ, который должен использоваться для дескремблирования

HD	Указатель заголовка	HD = 01x0 _b для пакетов базовых видеослужб Бит HD (1), обозначаемый как x в HD = 01x0 _b , изменяется с каждым пакетом базовых видеослужб, содержащим стартовый код заголовка изображения без избыточности. Для этих пакетов стартовый код заголовка изображения выравнивается в каждом пакете, чтобы стать первыми четырьмя байтами полезной информации видеоданных MPEG, следующих за полями CC/HD. Никакие другие пакеты не могут изменять бит HD(1)
	Видеоданные MPEG	127 байтов видеоданных MPEG

4.3 Пакеты данных с избыточностью

Дается определение типа специального пакета с HD = 10x0, который содержит группу изображений (GOP) с избыточностью и заголовки изображений. Группа изображений с избыточностью и заголовки изображений могут иметься в наличии либо отсутствовать в битовом видеопотоке. Таким образом, пакеты данных с избыточностью могут иметься в наличии либо отсутствовать. Структура пакета данных с избыточностью показана на рис. 37. Семантическое определение (соответствующих) полей пакета данных с избыточностью приведено в таблице 14.

РИСУНОК 37



ТАБЛИЦА 14

Семантическое определение (соответствующих) полей в пакете данных с избыточностью

BB	Граница группы	BB = 0 для пакетов видеослужб с избыточностью В декодере этот бит должен игнорироваться
CF	Флаг управления	CF = 1: транспортный блок этого пакета не скремблируется CF = 0: транспортный блок этого пакета скремблируется
CS	Синхронизация управления	В скремблируемых транспортных пакетах (т. е. CF = 0) этот бит указывает ключ, который должен использоваться для дескремблирования
HD	Указатель заголовка	HD = 10x0 _b для пакетов данных с избыточностью Бит HD (1), обозначаемый как x в HD = 10x0 _b , отражает состояние изменения HD последнего пакета базовых видеослужб (x значение в HD = 01x0 _b) одного и того же SCID, содержащего исходный стартовый код заголовка изображения
NB	Количество байтов	Это однобайтовое поле (целое число без знака, первым идет бит MSB) представляет общую длину в байтах RH и MEF. Количество байтов, указанных в поле NB, должно быть больше чем или равным 5 байтам и меньше чем или равным 126 байтам, т. е. $5 \leq NB \leq 126$

RH	Заголовки с избыточностью	Это поле размером (NB – 4) байта состоит из GOP с избыточностью и/или заголовков изображений
MEF	Поле ошибок в медиаданных	Это 4-байтовое поле MEF устанавливается равным значению кода ошибки в последовательности, определяемому MPEG ИСО: 0x 00 00 01 B4 Цель использования состоит в том, что транспортный процессор направляет GOP с избыточностью и заголовки изображений, а также байты поля ошибок в медиаданных на видеodeкодер MPEG при обнаружении пакета с ошибками (с помощью декодера FEC или дискретного CC). В других случаях GOP и заголовки изображений, а также поле ошибок в медиаданных на видеodeкодер MPEG не отправляются. Видеodeкодер MPEG обнаруживает присутствие ошибочных байтов в медиаданных и активизирует процедуру маскирования ошибок
	Данные MPEG	Оставшаяся часть пакета данных заполняется стандартными видеоданными MPEG (без избыточности), которые являются продолжением потока видеоданных, полученных от предыдущего пакета того же самого SCID, имеющего видеоданные

4.4 Пакеты видеоданных, не относящихся к стандарту MPEG

Пакеты данных, не относящихся к стандарту MPEG, при нормальном режиме работы не используются. Их применение допускается в виде исключения лишь в случаях, когда при выводе первого пакета из кодера производится переключение из дежурного режима в эксплуатационный.

Структура пакета данных, не относящихся к стандарту MPEG, показана на рис. 38. Семантическое определение (соответствующих) полей пакета видеоданных, не относящихся к стандарту MPEG, приведено в таблице 15.

