|  |
| --- |
| **Рекомендация МСЭ-R BO.1784-1**  **(12/2016)** |
| **Цифровая спутниковая система радиовещания с гибкой конфигурацией  (телевидение, звук и данные)** |
| **Серия BO**  **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-Т/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Приложении 1 к Резолюции МСЭ-R 1. 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-Т/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

|  |  |
| --- | --- |
| **Серии Рекомендаций МСЭ-R**  (Представлены также в онлайновой форме по адресу: <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>.) | |
| **Серия** | **Название** |
| **BO** | **Спутниковое радиовещание** |
| **BR** | Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения |
| **BS** | Радиовещательная служба (звуковая) |
| **BT** | Радиовещательная служба (телевизионная) |
| **F** | Фиксированная служба |
| **M** | Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская 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 МСЭ-R 1.* |

*Электронная публикация*Женева, 2018 г.

© ITU 2018

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 BO.1784-1

Цифровая спутниковая система радиовещания с гибкой конфигурацией   
(телевидение, звук и данные)

(Вопрос МСЭ-R 285/4)

(2007-2016)

Сфера применения

Настоящая Рекомендация предназначена для цифровой радиовещательной спутниковой службы (РСС), когда высокая гибкость в конфигурации системы и интерактивность радиовещания важны для обеспечения возможности широкого компромисса между работой при минимальных уровнях *C*/*N* и максимальной пропускной способностью.

Ключевые слова

ТВЧ, ТСВЧ, спутниковый, радиовещание, объединение каналов, DVB-S2, DVB-S2X

Сокращения/Глоссарий

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| AAC | Advanced Audio Coding |  | Усовершенствованное аудиокодирование |
| ACM | Adaptive Coding and Modulation |  | Адаптивные кодирование и модуляция |
| ALS | Audio Lossless coding |  | Аудиокодирование без потерь |
| APSK | Amplitude and Phase Shift Keying |  | Амплитудно-фазовая манипуляция |
| ATM | Asynchronous Transfer Mode | АРП | Асинхронный режим передачи |
| AVC | Advanced Video Coding |  | Усовершенствованное видеокодирование |
| AWGN | Additive White Gaussian Noise |  | Аддитивный белый гауссов шум |
| BB | BaseBand |  | Основная полоса |
| BCH code | Bose-Chaudhuri-Hocquenghem code |  | Код Боуза-Чоудхури-Хоквингема |
| BPSK | Binary Phase Shift Keying |  | Двухпозиционная фазовая манипуляция |
| BSS | Broadcasting-Satellite Service | РСС | Радиовещательная спутниковая служба |
| CCM | Constant Coding and Modulation |  | Постоянные кодирование и модуляция |
| C/N | Carrier to Noise Ratio |  | Отношение несущая/шум |
| CRC | Cyclic Redundancy Check |  | Циклический избыточный код |
| DSNG | Digital Satellite News Gathering | ЦССН | Цифровой спутниковый сбор новостей |
| DTH | Direct To Home |  | Непосредственно на домашнюю антенну |
| DVB | Digital Video Broadcasting project |  | Проект цифрового телевизионного радиовещания |
| DVB S | DVB System for satellite broadcasting |  | Система DVB для спутникового радиовещания |
| DVB S2 | Second generation DVB System for satellite broadcasting and unicasting |  | Система DVB второго поколения для спутникового радиовещания и односторонней передачи |
| DVB S2X | Extensions of the second generation DVB System for satellite broadcasting and unicasting |  | Расширения системы DVB второго поколения для спутникового радиовещания и односторонней передачи |
| FEC | Forward Error Correction |  | Упреждающая коррекция ошибок |
| FPGA | Field Programmable Gate Array |  | Программируемая вентильная матрица |
| GF | Galois Field |  | Поле Галуа |
| GS | Generic Stream |  | Поток общего назначения |
| GSE | Generic Stream Encapsulation |  | Инкапсулированный поток общего назначения |
| HDTV | High Definition Television | ТВЧ | Телевидение высокой четкости |
| HEVC | High Efficiency Video Coding |  | Высокоэффективное видеокодирование |
| IBO | Input Back Off |  | Коэффициент потери мощности на входе |
| IP | Internet Protocol |  | Протокол Интернет |
| IRD | Integrated Receiver Decoder |  | Приемник со встроенным декодером |
| LDPC | Low Density Parity Check |  | Код с малой плотностью проверок на четность |
| LNB | Low Noise Block |  | Малошумящий блок |
| MPEG | Moving Picture Experts Group |  | Группа экспертов по кинематографии |
| OBO | Output Back Off |  | Выходные потери |
| PL | Physical Layer |  | Физический уровень |
| PSK | Phase Shift Keying |  | Фазовая манипуляция |
| PRBS | Pseudo-Random Binary Sequence |  | Псевдослучайная двоичная последовательность |
| QAM | Quadrature Amplitude Modulation |  | Квадратурная амплитудная модуляция |
| QEF | Quasi Error Free |  | Квазибезошибочный прием |
| QPSK | Quadrature Phase Shift Keying |  | Квадратурная фазовая манипуляция |
| RF | Radio Frequency | РЧ | Радиочастота |
| RS | Reed Solomon |  | Рида-Соломона (код) |
| SDTV | Standard Definition Television | ТСЧ | Телевидение стандартной четкости |
| SNR | Signal to Noise Ratio |  | Отношение сигнал/шум |
| SOF | Start of Frame |  | Начало кадра |
| TS | Transport Stream |  | Транспортный поток |
| TV | Television | ТВ | Телевидение |
| TWTA | Traveling Wave Tube Amplifier |  | Усилитель на лампе бегущей волны |
| UHDTV | Ultra-High Definition Television | ТСВЧ | Телевидение сверхвысокой четкости |
| VCM | Variable Coding and Modulation |  | Переменные кодирование и модуляция |
| VL-SNR | Very Low - Signal to Noise Ratio |  | Очень малое значение отношения сигнал/шум |
| VSAT | Very Small Aperture Terminal |  | Терминал с очень малой апертурой |

Соответствующие Рекомендации, Отчеты МСЭ

Рекомендация МСЭ-R BO.1408-1 Система передачи для новейших мультимедийных услуг, предоставляемых службой цифрового радиовещания с интеграцией служб в спутниковом радиовещательном канале

Рекомендация МСЭ-R BO.1516-1 Цифровые многопрограммные телевизионные системы, предназначенные для использования спутниками, работающими в диапазоне частот 11/12 ГГц

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

*a)* что в Рекомендациях МСЭ-R BO.1408 и МСЭ-R BO.1516 были разработаны цифровые многопрограммные телевизионные системы для использования спутниками, которые называются действующими системами;

*b)* что в результате последних разработок в области кодирования канала и модуляции были получены новые методы с характеристиками, приближающимися к границе Шеннона;

*c)* что такие новые цифровые методы обеспечили бы бóльшую эффективность использования спектра и/или мощности по сравнению с действующими системами, в то же время сохраняя возможность гибкой конфигурации, с тем чтобы справляться с шириной полосы и ресурсами мощности конкретного спутника;

*d)* что в рекомендуемой системе используются такие методы и таким образом обеспечивается возможность широкого компромисса, касающегося работы при минимальных уровнях *C*/*N* либо максимальной пропускной способности, получая существенное усиление по сравнению с DVB‑S (Система A в Рекомендации МСЭ‑R BO.1516) в зависимости от избранного режима DVB‑S2;

*e)* что рекомендуемая система была разработана не только для радиовещания, но также для применений интерактивности и доставки программ, таких как линии доставки ТВ программ и цифровой спутниковый сбор новостей (ЦССН);

*f)* что система, пригодная для всех таких сфер применения при сохранении однокристального декодера разумных уровней сложности, позволила бы повторно использовать данную разработку для продуктов массового рынка в целях доставки программ или для специализированных применений;