РИСУНОК 38

Структура пакета видеоданных, не относящихся к стандарту MPEG

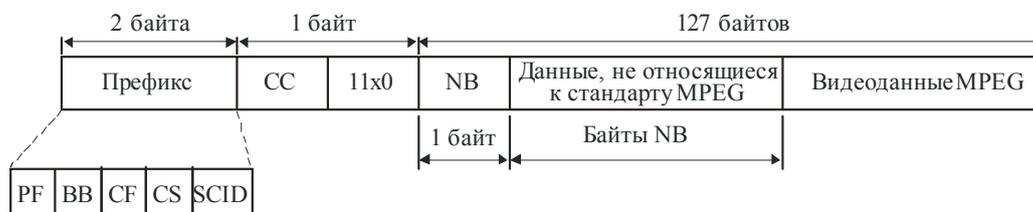


ТАБЛИЦА 15

**Семантическое определение (соответствующих) полей в пакете видеоданных,
не относящихся к стандарту MPEG**

VB	Граница группы	VB = 0 для пакета видеоданных, не относящихся к MPEG Декодер должен проигнорировать этот бит
CF	Флаг управления	CF = 1: транспортный блок этого пакета не скремблируется CF = 0: транспортный блок этого пакета скремблируется
CS	Синхронизация управления	В скремблируемых транспортных пакетах (т. е. CF = 0) этот бит указывает ключ, который должен использоваться для дескремблирования
HD	Указатель заголовка	HD = 11x0 _b для пакетов видеоданных, не относящихся к стандарту MPEG Бит HD (1), обозначаемый как x в HD = 11x0 _b , отражает состояние изменения HD последнего пакета базовых видеослужб (значение x в HD = 01x0 _b) одного и того же SCID
NB	Количество байтов	Это однобайтовое поле (целое число без знака, первым идет бит MSB) представляет общую длину в виде количества байтов следующего поля данных, не относящихся к стандарту MPEG. Количество байтов, указанных в поле NB, должно быть больше чем или равным 5 байтам и меньше чем или равным 126 байтам, т. е. $5 \leq NB \leq 126$
	Данные, не относящиеся к стандарту MPEG	Это поле байта NB состоит из данных, не относящихся к стандарту MPEG, которые не могут быть интерпретированы с помощью видеodeкодера MPEG
	Данные MPEG	Оставшаяся часть пакета данных, не относящихся к стандарту MPEG, заполняется видеоданными стандарта MPEG (без избыточности)

5 Пакеты аудиоданных

Общая структура транспортного аудиопакета показана на рис. 39. В прикладные аудиопакетах имеются три типа транспортных ячеек, характеризующиеся различными типами данных, передаваемых через эти ячейки и относящихся к аудиослужбам:

- пакеты дополнительных данных (временные метки, пакеты контрольного слова управления шифрованием);
- пакеты базовых аудиослужб (аудиоданные MPEG);
- пакеты аудиоданных, не относящихся к стандарту MPEG (данные и аудиоданные, не относящиеся к пакету MPEG).

В целях обозначения различных типов ячеек и соответствующих счетчиков в формате транспортного уровня аудиоданных предусмотрены 4 бита для CS и 4 бита для HD. Подробное описание этих полей приведено ниже в таблице 16. Следует отметить, что в пакете длиной 130 байтов первые 2 байта используются для префикса, третий байт содержит поля CS и HD, остальные 127 байтов передают полезную информацию.

РИСУНОК 39

Общая структура пакета аудиоданных

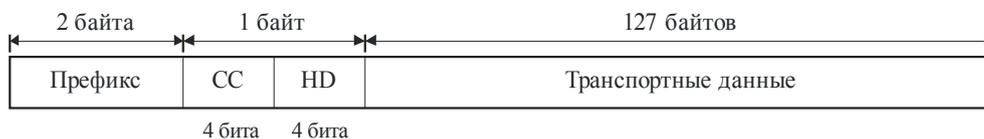


ТАБЛИЦА 16

Семантическое определение элементов в байте СС/HD

СС	Непрерывный счетчик	Это 4-битовое поле (целое число без знака, первым идет бит MSB) увеличивается на один бит с каждым пакетом при наличии одинакового SCID. После того как СС достигает своего максимального значения 15 (1111 _б), оно сбрасывается до 0. Значение непрерывного счетчика устанавливается в 0 (0000 _б) и не должно увеличиваться, если в поле HD указано 0x00 (пакеты дополнительных данных). Счетчик СС позволяет приемнику обнаружить дискретные ячейки (из-за ошибок в ячейках) для определенной транспортируемой услуги.
HD	Указатель заголовка	В этом 4-битовом поле указаны 3 типа пакетов аудиоданных: HD 0000 _б Пакеты дополнительных данных 0100 _б Пакеты базовых аудиослуж 1100 _б Пакеты аудиоданных, не относящихся к стандарту MPEG Все другие значения зарезервированы

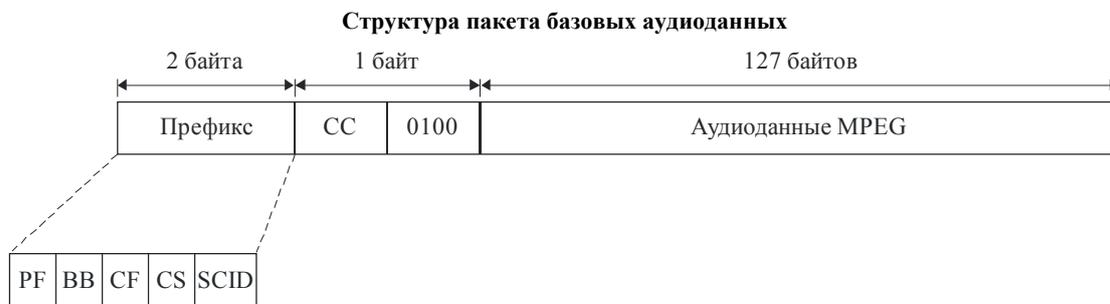
5.1 Пакеты дополнительных данных

Пакеты дополнительных данных для аудиослуж имеют ту же структуру (синтаксис и семантика), что и пакеты дополнительных данных для видеослуж, как было показано в п. 4.1.

5.2 Пакеты базовых аудиослуж

Транспортные пакеты аудиослуж с полем HD, имеющим значение 0100_б, передают информацию о базовых аудиослужах (т. е. аудиобиты стандарта MPEG). Структура и семантическое описание основных полей пакета базовых аудиослуж показана на рис. 40, а семантическое определение (соответствующих) полей приведено в таблице 17.

РИСУНОК 40



ВО.1516-40

ТАБЛИЦА 17

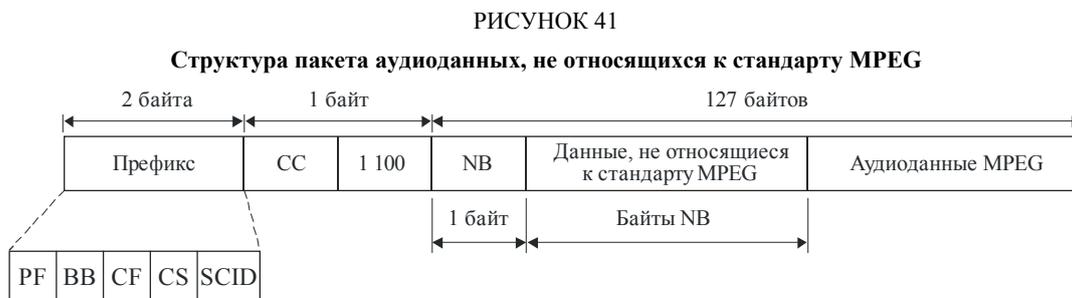
Семантическое определение (соответствующих) полей в пакете базовых аудиослуж

BB	Граница группы	BB = 0 для пакетов базовых аудиослуж
CF	Флаг управления	CF = 1: транспортный блок этого пакета не скремблируется CF = 0: транспортный блок этого пакета скремблируется
CS	Синхронизация управления	В скремблируемых транспортных пакетах (т. е. CF = 0) этот бит указывает ключ, который должен использоваться для дескремблирования
HD	Указатель заголовка	HD = 0100 _б для пакетов базовых аудиослуж
	Аудиоданные MPEG	127 байтов аудиоданных стандарта MPEG

5.3 Пакеты аудиоданных, не относящихся к стандарту MPEG

Пакеты данных, не относящихся к стандарту MPEG, при нормальном режиме работы не используются. Их применение допускается в виде исключения лишь в случаях, когда при выводе первого пакета из кодера производится переключение из дежурного режима в эксплуатационный.