*g)* что новый метод адаптивного кодирования и модуляции (ACM), предлагаемый рекомендуемой системой, обеспечил бы более эффективное использование спектра для одноадресных применений применительно к обратному тракту путем оптимизации параметров передачи (т. е. модуляции и кодирования) для каждого отдельного пользователя, в зависимости от условий тракта;

*h)* что рекомендуемая система приспособлена к любым форматам входного потока, включая один или несколько транспортных потоков Группы экспертов по кинематографии (MPEG) (характеризуемых пакетами размером 188 байт), протокол IP, а также пакеты асинхронного режима передачи (ATM) и непрерывные битовые потоки;

*i)* что рекомендуемая система могла бы работать с разнообразными усовершенствованными аудиовизуальными форматами, как имеющимися в настоящее время, так и формируемыми;

*j)* что новые расширения рекомендуемой системы обеспечивают улучшенные показатели и характеристики для ее основных применений, в том числе для радиовещания непосредственно на домашнюю антенну (DTH) и телевидения сверхвысокой четкости (ТСВЧ), а также обеспечивают расширенный эксплуатационный диапазон для охвата возникающих рынков, таких как рынки применений подвижной связи,

учитывая далее,

*a)* что системная Рекомендация МСЭ помогает рынку создавать услуги на основе стандартизированных систем, избегая, таким образом, распространения специализированных разработок, что выгодно как для конечных пользователей, так и для отрасли в целом;

*b)* что, несмотря на успех действующих систем, многие спутниковые радиовещательные организации, операторы и производители во всем мире высоко ценят новые технические характеристики, обеспечивающие возможность доставки со значительно более высокой скоростью передачи данных в заданной ширине полосы ретранслятора, чем действующие системы;

*c)* что требование предоставлять услуги телевидения высокой четкости (ТВЧ) и ТСВЧ заставит радиовещательные организации искать более эффективные методы доставки сигналов этих услуг при существующих ретрансляторах;

*d)* что присущая рекомендуемой системе и ее расширениям гибкость предоставила бы способы ослабления влияния ослабления в атмосфере в более высоких полосах частот радиовещательной спутниковой службы (РСС), которые предназначены для использования для услуг ТВЧ и последующих систем,

рекомендует,

**1** чтобы система DVB‑S2, определенная в стандарте ETSI EN 302 307-1 V 1.4.1 (см. Прилагаемый документ 1) могла рассматриваться как подходящая система для разработки системы спутникового радиовещания с гибкой конфигурацией[[1]](#footnote-1)1;

**2** чтобы система DVB‑S2X, определенная в стандарте ETSI EN 302 307-2 V1.1.1 (см. Прилагаемый документ 2) могла рассматриваться как подходящая система для разработки системы спутникового радиовещания с улучшенными показателями и характеристиками1.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В Приложении 1 представлено описание рекомендуемой системы DVB-S2 (Система E1), в Приложении 2 представлено описание расширений DVB-S2X к рекомендуемой системе (Система E2) а в Приложении 3 содержатся сравнительные таблицы, в которых рекомендуемые системы (Системы E1 и E2) сопоставляются с системами, содержащимися в Рекомендации МСЭ-R BO.1516 (Системы A, B, C, D).

Приложение 1  
  
Основные характеристики системы DVB‑S2 (называемой Система E1)

DVB‑S2 представляет собой технические характеристики второго поколения для применений спутниковой широкополосной связи, разработанные в соответствии с проектом DVB (цифровое телевизионное радиовещание) в 2003 году и ставшие стандартом ETSI EN 302 307 в 2004 году.

EN 302 307 определяет структуру формирования кадров, кодирование канала и модуляцию для различных видов применений спутниковой связи:

– телевизионного радиовещания стандартной четкости и высокой четкости (ТСЧ и ТВЧ);

– интерактивности (включая доступ к интернету) для спутниковых радиовещательных применений (для приемников со встроенным декодером (IRD) и персональных компьютеров);

– применений доставки телевизионных программ, например доставки программ цифрового ТВ, распределение и сбор новостей;

– распространение цифрового контента и транкинг интернета.

Для того чтобы работать во всех областях применения, сохраняя при этом однокристальный декодер разумных уровней сложности, система DVB‑S2 имеет структуру набора инструментов, обеспечивая таким образом возможность использования продуктов массового рынка для доставки телевизионных программ или специализированных применений.

Система DVB‑S2 была разработана с учетом трех концепций: лучшие характеристики передачи, приближение к границе Шеннона, полная гибкость и разумная сложность приемника.

Для достижения лучшего компромисса в отношении рабочие характеристики/сложность при обеспечении существенного прироста пропускной способности по отношению к DVB‑S для стандартных радиовещательных применений в системе DVB‑S2 использованы новейшие разработки в области кодирования и модуляции канала: коды LDPC (код с малой плотностью проверок на четность) приняты в сочетании со схемами модуляции QPSK (квадратурная фазовая манипуляция), 8‑PSK, 16‑APSK (амплитудно-фазовая манипуляция) и 32-APSK, с тем чтобы система должным образом работала в нелинейном спутниковом канале.

Структура кадрирования допускает максимальную гибкость для универсальной системы и синхронизации также в конфигурациях наихудшего случая (малое отношение сигнал/шум (SNR)).

Для интерактивных применений связи пункта с пунктом, таких как одноадресные IP-приложения применительно к обратному тракту, принятие функции ACM позволяет оптимизировать параметры передачи для каждого отдельного пользователя на покадровой основе, в зависимости от условий тракта, при регулировании с обратной связью по обратному каналу (присоединение приемника к станции линии вверх системы DVB‑S2 через наземные либо спутниковые линии, сообщение об условиях приема приемника). Это приводит к дальнейшему повышению эффективности использования спектра системой DVB‑S2 по сравнению с системой DVB‑S, допуская оптимизацию конструкции космического сегмента, таким образом делая возможным существенное сокращение стоимости IP-услуг на базе спутниковой связи.

DVB‑S2 является настолько гибкой системой, что она может быть совместима с любыми существующими характеристиками спутникового ретранслятора при разнообразных требованиях к эффективности использования спектра и к SNR. Более того, она предназначена для обработки различных улучшенных аудио- и видеоформатов, которые в настоящее время определяются международными организациями. DVB‑S2 приспособлена к любым форматам входного потока, включая один или несколько транспортных потоков MPEG (характеризуемых пакетами размером 188 байт), IP, а также пакеты ATM и непрерывные битовые потоки.

Структура системы DVB‑S2

Система DVB‑S2 состоит из последовательности функциональных блоков, как это описано на рисунке 1. Формирование сигнала основано на двух уровнях структур формирования кадров:

– BBFRAME на уровне основной полосы (BB), переносящем разнообразные биты сигнализации для конфигурации гибкости приемника в соответствии со сценарием применения;

– PLFRAME на физическом уровне (PL), переносящем несколько битов сигнализации с высокой степенью защиты для обеспечения надежной синхронизации и передачи сигналов на физическом уровне.

РИСУНОК 1

Функциональная блок-схема системы DVB-S2



В зависимости от применения входная последовательность DVB‑S2 может представлять собой один или несколько транспортных потоков (TS) MPEG, один или несколько потоков общего назначения как пакетированных, так и непрерывных. Блок, определяемый как *Адаптация режима*, обеспечивает интерфейс входного потока[[2]](#footnote-2)2, синхронизацию входного потока[[3]](#footnote-3)3 (факультативно), исключение пустых пакетов[[4]](#footnote-4)4 (только для ACM и формата входного транспортного потока), кодирование CRC‑8 для обнаружения ошибок на пакетном уровне в приемнике (только для пакетных входных потоков), объединение входных потоков (только для режимов нескольких входных потоков) и разделение на поля данных. Потоковый заголовок затем добавляется перед полем данных для сообщения приемнику данных о формате входного потока и типе *Адаптации режима*: один или множество входящих потоков, общий либо транспортный поток, постоянные кодирование и модуляция, (CCM) либо ACM и многие другие детали конфигурации. Благодаря защите с упреждающей коррекцией ошибок (FEC) (распространяющейся как на заголовок, так и на полезную нагрузку данных) и общую длину кадра FEC, потоковый заголовок может фактически содержать много битов сигнализации, не теряя эффективности передачи либо устойчивости к шуму. Следует отметить, что мультиплексные транспортные пакеты MPEG могут быть асинхронно отображены в потоковых кадрах.

Затем применяется*Адаптация потока*для обеспечения заполнения в случае, если имеющиеся для передачи данные пользователя недостаточны для полного заполнения BBFRAME, а также для потокового скремблирования.

*Кодирование с упреждающей коррекцией ошибок (FEC)*осуществляет связывание внешнего кода BCH (код Боуза-Чоудхури-Хоквингема) и внутренних кодов LDPC (с малой плотностью проверок на четность) (соотношения 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10). В зависимости от области применения блоки кодов FEC (кадры FEC) могут иметь длину 64 800 либо 16 200 битов. Когда используются переменные кодирование и модуляция (VCM) либо ACM, FEC и режим модуляции являются постоянными в пределах кадра, однако могут быть изменены в других кадрах; более того, переданный сигнал может содержать смесь нормальных и коротких кодовых блоков.

*Отображение* может быть выбрано из групп QPSK, 8‑PSK, 16‑АPSK и 32‑АPSK (см. рисунок 2) в зависимости от области применения. QPSK и 8‑PSK обычно предлагаются для радиовещательных применений, поскольку они по сути являются типами модуляции с постоянной огибающей, и могут быть использованы в нелинейных спутниковых ретрансляторах, работающих в режиме, близком к насыщению. Режимы 16‑АPSK и 32‑АPSK, главным образом предназначенные для применений доставки телевизионных программ, также могут быть использованы для радиовещания, однако это требует более высокого уровня существующего отношения *C*/*N* и принятия улучшенных методов предыскажения на станции линии вверх для сведения к минимуму эффекта нелинейности ретранслятора. Хотя эти режимы не являются настолько энергосберегающими, как другие, эффективность использования спектра оказывается намного выше. Группы 16‑АPSK и 32‑АPSK были оптимизированы для работы на нелинейном ретрансляторе путем нанесения точек на круги. Тем не менее их рабочие характеристики на линейном канале сравнимы с рабочими характеристиками 16‑QAM и 32-QAM, соответственно.

При выборе группы модуляции и кодовых скоростей можно выбрать эффективность использования спектра в пределах от 0,5 до 4,5 битов на символ в зависимости от возможностей и ограничений используемого спутникового ретранслятора.

РИСУНОК 2

Четыре возможные группы DVB-S2 перед скремблированием физического уровня



*Формирование кадров физического уровня* было разработано для обеспечения надежной синхронизации и сигнализации на физическом уровне. Таким образом, приемник может синхронизировать (восстановление несущей и фазы, синхронизация кадра) и обнаруживать параметры модуляции и кодирования перед демодуляцией и декодированием с FEC. Сигнал физического уровня DVB‑S2 состоит из обычной последовательности кадров (см. рисунок 3): в пределах кадра схема модуляции и кодирования однородна, однако может меняться (при адаптивной конфигурации модуляции и кодирования) в соседних кадрах. Каждый кадр состоит из полезной нагрузки в 64 800 бит в конфигурации "нормального кадра", 16 200 бит в конфигурации "короткого кадра", соответствуя кодовому блоку FEС. Полезной нагрузке предшествует заголовок в 90 двоичных символов модуляции, содержащий информацию о синхронизации и сигнализации, с тем чтобы приемник мог синхронизировать (восстановление несущей и фазы, синхронизация кадра) и обнаруживать параметры модуляции и кодирования перед демодуляцией и декодированием с FEC.

РИСУНОК 3

Схема кадра PL



Первые 26 двоичных символов (последовательность 18D2E82HEX) заголовка PL определяют начало кадра PL (SOF), оставшиеся 64 символа используются для оповещения о конфигурации системы. Поскольку заголовок PL является первым элементом, который должен быть декодирован приемником, он не мог бы быть защищен схемой с FEC (т. е. BCH и LDPC). С другой стороны, он должен был быть полностью декодируемым в условиях линии наихудшего случая (SNR около −2,5 дБ). Таким образом, чтобы минимально затронуть общую эффективность использования спектра, информация о сигнализации на этом уровне была понижена до 7 бит, 5 из которых используются для указания конфигурации модуляции и кодирования (поле MODCOD), 1 – для длины кадра (64 800 или 16 200 бит), 1 – для указания наличия/отсутствия пилот-сигналов для обеспечения синхронизации приемника (как объяснено ниже). Эти биты затем надежно защищаются перемежающимся блоковым кодом Рида-Маллера первого порядка с отношениями параметра (64, 7, *t =*32), подходящими для декодирования корреляции с "мягким" решением.

Независимо от схемы модуляции полезной нагрузки PLFRAME (кодовый блок с FEC), 90 двоичных символов, формирующих заголовок PL, являются модулированными по π/2‑BPSK; этот вариант классической группы BPSK вносит вращение на π/4 на четных символах и на −π/4 на нечетных символах, таким образом обеспечивая возможность сокращения колебаний огибающей радиочастотного сигнала.

Полезная нагрузка кадра PL состоит из различного числа модулированных символов в зависимости от длины FEC (64 800 либо 16 200 бит) и группы модуляции, однако (исключая факультативные пилот-сигналы) длина полезной нагрузки всегда представляет собой множество участков из 90 символов (см. рисунок 3), что показывает периодичность, которая может быть использована устройством синхронизации кадров в приемнике: после того как текущий заголовок PL раскодирован, декодер точно знает длину кадра PL и, таким образом, позицию следующего SOF.

Кадрирование PL также обеспечивает:

– факультативное включение пустого кадра PL, когда полезные данные не готовы для отправки в канал; и

– включение факультативных пилот-сигналов для обеспечения синхронизации приемника.

Коды DVB‑S2 с FEC в действительности являются столь мощными, что восстановление несущей может стать серьезной проблемой для типов модуляции высокого порядка, работающих при низком SNR в присутствии высоких уровней фазового шума в конвертерах и тюнерах спутникового радиовещания с малошумящими блоками (LNB): в частности, такое происходит с некоторыми низкоскоростными режимами DVB‑S2 8‑PSK, 16‑APSK и 32‑APSK. Пилот-сигналы представляют собой немодулированные символы, определяемые посредством *I* = *Q* = 1/√2, сгруппированные в блоки по 36 символов и включаемые через каждые 16 временных интервалов полезной нагрузки, что таким образом обеспечивает при использовании максимальную потерю пропускной способности, приблизительно равную 2,4%.

В заключение осуществляется скремблирование в целях рассеивания энергии для соблюдения требований Регламента радиосвязи в отношении заполнения спектра и для передачи своего рода "подписи" оператора службы с целью оперативной идентификации в случае ошибок в процедурах линии вверх.

Затем применяется *Потоковая фильтрация и квадратурная модуляция*, для того чтобы сформировать спектр сигнала и создать РЧ-сигнал. На стороне передачи используется фильтрация квадратного корня из приподнятого косинуса с выбором из трех факторов ослабления: 0,35; 0,25 и 0,20 в зависимости от ограничений ширины полосы.

Прилагаемый документ 1   
к Приложению 1  
  
Результаты лабораторных испытаний оборудования DVB‑S2

С тем чтобы проверить рабочие характеристики DVB‑S2, в июне 2006 года в Rai-CRIT были проведены расширенные лабораторные испытания оборудования DVB‑S2, поставленного семью различными производителями. Были испытаны характеристики аддитивного белого гауссова шума (AWGN), нелинейный канал и ухудшение из-за фазового шума. Результаты ясно показывают, что рабочие характеристики оборудования соответствуют результатам моделирования, представленным в стандарте DVB‑S2.