Структура пакета аудиоданных, не относящихся к стандарту MPEG, показана на рис. 41, а семантическое определение (соответствующих) полей пакета приведено в таблице 18.



ВО.1516-41

ТАБЛИЦА 18

Семантическое определение (соответствующих) полей в пакете аудиоданных, не относящихся к стандарту MPEG

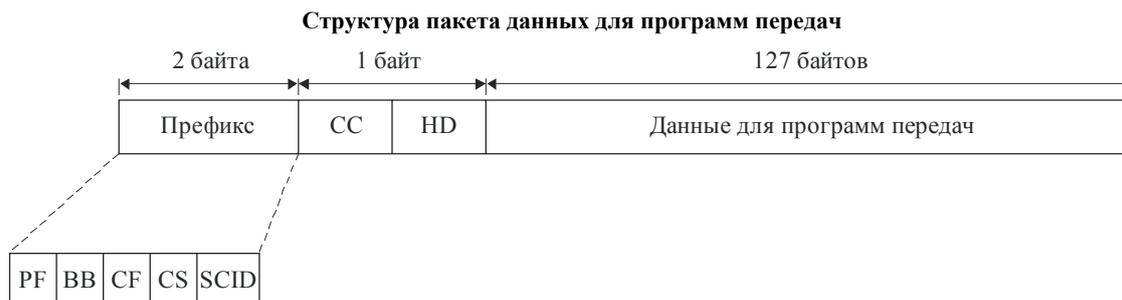
BB	Граница группы	BB = 0 для пакетов аудиоданных, не относящихся к стандарту MPEG
CF	Флаг управления	CF = 1: транспортный блок этого пакета не скремблируется CF = 0: транспортный блок этого пакета скремблируется
CS	Синхронизация управления	В скремблируемых транспортных пакетах (т. е. CF = 0) этот бит указывает ключ, который должен использоваться для дескремблирования
HD	Указатель заголовка	HD = 1100 _b для пакетов аудиоданных, не относящихся к стандарту MPEG
NB	Количество байтов	Это однобайтовое поле (целое число без знака, первым идет бит MSB) представляет длину в виде количества байтов следующего поля данных, не относящихся к стандарту MPEG. Количество байтов, указанных в поле NB, должно быть больше или равно 5 и меньше или равно 126 байтам, т. е. $5 \leq NB \leq 126$
	Данные, не относящиеся к стандарту MPEG	Это поле байта (NB) состоит из данных, не относящихся к стандарту MPEG, которые не могут быть интерпретированы с помощью аудиодекодера MPEG
	Аудиоданные MPEG	Оставшаяся часть пакета данных, не относящихся к стандарту MPEG, заполняется аудиоданными стандарта MPEG

6 Пакеты данных для программ передач

Пакеты данных для программ передач содержат все данные, необходимые для настройки каналов и воспроизведения доступной информации о программах для зрителей. Потоки данных для программ передач, описываемые в Системе В, следующие:

потоки данных для основных программ передач (MPG), для специализированных программ передач (SPG), для приобретения пакета информационных программ (PIP) и пакета с описательной информацией (DIP). Эти потоки данных переносятся в пакетах, структура которых показана на рис. 42. Бит CF в поле префикса во всех потоках устанавливается в 1, т. е. не скремблируется. Идентификатор SCID пакетов основных программ всегда имеет фиксированное значение, заранее определяемое пользователем.

РИСУНОК 42



ВО.1516-42

ТАБЛИЦА 19

Семантическое определение (соответствующих) полей в пакете данных для программ передач

BB	Граница группы	BB = 0 для пакетов данных для программ передач
CF	Флаг управления	CF = 1 для пакетов данных для программ передач (не скремблируется)
SCID	Идентификатор служебного канала	SCID: это фиксированное значение, заранее выбранное пользователем для идентификации данных по основным программам передач; формат представляет собой 12-битовое поле (целое число без знака, первым идет бит MSB). Типичное значение имеет вид 0x001
HD	Указатель заголовка	HD = 0100 _б для пакетов данных для программ передач

7 Ограничения, вводимые в транспортном мультиплексе

Ограничения в мультиплексировании при формировании программы передач для пакетов, определяются для всех транспортных пакетов в транспортном мультиплексе. С целью заполнения слотов в транспортном мультиплексе, не предполагаемых для загрузки передачами, в них вводятся нулевые пакеты так, чтобы в любом интервале времени сохранить постоянную скорость передачи транспортного мультиплексированного потока данных.