Были реализованы и сравнены с аналогичными конфигурациями DVB‑S конфигурации с одной несущей и с несколькими несущими, что продемонстрировало способность DVB‑S2 обеспечивать большой выигрыш как в отношении мощности и рабочих характеристик, так и в отношении гибкости. Затем были реализованы конфигурации VCM и ACM и проверены возможности оборудования.

И наконец, следует отметить, что испытываемое оборудование продемонстрировало отличные показатели функционального взаимодействия.

# 1 Основные результаты испытания

Испытание AWGN

Были произведены измерения на канале с AWGN, соответственно, для QPSK, 8‑PSK, 16‑АPSK и 32‑АPSK для оценки рабочих характеристик системы как при нормальной конфигурации, так и при короткой конфигурации FECFRAME. Скорость передачи символов составила 27,5 МБод, за исключением 32‑ АPSK, где она была 20 МБод[[5]](#footnote-5)5, а спад – 35%. Средние результаты, полученные по итогам измерений, показывают, что потери при реализации, рассчитанные как ΔEs/N0@PER = 10−7 по отношению к результатам моделирования, указанным в таблице 13 EN 302 307, лежат в диапазоне от 0,2 до 0,6 дБ для QPSK, от 0,2 до 0,9 дБ для 8‑PSK, от 0,3 до 1,3 дБ для 16‑АPSK и от 1,3 до 1,7 дБ для 32‑APSK.

Испытание SAT

Результаты лабораторных испытаний в нелинейном спутниковом канале подтверждают результаты моделирования, содержащиеся в таблице H.1 EN 302 307. Оптимальная рабочая точка имеет место при снижении входной мощности (IBO) на 0 дБ для QPSK1/2, соответствуя снижению выходной мощности (OBO) на 0,3 дБ и вызывая ухудшение рабочих характеристик на примерно 0,5 дБ по отношению к каналу AWGN. Для 8‑PSK оптимальная рабочая точка имеет место при IBO 1 дБ, соответствуя OBO 0,4 дБ и вызывая ухудшение рабочих характеристик на примерно на 0,6 дБ. Для 16‑АPSK оптимальная рабочая точка имеет место при IBO 4 дБ, соответствуя OBO 1,6 дБ и вызывая ухудшение рабочих характеристик на примерно 3,0 дБ. Для 32‑АPSK рабочая точка имеет место при IBO 7 дБ, соответствуя OBO 3,2 дБ и вызывая ухудшение рабочих характеристик на примерно на 5,4 дБ. Если в переданный сигнал включаются пилот-сигналы, рабочие характеристики улучшаются примерно на 0,3 дБ для 8‑PSK и 1,0 дБ для 16‑АPSK.

Были проведены дополнительные испытания с использованием предварительной коррекции сигнала в модуляторе для сокращения нелинейных эффектов в демодулированном сигнале и для обеспечения работы системы ближе к точке насыщения, также для модуляций более высокого порядка, т. е. 16- и 32-АPSK. Для 16‑АPSK со скоростью 3/4 использование предварительной коррекции в модуляторе позволяет системе работать оптимально в режиме насыщения при OBO спутника примерно 1,3 дБ и ухудшении показателей работы по отношению к каналу AWGN примерно на 1,5 дБ, т. е. допуская выигрыш по показателям работы по отношению к сигналу без предварительной коррекции примерно на 1,5 дБ.

Были изучены сравнительные примеры DVB‑S и DVB‑S2 для применений радиовещания, в соответствии со следующими конфигурациями:

ТАБЛИЦА 1

Сравнительные сценарии DVB‑S/DVB‑S2 для применений радиовещания

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Система | DVB‑S | DVB‑S2 | DVB‑S | DVB‑S2 |
| Ширина полосы канала BW (МГц) | 36 | 36 | 36 | 36 |
| Модуляция и кодирование | QPSK 2/3 | QPSK 3/4 | QPSK 7/8 | 8‑PSK 2/3 |
| Спад α | 0,35 | 0,20 | 0,35 | 0,25 |
| Скорость передачи символов (МБод) = 1,03\*BW/(1 + α) | 27,5 | 30,9 | 27,5 | 29,7 |
| *C*/*N* (в 27,5 МГц) (дБ) | 4,7 | 4,9 | 7,6 | 7,6 |
| Полезная скорость передачи данных (Мбит/с) | 33,8 | 46 (коэффициент усиления = 34%) | 44,4 | 58,8 (коэффициент усиления = 32%) |

Спутниковый канал включает усилитель на лампе бегущей волны (TWTA) и фильтр выходного мультиплексного сигнала (OMUX).

Результаты в таблице 1 показывают, что за счет незначительного увеличения требований к отношению *C*/*N* (от 0 до 0,2 дБ) система DVB‑S2 позволяет увеличить пропускную способность на передаче, в зависимости от режима, на 30% и более.

Испытание фазового шума

Для испытаний фазового шума были рассмотрены две различные конфигурации:

– Сценарий доставки телевизионных программ со скоростью передачи символов в передаваемом сигнале, равной 5 МБод, и спутниковым усилителем, работающим в линейном режиме.

– Сценарий спутникового радиовещания со скоростью передачи символов в передаваемом сигнале, равной 27,5 МБод, и спутниковым усилителем, работающим при оптимальном снижении мощности.

Результаты, полученные для сценария доставки телевизионных программ, показали, что вносимое фазовым шумом LNB ухудшение составляет порядка 0,3 дБ для QPSK и 8‑PSK, 1,2 дБ для 16‑АPSK и 32‑АPSK. Кроме того, пилот-сигналы не требуются при QPSK, хотя они начинают становиться полезными при 8‑PSK; при 16‑АPSK и 32‑АPSK пилот-сигналы необходимы для получения хороших результатов.

Сценарий спутникового радиовещания с более высокой скоростью передачи символов, напротив, намного менее критичен в отношении фазового шума. Результаты показывают, что вносимое фазовым шумом LNB ухудшение незначительно для QPSK даже при отсутствии пилот-сигналов и составляет порядка 0,1 дБ для 8-PSK и 0,3 дБ для 16-АPSK при использовании пилот-сигналов.

Испытания VCM и ACM

Были проведены испытания VCM, демонстрирующие способность приемников адаптироваться к изменениям конфигурации передачи. В генераторе сигналов произвольной формы была создана и сохранена последовательность FECFRAME. Затем был внесен шум для получения различных значений отношения сигнал/шум. В том случае, когда отношение сигнал/шум было больше минимально требуемого для конкретного типа модуляции и кодирования, приемник был способен декодировать соответствующий кадр FEC.

И наконец, была испытана функция ACM для изучения способности приемника оценивать полученное отношение сигнал/шум, а также соответствующую способность к адаптации модулятора в отношении изменения модуляции и кодирования. Результаты показали, что при соединении из пункта в пункт оборудование способно должным образом адаптироваться к изменениям отношения сигнал/шум.

# 2 Выводы

Проведенные лабораториями Rai-CRIT испытания показали, что оборудование DVB‑S2 соответствует рабочим характеристикам, которые были спрогнозированы компьютерным моделированием, и позволили достичь существенного понимания характеристик сложных методов модуляции, кодирования канала, формирования кадра и синхронизации системы DVB‑S2. Несмотря на тот факт, что испытываемое оборудование представляет собой первое поколение оборудования, и следовательно, безусловно, ожидается некоторое усовершенствование алгоритмов приемника, что обеспечит дальнейшее улучшение рабочих характеристик, результаты в среднем показали, что DVB‑S2 является отличной системой не только на бумаге, но и в реальном аппаратном обеспечении.

Кроме того, сравнение с характеристиками DVB‑S в рабочих конфигурациях показало, что DVB‑S2 предоставляет значительный выигрыш по пропускной способности в конфигурациях CCM с одной несущей и со многими несущими на ретранслятор.

И, наконец, были проведены испытания путем соединения модуляторов и демодуляторов различных производителей, и оборудование продемонстрировано отличную функциональную совместимость.

Приложение 2  
  
Основные характеристики системы DVB‑S2X   
(радиовещательная часть именуется Системой E2)

DVB-S2X является расширением спецификации DVB-S2 для применений спутниковой широкополосной связи и обеспечивает дополнительные технологии и характеристики. DVB-S2X публикуется как ETSI EN 302 307, часть 2, а DVB-S2 является частью 1.

DVB-S2X обеспечивает улучшенные показатели и характеристики для основных применений DVB-S2, включая передачу непосредственно на домашнюю антенну (DTH), доставку программ, VSAT и DSNG. Спецификация обеспечивает также расширенный эксплуатационный диапазон для охвата возникающих рынков, например применений подвижной связи.

Спецификация DVB-S2 была разработана около 10 лет назад и ориентирована на DTH. С тех пор возникли новые требования, и необходимые технические спецификации обеспечивает DVB-S2X. DVB‑S2X поддерживает значительно более высокую эффективность использования спектра при отношениях несущая/шум (*C*/*N*), типичных для профессиональных применений, таких как линии доставки программ и IP-транкинг. Она также поддерживает очень малое значение *C*/*N* до −10 дБ для применений подвижной связи (например, морских, воздушных, в поездах и т. п.).

Стандарт DVB-S2X основан на устойчивой спецификации DVB-S2. В ней используется надежная и мощная схема упреждающей коррекции ошибок (FEC) с LDPC в сочетании с BCH FEC в качестве внешнего кода, и представлены следующие дополнительные элементы:

– более низкие характеристики спада – 5% и 10% (в дополнение к 20%, 25% и 35% в DVB-S2);

– более высокая гранулярность и расширение числа режимов модуляции и кодирования;

– новые варианты комбинаций для линейных и нелинейных каналов (комбинации линейных каналов обозначаются как xxx-L, где xxx – соответствующая нелинейная комбинация);

– дополнительные варианты скремблирования в критических ситуациях наличия помех в совмещенном канале;

– связывание каналов (до 3-х каналов);

– эксплуатационная поддержка режима сверхмалого отношения SNR (до –10 дБ);

– функция суперкадра.

Это обусловливает следующую эффективность использования спектра DVB-S2X по сравнению с DVB‑S2 (рисунок 4).

Рисунок 4

Сопоставление показателей работы DVB-S2 и DVB-S2X



Пригодный к использованию диапазон *C/N* расширяется на значения до −10 дБ благодаря дополнительным вариантам кадрирования, кодирования и модуляции, что делает возможными использование в спутниковых службах подвижной связи (на море и в воздухе) и направленных антенн очень малого размера. Для применений VSAT спецификации DVB-S2X открывают возможность поддержки передовых технологий для будущих сетей интерактивной широкополосной связи, т. е. методов ослабления влияния помех внутри системы, скачкообразного переключения лучей и передачи с использованием нескольких форматов. Это может обеспечить значительный выигрыш в пропускной способности и гибкости интерактивных спутниковых сетей широкополосной связи и стало возможным благодаря дополнительной структуре формирования суперкадров.

DVB-S2 уже обеспечивает высокую эффективность использования спектра для применений DTH, и поэтому DVB-S2X не может дать на физическом уровне таких преимуществ, которые были бы сопоставимы с переходом от DVB-S к DVB-S2 (т. е. около 30%). Тем не менее, для DTH DVB-S2X точно настраивает как физический уровень, так и уровень более высоких протоколов DVB-S2, создавая чрезвычайно привлекательный пакет (для услуг нового поколения, которым в любом случае потребуются новые приемники).

Наиболее важными возможностями для DTH является объединение каналов и более высокая гранулярность модуляции и опции FEC в сочетании с более резкими спадами. Объединение до трех спутниковых каналов позволит поддерживать более высокие совокупные скорости передачи данных и получать дополнительный выигрыш от статистического мультиплексирования для услуг с высокими скоростями передачи данных, таких как ТСВЧ. Обязательная реализация VCM (переменные кодирование и модуляция) в приемниках создает возможность повышения эффективности использования спектра для услуг ТСВЧ, гарантируя при этом бесперебойность обслуживания при сильном дожде благодаря одновременной передаче компонентов стандартной четкости (СЧ) с высокой степенью защиты.

Более высокая гранулярность и опции FEC обеспечивают повышенную эксплуатационную гибкость.

Для профессиональных применений и применений DSNG схемы высокоэффективной модуляции позволяют добиваться спектральной эффективности, приближающейся к 6 бит/с/Гц (с 256APSK). Значения *C/N* до 20 дБ теперь поддерживаются достигаемым повышением усиления до 50%.

Приложение 3  
  
Сравнение системы DVB‑S2 (Система E1) и системы DVB-S2X (радиовещательная часть именуется Системой E2) с системой спутниковой передачи программ цифрового многопрограммного телевидения,   
определенной в Рекомендации МСЭ-R BO.1516

В таблице 2 содержится информация как об основных функциях (общих элементах), так и о дополнительных функциях четырех систем, описанных в Рекомендации МСЭ‑R BO.1516 (Системы A, B, C и D), и указанная информация сравнивается с информацией, касающейся DVB‑S2 (Система E1) и DVB‑S2X (Система E2).

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. В подобных случаях соответствующие критерии и прочая уместная информация должны определяться, в зависимости от обстоятельств, в рамках исследовательской комиссии". В таблице 3 представлена такая оценка. Были выбраны критерии рабочих характеристик, относящихся к таким системам, и представлены соответствующие параметрические значения либо возможности каждой из таких систем.

ТАБЛИЦА 2

Краткие характеристики цифровых спутниковых радиовещательных систем

*a) Функция*

|  | Система A | Система B | Система C | Система D | | Система E1 | Система Е2 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Доставляемые услуги | ТСЧ и ТВЧ, применения по передаче звука, данных и интерактивных данных | ТСЧ и ТВЧ, применения по передаче звука, данных и интерактивных данных | ТСЧ и ТВЧ, применения по передаче звука, данных и интерактивных данных | ТСЧ и ТВЧ, применения по передаче звука, данных и интерактивных данных | | ТСЧ, ТВЧ и ТСВЧ, применения по передаче звука, данных и интерактивных данных1) | |
| Формат входного сигнала | MPEG‑TS | Модифицирован-ный MPEG‑TS | MPEG‑TS | MPEG‑TS | | MPEG‑TS/поток общего назначения (например, IP) | |
| Способность обрабатывать множество входных сигналов | Нет | Нет | Нет | Да, максимум 8 | | Да, максимум 255 | |
| Устойчивость в условиях замираний сигнала в дожде | Определяется мощностью передатчика и внутренней скоростью кода | Определяется мощностью передатчика и внутренней скоростью кода | Определяется мощностью передатчика и внутренней скоростью кода | Имеется иерархическая передача в дополнение к мощности передатчика и внутренней скорости кода | Для радиовещания: определяется мощностью передатчика и внутренней скоростью кода7) | Для радиовещания: имеются переменные кодирование и модуляция в дополнение к мощности передатчика и внутренней скорости кода | |
|  | |
| Объединение каналов | Нет | Нет | Нет | Нет | | Нет | До трех каналов |
| Подвижной прием | Отсутствует, подлежит дальнейшему рассмотрению | Отсутствует, подлежит дальнейшему рассмотрению | Отсутствует, подлежит дальнейшему рассмотрению | Отсутствует, подлежит дальнейшему рассмотрению | | Отсутствует, подлежит дальнейшему рассмотрению | Режимы VL-SNR, пригодные для применений подвижной связи и других услуг в районах с SNR не выше –10 дБ |
| Гибкое присвоение скорости передачи данных сигналов услуг | Имеется | Имеется | Имеется | Имеется | | Имеется | |