7.1 Определение ограничений элементарных потоков данных в мультиплексе

Определяемые в этом разделе ограничения относятся к транспортным пакетам с заданным значением SCID, загруженным элементарными потоками данных следующих типов: видео, аудио, CA, MPG, SPG, DIP, PIP, низкоскоростные последовательные данные (как непрерывные, так и в виде сеансов) и высокоскоростные широкополосные данные (как с буферизацией, так и без нее).

Суть ограничения состоит в установке предельного значения частоты появления пакетов программ с заданным SCID в транспортном мультиплексе, с тем чтобы частота появления пакетов, загруженных низкоскоростными элементарными потоками, была меньше частоты пакетов с высокоскоростными элементарными потоками. Ограничения в транспортном мультиплексе существенно снижают пиковую скорость элементарного потока данных, поступающего в декодер, по сравнению со скоростью элементарного потока данных источника на выходе кодера.

Работа транспортного мультиплексора считается эффективной, если и только если транспортный поток данных каждого типа, соответствующего значению SCID, постоянно удовлетворяет определенным тестовым критериям, связанным с ограничениями мультиплексирования для заданных скоростей передачи.

Ограничение мультиплексирования:

Для каждого SCID в отношении указанных типов данных скорость доставки транспортного пакета элементарных потоков данных считается обоснованной для скорости R, если и только если непрерывно соблюдается следующие условие:

элементарный поток данных доставляется из поля полезной информации транспортных пакетов с заданным SCID в буферную память на 508 байтов. При постоянной скорости R вывода данных из указанного буфера при условии доступности данных транспортные пакеты с заданным SCID должны быть сформированы так, чтобы не перегружать буфер. Допускается полное удаление данных из буфера.

Дополнение 2 к Приложению 1

Управляющий сигнал для Системы D

СОДЕРЖАНИЕ

1	Введение
2	Кодирование информации ТМСС
2.1	Порядок изменения
2.2	Информация о комбинации "схема модуляции – скорость кодирования"
2.3	Идентификация транспортного потока (TS)
2.4	Другая информация
3	Внешнее кодирование для информации ТМСС
4	Временные ссылки
5	Канальное кодирование для ТМСС

1 Введение

В настоящем Дополнении дается определение управляющего сигнала Системы D. Система D использует сигнал ТМСС для соответствующей демодуляции/декодирования в приемнике. Сигнал ТМСС несет следующую информацию:

- комбинация "схема модуляции – скорость кодирования" для каждого интервала;
- идентификация транспортного потока TS MPEG-2 для каждого интервала; и
- другое (например, порядок изменения, бит флага для вещательной передачи сигнала аварийной ситуации).

Информация ТМСС передается заранее основному сигналу, поскольку основной сигнал не может демодулироваться без информации ТМСС. Минимальный интервал для обновления информации ТМСС равняется продолжительности одного суперкадра. В каждом суперкадре приемники в первую очередь декодируют информацию ТМСС. Сигнал ТМСС передает временные ссылки в дополнение к вышеуказанной информации.

2 Кодирование информации ТМСС

На рис. 43 показано форматирование информации, которую несет сигнал ТМСС. Подробное описание каждого элемента приводится ниже.

РИСУНОК 43

Формат информации ТМСС

Порядок изменения	Комбинация "схема модуляции – скорость кодирования" для каждого интервала	Относительная TS ID для каждого интервала	Таблица соответствия между относительной TS ID и MPEG-2 TS_ID	Другая информация
-------------------	---	---	---	-------------------