ТАБЛИЦА 2 (*продолжение*)

*a) Функция (окончание)*

|  | Система A | Система B | Система C | | Система D | Система E1 | Система E2 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Конструкция приемника, общая с другими приемными системами | Возможны Системы A, B, C и D | Возможны Системы A, B, C и D | Возможны Системы A, B, C и D | Возможны Системы A, B, C и D | Возможны Системы A, B, C, D и Е1 | Возможны Системы A, B, C, D, E1 и E2 | |
| Полная унификация с другими носителями (т. е. наземными, кабельными и т. д.) | Основа MPEG‑TS | Основа MPEG‑ES (элементарный поток) | Основа MPEG‑TS | | Основа MPEG‑TS | Основа MPEG‑TS  Основа GSE, GSE-Lite | |
| Оборудование радиовеща-тельной станции | Имеется на рынке | Имеется на рынке | Имеется на рынке | | Имеется на рынке | Имеется на рынке | |

*b) Рабочие характеристики*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Система A | Система B | Система C | Система D | Система E1 | Система E2 |
| Скорость передачи данных по сети (скорость передачи без четности) | Скорость передачи символов (*Rs*) не является фиксиро-ванной. Следующие скорости передачи данных по сети получаются на основе примерной скорости *Rs*, составляющей 27,776 МБод:  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 МБод 29,3 МБод 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 МБод) | Скорость передачи символов (*Rs*) не является фиксированной. Следующие скорости передачи данных по сети получаются на основе примерной скорости *Rs*, составляющей 27,776 МБод, при нормальной длине кадра FEC и без пилот-сигналов:  QPSK 1/2: 27,467 Мбит/с QPSK 3/4: 41,316 Мбит/с 8-PSK 2/3: 55,014 Мбит/с  16-АPSK 3/4: 82,404 Мбит/с5) 6) | |
|  | 8-PSK 25/36: 57,278  32-АPSK 2/3 L (\*): 91,437  64-АPSK 5/6: 137,1206) |
| Возможность наращивания снизу вверх | Да | Да | Да | Да | Да | |
| Возможность ТВЧ | Да | Да | Да | Да | Да | |
| Возможность ТСВЧ | – | – | – | – | Да | |
| Выбираемый условный доступ | Да | Да | Да | Да | Да | |
| (\*) L обозначает режимы, оптимизированные для квазилинейных каналов. | | | | | | |

ТАБЛИЦА 2 (*продолжение*)

*c) Технические характеристики (передача)*

|  | Система A | Система B | Система C | Система D | Система E1 | Система E2 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Схемы модуляции для радиовещания | QPSK | QPSK | QPSK | TC8-PSK/QPSK/BPSK | QPSK/8-PSK/ 16-АPSK/ 32‑АPSK5) | QPSK/8-PSK/8-АPSK-L/ 16-АPSK/16-АPSK-L/ 32‑АPSK/32-АPSK-L/ 64-АPSK/64-АPSK-L/6) |
| Скорость передачи символов | Не указана | Фиксированная, 20 МБод | Переменная, 19,5 и 29,3 МБод | Не указана (например, 28,86 МБод) | Не указана | |
| Необходимая ширина полосы (−3 дБ) | Не указана | 24 МГц | 19,5 и 29,3 МГц | Не указана (например, 28,86 МГц) | Не указана | |
| Скорость спада | 0,35 (приподнятый косинус) | 0,2 (приподнятый косинус) | 0,55 и 0,33 (фильтр Баттеруорта 4‑го порядка) | 0,35 (приподнятый косинус) | 0,35; 0,25; 0,2 (приподнятый косинус) | |
|  | 0,15, 0,10,  0,05 (приподнятый косинус) |
| Внешний код | Рида-Соломона (204, 188, *T* = 8) | Рида-Соломона (146, 130,  *T* = 8) | Рида-Соломона (204, 188, *T* = 8) | Рида-Соломона (204, 188,  *T* = 8) | BCH (*N*, *K*, *T*) с параметрами, различающимися в зависимости от внутреннего кодирования и конфигурации длины кадра | |
| Генератор внешнего кода | Рида-Соломона (255, 239, *T* = 8) | Рида-Соломона (255, 239, *T* = 8) | Рида-Соломона (255, 239, *T* = 8) | Рида-Соломона (255, 239, *T* = 8) | BCH (*N*, *K*, *T*) с параметрами, различающимися в зависимости от внутреннего кодирования и конфигурации длины кадра | |
| Многочлен генератора внешнего кода | (*x* + α0)(*x* + α1) ... (*x* + α15), где α = 02*h* | (*x* + α0)(*x* + α1) ... (*x* + α15), где α = 02*h* | (*x* + α1)(*x* + α2) ... (*x* + α16), где α = 02*h* | (*x* + α0)(*x* + α1) ... (*x* + α15), где α = 02*h* | Неодинаковый в зависимости от внутреннего кодирования и конфигурации длины кадра | |
| Многочлен генератора поля | *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 | Неодинаковый в зависимости от внутреннего кодирования и конфигурации длины кадра | |
| Рандомизация для рассеивания энергии | PRBS:  1 + *x*14 + *x*15 | Нет | PRBS:  1 + *x* + *x*3 + *x*12 + *x*16 усеченная для периода в 4 894 байт | PRBS: 1 + *x*14 + *x*15 | PRBS*n*: последовательности Голда получены путем объединения двух последовательностей, построенных с использованием примитивных (над GF(2)) многочленов 1*+x*7*+x*18и 1*+ y*5*+ y*7*+ y*10*+ y*18  *n*∈[0, 262 141]  Тогда последовательность n-го кода Голда *zn n =* 0,1,2,…,218-2, определяется как:  –*zn* (i) = [*x*((*i*+*n*) modulo (218−1)) + *y*(*i*)] modulo 2, *i* = 0,…, 218 − 2. | |

ТАБЛИЦА 2 (*продолжение*)

*c) Технические характеристики (передача)*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Система A | Система B | Система C | Система D | Система E1 | Система E2 |
| Последовательность загрузки в регистре псевдослучайной двоичной последовательности (PRBS) | 100101010000000 | Неприменимо | 0001*h* | 100101010000000 | *n* = 0 для радиовещательных служб | *n* = *i*×10 949, при *i*∈[0,6] для радиовещательных служб с целью ослабления влияния помех |
| Точка рандомизации | Перед кодирующим устройством РС (Рида-Соломона) | Неприменимо | После кодирующего устройства РС | После кодирующего устройства РС | Перед модуляцией/после отображения битов в кадр физического уровня и включения дополнительных пилот-сигналов | |
| Перемежение между внутренним и внешним кодами | Сверточное, *I* = 12, *M* = 17 (Форни) | Сверточное, *N*1 = 13, *N*2 = 146 (Рамсей II) | Сверточное, *I* = 12, *M* = 19 (Форни) | Блок (глубина = 8) | 2) | |
| Внутреннее кодирование | Сверточное | Сверточное | Сверточное | Сверточное l,  решетчатое (8‑PSK: TCM 2/3) | LDPC | |
| Длина кодового ограничения | *K* = 7 | *K* = 7 | *K* = 7 | *K* = 7 | Неприменимо | |
| Абсолютный код | 1/2 | 1½ | 1/3 | 1/2 | Неприменимо | |
| Многочлен генератора | 171, 133 (восьмеричное) | 171, 133 (восьмеричное) | 117, 135, 161 (восьмеричное) | 171, 133 (восьмеричное) | Неприменимо | |
| Длина блока внутреннего кода | Неприменимо | Неприменимо | Неприменимо | Неприменимо | Нормальный кадр FEC = 64 800 бит Короткий кадр FEC = 16 200 бит | |
|  | Средний кадр FEC = 32 400 бит |