ВО.1516-43

2.1 Порядок изменения

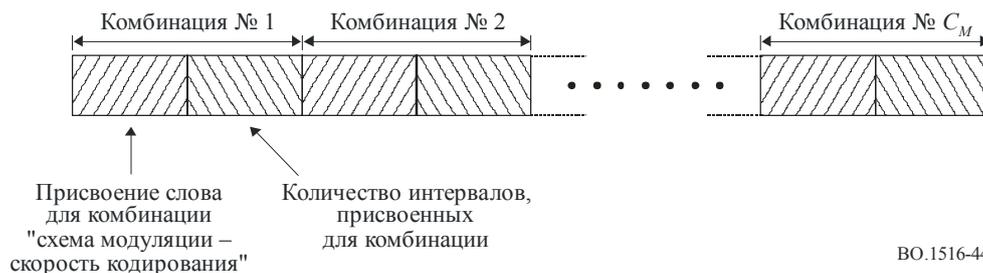
Элемент "порядок изменения" представляет собой 5-битовое число, указывающее на обновление информации ТМСС. Оно увеличивается каждый раз при обновлении ТМСС. Приемник может обнаруживать исключительно биты и декодировать информацию ТМСС только при изменении битов. Использование порядка изменения определяется системой на произвольной основе.

2.2 Информация о комбинации "схема модуляции – скорость кодирования"

Данный элемент представляет собой комбинацию схемы модуляции и скорости сверточного кодирования для каждого интервала. Чтобы уменьшить количество битов передачи для этой информации, информация кодируется в формат, показанный на рис. 44. Максимальное количество используемых одновременно комбинаций "схема модуляции – скорость кодирования", C_M , определяется системой, принимая во внимание требования конкретной услуги. Присвоение слова для комбинации "схема модуляции – скорость кодирования" показано в таблице 20. Когда количество используемых комбинаций "схема модуляции – скорость кодирования" меньше максимального значения, определяемого системой, слово 1111 применяется к оставшейся части комбинаций, а количество присвоенных интервалов устанавливается в нуль.

РИСУНОК 44

Формат кодирования для информации о комбинации "схема модуляции – скорость кодирования"



ВО.1516-44

ТАБЛИЦА 20

Присвоение слова комбинации "схема модуляции – скорость кодирования"

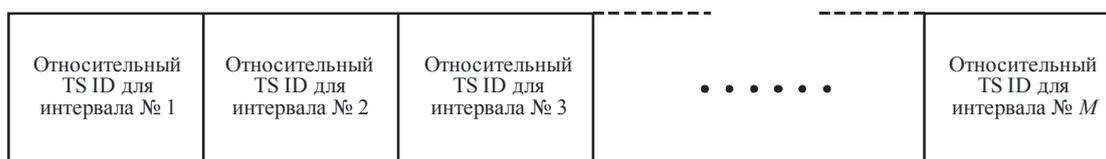
Слово	Комбинация "схема модуляции – скорость кодирования"
0000	Зарезервирована
0001	BPSK($r = 1/2$)
0010	QPSK($r = 1/2$)
0011	QPSK($r = 2/3$)
0100	QPSK($r = 3/4$)
0101	QPSK($r = 5/6$)
0110	QPSK($r = 7/8$)
0111	TC8-PSK($r = 2/3$)
1000-1110	Зарезервирована
1111	Фиктивная

2.3 Идентификация транспортного потока (TS)

Вместо передачи MPEG-2 TS_ID (16 битов) для каждого интервала используются комбинации "относительных идентификаторов транспортного потока" (TS ID), которые идентифицируют только передаваемые транспортные потоки, и соответствующая таблица между этими двумя видами идентификаторов. Это приводит к уменьшению количества битов передачи. Относительные TS ID для каждого интервала передаются последовательно от интервала № 1. Максимальное количество передаваемых одновременно транспортных потоков, T_M , определяется системой.

РИСУНОК 45

Расположение данных, касающихся информации об относительных TS ID



ВО.1516-45

Соответствующая таблица составляется из массива чисел, являющихся 16-битными числами, для представления каждого MPEG-2 TS_ID. Числа упорядочены от номера 0 относительного TS ID до T_M .

РИСУНОК 46

Расположение данных таблицы соответствия



ВО.1516-46

2.4 Другая информация

Формат кодирования для другой информации соответственно определяется системой.

3 Внешнее кодирование для информации ТМСС

Поскольку информация ТМСС необходима для демодуляции в приемниках, сигнал ТМСС должен быть защищен с уровнем FEC выше уровня FEC, используемого для основного сигнала. По той же самой причине его следует передавать с комбинацией "схема модуляции – скорость кодирования", обладающей максимальной устойчивостью в отношении шума передатчика.

4 Временные ссылки

Используются два вида временных ссылок, а именно синхрослово кадра, указывающее на начало каждого кадра и слова идентификации кадра, идентифицирующие первый кадр (кадр № 1). Эти слова должны передаваться каждым кадром.

После разделения внешне закодированных данных ТМСС по M блокам (где M – это количество кадров в суперкадре) синхрослова должны вставляться в каждый блок, как показано на рис. 47. Синхрослово $W1$ должно вставляться в начале каждого блока. Слово $W2$ должно вставляться в конце блока, передаваемого в первом кадре, в то время как слово $W3$ должно вставляться в конце оставшихся блоков. Слова $W1$, $W2$, и $W3$ должны состоять из 2 байтов. Слово $W1$ должно иметь значение $1B95_{16}$, $W2$ – $A340_{16}$ и $W3$ – $5CBF_{16}$ ($W3$ получено путем инвертации битов $W2$).

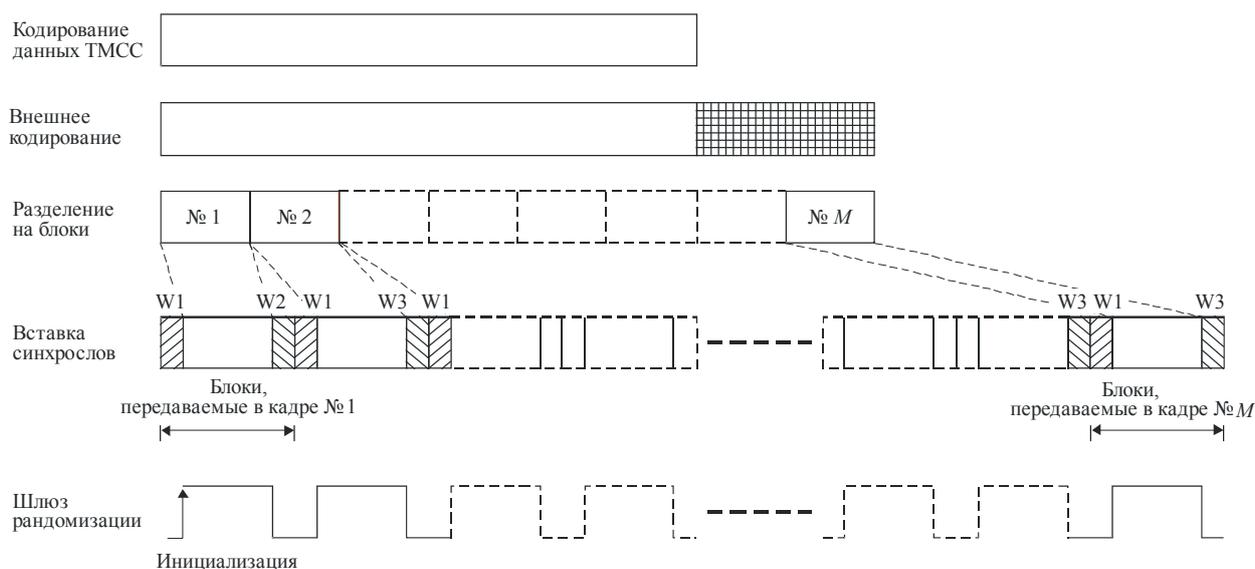
Следует отметить, что первые 6 битов слов будут изменяться в соответствии с полезной информацией (содержимое основного сигнала и/или сигнала ТМСС) благодаря сверточному кодированию (длина кодового ограничения 7), применяемому к сигналу ТМСС на последующем этапе обработки. Другими словами, первые 6 битов слова используются в качестве битов завершения сверточного кода. Следовательно, уникальная битовая комбинация в синхрослове составляет 10 битов из 16 битов оригинального слова.

5 Канальное кодирование для ТМСС

Сигнал ТМСС должен быть рандомизирован с целью дисперсии энергии. Полином для псевдослучайного генератора двоичной последовательности тот же, что и для основного сигнала. Псевдослучайная последовательность инициализируется в третьем байте (сразу же после синхрослова) первого блока. Первый бит на выходе генератора применяется к первому биту (т. е. MSB) третьего байта первого блока. Псевдослучайная последовательность добавляется к данным за исключением слов временных ссылок.