ТАБЛИЦА 2 (*продолжение*)

*c) Технические характеристики (передача) (окончание)*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Система A | Система B | Система C | Система D | Система E1(3) | Система E2(3) |
| 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 | QPSK: 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10  8-PSK: 3/5, 2/3, 3/4, 5/6, 8/9, 9/10  16-АPSK: 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10  32‑АPSK: 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10 | |
|  | QPSK: 13/45, 9/20, 11/20, 11/45, 4/15, 14/45, 7/15, 8/15, 32/45  8-PSK: 23/36, 25/36, 13/18, 7/15, 8/15, 26/45, 32/45  8-APSK-L: 5/9, 26/45  16-APSK: 26/45; 3/5; 28/45; 23/36; 25/36;  13/18; 7/9; 77/90 7/15, 8/15, 26/45, 3/5, 32/45  16-APSK-L: 5/9; 8/15; 1/2; 3/5; 2/3  32-APSK: 2/3, 32/45  32-APSK-L: 2/3  64-APSK: 11/15; 7/9; 4/5; 5/6  64-APSK-L: 32/45 (6) |
| Управление передачей | Нет | Нет | Нет | TMCC | Структура формирования потоковых кадров и кадров физического уровня; дополнительные пилот-сигналы | |
| Структура кадра | Нет | Нет | Нет | 48 участков/кадр 8 кадр/суперкадр | Нормальный кадр FEC = 64 800 байтов  Короткий кадр FEC = 16 200 байтов | |
|  | Средний кадр FEC = 32 400 бит |
| Структура построения суперкадров | Нет | Нет | Нет | Нет | Нет | Да |
| Размер пакета (в байтах) | 188 | 130 | 188 | 188 | 188 байтов для MPEG‑TS  Не определен для GS | |
| Уровень транспорта | MPEG‑2 | Не MPEG | MPEG‑2 | MPEG‑2 | Не определен | |
| Частотный диапазон спутниковой линии вниз (ГГц) | Первоначально разработан для 11/12, не исклю-чая другие спут-никовые частот-ные диапазоны | Первоначально разработан для 11/12, не исклю-чая другие спут-никовые частот-ные диапазоны | Первоначально разработан для спутниковых частотных диапазонов 11/12 и 4 | Первоначально разработан для 11/12, не исклю-чая другие спут-никовые частот-ные диапазоны | Разработан для 11/12 и 17/21, не исключая другие спутниковые частотные диапазоны | |

ТАБЛИЦА 2 (*продолжение*)

*d) Технические характеристики (кодирование источника)*

|  | | Система A | Система B | Система C | Система D | Система E1 | Система E2 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Кодирование видеоисточника | Синтаксис | MPEG‑2 | MPEG‑2 | MPEG‑2 | MPEG‑2 | MPEG‑4 AVC MPEG‑2 общий  HEVC4)  Не ограничено |  |
| Уровни | Как минимум основной уровень | Как минимум основной уровень | Как минимум основной уровень | Основной и высокий уровень | Уровень 3 и 4  Не ограничено, применимо ко всем уровням |  |
| Профили | Как минимум основной профиль | Как минимум основной профиль | Как минимум основной профиль | Основной профиль | Основной профиль  Не ограничено, все профили применимы |  |
| Формат развертки | | 4:3 16:9 (2.12:1 дополнительно) | 4:3 16:9 | 4:3 16:9 | 4:3 16:9 | 4:3 16:9 (2.12:1 дополнительно)  Не ограничено | |
| Поддерживаемые форматы 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(1),\*  176 × 120(1),\* (\* для иерархической передачи) | Рекомендуемые для MPEG‑2:  720 × 576 704 × 576 544 × 576 480 × 576 352 × 576 352 × 288  Рекомендуемые для MPEG‑4 AVC:  720 × 480 640 × 480 544 × 480 480 × 480 352 × 480 352 × 240  1 920 × 1 080 1 440 × 1 080 1 280 × 1 080 960 × 1 080 1 280 × 720 960 × 720 640 × 720  Рекомендуемые для HEVC4)  Не ограничено | |
| Скорость передачи кадров на мониторе (в секунду) | | 25 | 29,97 | 25 либо 29,97 | 29,97 либо 59,94 | 25, 50 либо 100, 24, 30, 60 либо 120 | |

ТАБЛИЦА 2 (*окончание*)

*d) Технические характеристики (кодирование источника) (окончание)*

|  | Система A | Система B | Система C | Система D | Система E1 | Система E2 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Декодирование источника аудиосигналов | MPEG‑2, Уровни I и II | MPEG‑1, Уровень II; ATSC A/53 (AC3) | ATSC A/53 либо MPEG‑2 Уровни I и II | MPEG‑2 AAC | Аудио с полной совместимостью с предыдущими моделями MPEG‑1 Уровень I, MPEG‑1 Уровень II либо MPEG‑2 Уровень II  MPEG-4 AAC, MPEG-4 ALS | |
| Служебная информация | ETS 300 468 | Система B | ATSC A/56 SCTE DVS/011 | ETS 300 468 | Поддерживается | |
| EPG (электронная программа телепередач) | ETS 300 707 | Система B | Выбирается пользователем | Выбирается пользователем | Поддерживается | |
| Телетекст | Поддерживается | Не указано | Не указано | Выбирается пользователем | Поддерживается | |
| Введение субтитров | Поддерживается | Поддерживается | Поддерживается | Поддерживается | Поддерживается | |
| Скрытые субтитры | Не указано | Да | Да | Поддерживается | Не указано | |
| 1) Также применимо к сбору новостей, интерактивным услугам и другим спутниковым применениям.  2) В Системах Е1 и Е2 перемежение между внутренним и внешним кодами не используется, однако существует битовое перемежение перед отображателем символов (за исключением QPSK).  3) Не все скорости внутреннего кодирования применимы к любому размеру кадра FEC.  4) Рекомендация МСЭ-T H.265 (2013) | ISO/IEC 23008-2:2013: Высокоэффективное видеокодирование.  5) QPSK и 8-PSK являются нормативными, 16-APSK и 32-APSK являются необязательными для вещательных применений в DVB-S2.  6) QPSK, 8-PSK, 8-APSK-L, 16-APSK, 16-APSK-L, 32-APSK 32-APSK-L являются нормативными для радиовещания, 64-APSK и 64-APSK-L являются необязательными для радиовещания в DVB‑S2X. Наряду с этим BPSK, 128-APSK, 256-APSK и 256-APSK-L, имеющиеся в DVB-S2X, неприменимы для радиовещания. L обозначает режимы, оптимизированные для квазилинейных каналов.  7) Для взаимно однозначных и интерактивных служб доступны адаптивные кодирование и модуляция в дополнение к мощности передатчика и внутренней скорости кода. | | | | | | |