Процессы перемежения могут не потребоваться для сигнала ТМСС, состоящего из небольшого количества битов, поскольку эффект перемежения является ограниченным. В случае необходимости должен быть определен соответствующий процесс перемежения.

РИСУНОК 47
Генерация сигнала TMCC



ВО.1516-47

Дополнение 3 к Приложению 1

Состояние готовности интегральных схем для общего приемника со встроенным декодером

СОДЕРЖАНИЕ

- 1 Введение
- 2 Анализ
- 3 Заключение

1 Введение

В настоящем Дополнении описывается современный уровень разработки и готовности интегральных схем (ИС). Мы связались с несколькими общепризнанными производителями интегральных схем с тем, чтобы рассмотреть их текущие предложения по производимой продукции, будущие планы и оценки возможностей разработки интегральных схем, поддерживающих эти четыре системы.

Несколько производителей интегральных схем уже предлагают схемы, поддерживающие Системы А, В и С, а один поставщик предлагает интегральную схему, поддерживающую Системы А и D. Кроме того, в ближайшем будущем все четыре системы, по всей вероятности, будут поддержаны несколькими поставщиками.

Отчет МСЭ-R ВО.2008 – Digital multiprogramme broadcasting by satellite – использовался в качестве основы для оценки возможности разработки интегральных схем, поддерживающих общие элементы этих четырех систем, и связанного с этим увеличения их стоимости.

2 Анализ

Недавняя оценка подтвердила предположения, выдвинутые в Отчете МСЭ-R ВО.2008. Некоторые производители предлагают интегральные схемы для установленных общих элементов приемников IRD, делая, таким образом, возможной разработку IRD, поддерживающих Системы А, В и С.

Была также произведена оценка необходимых новых функций приемника IRD Системы D. Было определено, что если необходимы все общие элементы универсального приемника IRD, каналный уровень, показанный на рис. 1 Отчета МСЭ-R ВО.2008, потребует обновления, влияющего на модификации в каскадах декодера модуля спутникового тюнера/декодера, как показано на рис. 7 и 8. Обычно для внедрения спутникового тюнера и модулей декодера используются две интегральные схемы. Все четыре системы могут использовать общий чип (IC) тюнера.

Чип спутникового декодера включает функцию демодулятора. Система D требует наличия на чипе большего объема памяти ПЗУ для поддержки функции блочного деперемежения. Системы А, В и С используют функцию сверточного деперемежения, которая требует уменьшенного массива памяти ПЗУ. Хотя в данном чипе имеются дополнительные функции для поддержки требуемой передачи сигналов управления, было определено, что его воздействие будет незначительно.

Чтобы оценить стоимость чипа декодера, мы предположили то же самое значение, которое обычно используется при оценке стоимости IRD. В то время как в обычную стоимость IRD, согласно Отчету МСЭ-R ВО.2008, входит стоимость функции спутникового демодулятора + декодера, что в результате составляет 30 долл. США, ее настоящая стоимость, по оценкам, находится на обычном уровне в диапазоне 4 долл. США. Стоимость модернизированного спутникового чипа с функциями демодулятора + декодера, по оценкам, находится в диапазоне 9 долл. США в течение года.

В Отчете МСЭ-R ВО.2008 указана расчетная стоимость IRD, которая составляет 300 долл. США. Мы считаем, что в сравнении с расчетным увеличением стоимости на 5 долл. США (9 долл. США – 4 долл. США) в целях поддержки Системы D большинство производителей IRD захотят производить универсальные приемники IRD. В то время как ценовое различие, по оценкам, будет составлять около 5 долл. США, ожидается, что с течением времени это различие уменьшится. Текущие тенденции в данной области промышленности, основанные на усовершенствованиях производственных процессов, указывают на 20% снижение цены ежегодно.

3 Заключение

В Отчете МСЭ-R ВО.2008 сделано заключение, что усовершенствования в производстве интегральных схем сделают возможным производство приемников IRD, базирующихся на общих элементах. Некоторые производители интегральных схем в настоящее время поставляют чипы, поддерживающие Системы А, В и С. На основании оценки в Отчете МСЭ-R ВО.2008 и текущего состояния технологий мы делаем вывод, что приемник IRD, базирующийся на стандартном элементе, поддерживающий эти четыре системы, будет внедряться в производство в течение года при незначительном влиянии на общую стоимость IRD.