ТАБЛИЦА 3

Таблица сравнительных характеристик

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Модуляция и кодирование | | Система A | | Система B | | Система C | | Система D | | Система E19) | | Система E29) | |
| Режимы модуляции, поддерживаемые отдельно и на одной и той же несущей | | QPSK | | QPSK | | QPSK | | 8-PSK, QPSK и BPSK | | QPSK, 8-PSK, 16-АPSK, 32‑АPSK10) 11) | | | |
|  | | 8-APSK-L, 16‑APSK‑L, 32‑APSK‑L  64-APSK,  64-APSK-L(11) | |
| Рабочие характеристики (определяют *C*/*N*, требуемое для квази-безошибочной передачи (QEF) (бит/с/Гц)) | | Эффектив-ность исполь- зования спектра1) | *C*/*N* для QEF(1) | Эффектив- ность исполь- зования спектра | *C*/*N* для QEF2) | Эффектив-ность исполь- зования спектра3) | *C*/*N* для QEF4) | Эффектив-ность исполь- зования спектра | *C*/*N*  для QEF5) | Эффектив- ность исполь- зования спектра7) | *C*/*N* для QEF6) | Эффектив- ность исполь- зования спектра7) | *C*/*N* для QEF8) |
| Режимы | Внутрен-ний код |  | |  | |  | |  | |  | | | |
| BPSK Сверт. | 1/2 | Не используется | | Не используется | | Не используется | | 0,35 | 0,2 | Не используется | | | |
| QPSK | 1/4 | Не используется | | Не используется | | Не используется | | Не используется | | 0,49 | −2,3 | | |
| 13/45 | Не используется | | Не используется | | Не используется | | Не используется | | Не используется | | 0,57 | −2,03 |
| 1/3 | Не используется | | Не используется | | Не используется | | Не используется | | 0,66 | −1,2 | | |
| 2/5 | Не используется | | Не используется | | Не используется | | Не используется | | 0,79 | −0,3 | | |
| 5/11 | Не используется | | Не используется | | 0,54/0,63 | 2,8/3,0 | Не используется | | Не используется | | | |
| 9/20 | Не используется | | Не используется | | Не используется | | Не используется | | Не используется | | 0,89 | 0,22 |
| 1/2 | 0,72 | 4,1 | 0,74 | 3,8 | 0,59/0,69 | 3,3/3,5 | 0,7 | 3,2 | 0,99 | 1,0 | | |
| 11/20 | Не используется | | Не используется | | Не используется | | Не используется | | Не используется | | 1,09 | 1,45 |
| 3/5 | Не используется | | Не используется | | 0,71/0,83 | 4,5/4,7 |  | | 1,19 | 2,2 | | |
| 2/3 | 0,96 | 5,8 | 0,98 | 5 | 0,79/0,92 | 5,1/5,3 | 0,94 | 4,9 | 1,32 | 3,1 | | |
| 3/4 | 1,08 | 6,8 | Не используется | | 0,89/1,04 | 6,0/6,2 | 1,06 | 5,9 | 1,49 | 4,0 | | |
| 4/5 | Не используется | | Не используется | | 0,95/1,11 | 6,6/6,8 | Не используется | | 1,59 | 4,7 | | |
| 5/6 | 1,2 | 7,8 | Не используется | | 0,99/1,15 | 7,0/7,2 | 1,18 | 6,8 | 1,65 | 5,2 | | |
| 6/7 | Не используется | | 1,26 | 7,6 | Не используется | | Не используется | | Не используется | | | |
| 7/8 | 1,26 | 8,4 | Не используется | | 1,04/1,21 | 7,7/7,9 | 1,24 | 7,4 | Не используется | | | |

ТАБЛИЦА 3 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Модуляция и кодирование | | Система A | Система B | Система C | Система D | | Система E19) | | Система E29) | |
|  | 8/9 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | 1,77 | 6,2 | | |
|  | 9/10 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | 1,79 | 6,4 | | |
| 8-PSK решетчатая | | Не используется | Не используется | Не используется | 1,4 | 8,4 | Не используется | | | |
| 8-APSK-L | 5/9 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | Не используется | | 1,65 | 4,73 |
| 26/45 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | Не используется | | 1,71 | 5,13 |
| 8-PSK | 3/5 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | 1,78 | 5,5 | | |
| 23/36 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | Не используется | | 1,90 | 6,12 |
| 2/3 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | 1,98 | 6,6 | | |
| 25/36 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | Не используется | | 2,06 | 7,02 |
| 13/18 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | Не используется | | 2,15 | 7,49 |
| 3/4 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | 2,23 | 7,9 | | |
| 5/6 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | 2,48 | 9,3 | | |
| 8/9 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | 2,65 | 10,7 | | |
| 9/10 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | 2,68 | 11,0 | | |
| 16-АPSK-L | 1/2 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | Не используется | | 1,97 | 5,97 |
| 8/15 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | Не используется | | 2,10 | 6,55 |
| 5/9 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | Не используется | | 2,19 | 6,84 |
| 3/5 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | Не используется | | 2,37 | 7,41 |
| 2/3 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | Не используется | | 2,64 | 8,43 |
| 16-АPSK | 26/45 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | Не используется | | 2,28 | 7,51 |
|  | 3/5 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | Не используется | | 2,37 | 7,80 |
| 28/45 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | Не используется | | 2,46 | 8,10 |
| 23/36 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | Не используется | | 2,52 | 8,38 |
| 2/3 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | 2,64 | 9,0 | | |
| 25/36 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | Не используется | | 2,75 | 9,27 |
| 13/18 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | Не используется | | 2.86 | 9,71 |
|  | 3/4 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | 2,97 | 10,2 | | |
|  | 7/9 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | Не используется | | 3,08 | 10,65 |
|  | 4/5 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | 3,17 | 11,0 | | |

ТАБЛИЦА 3 (*продолжение*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Модуляция и кодирование | | Система A | Система B | Система C | Система D | Система E19) | | | Система E29) | | |
|  | 5/6 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | 3,30 | 11,6 | | | | |
| 77/90 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | | 3,39 | | 11,99 |
| 8/9 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | 3,52 | 12,9 | | | | |
| 9/10 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | 3,57 | 13,1 | | | | |
| 32‑APSK-L | 2/3 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | | 3,29 | | 11,10 |
| 32‑APSK | 32/45 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | | 3,51 | | 11,75 |
| 11/15 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | | 3,62 | | 12,17 |
| 3/4 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | 3,70 | 12,7 | | | | |
| 7/9 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | | 3,84 | | 13,05 |
| 4/5 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | 3,95 | 13,6 | | | | |
| 5/6 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | 4,12 | 14,3 | | | | |
| 8/9 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | 4,40 | 15,7 | | | | |
| 9/10 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | 4,46 | 16,0 | | | | |
| 64-APSK-L | 32/45 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | | 4,21 | | 13,98 |
| 64-APSK | 11/15 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | | 4,34 | | 14,81 |
| 7/9 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | | 4,60 | | 15,47 |
| 4/5 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | | 4,74 | | 15,87 |
| 5/6 | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | Не используется | | | 4,93 | | 16,55 |
| Способность управлять иерархической модуляцией? | | Нет | Нет | Нет | Да | Да | | | | | |
| Характеристики скорости передачи символов | | Плавно регулируемая | Фиксированная, 20 МБод | Регулируемая, 19,5 либо 29,3 МБод | Плавно регулируемая | Плавно регулируемая | | | | | |
| Длина пакета (в байтах) | | 188 | 130 | 188 | | 188 | | 188 для TS, определяется пользователем вплоть до 64K для GS. Возможны потоки с регулируемой длиной пакетов, непаке-тированные потоки либо потоки с длиной, превышающей 64K | | | |
| Поддерживаемые транспортные потоки | | MPEG‑2 | Система B | MPEG‑2 | | MPEG‑2 | | MPEG‑2 и поток общего назначения (GS) | | | |
|  | |  | | Полностью IP | |

ТАБЛИЦА 3 (*окончание*)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Модуляция и кодирование | Система A | Система B | Система C | Система D | Система E19) | Система E29) |
| Соответствие транспортных потоков спутниковым каналам | Один поток/канал | Один поток/канал | Один поток/канал | | От 1 до 8 потоков/канал | От 1 до 255 потоков/ канал |
| Обеспечение статистического мультиплексирования видео потоков | Нет ограничений в рамках транспортного потока | Нет ограничений в рамках транспортного потока | Нет ограничений в рамках транспортного потока | | Нет ограничений в рамках транспортного потока. Также может иметь место на всем протяжении транспорт-ных потоков в рамках одного спутникового канала | Нет ограничений в рамках транспортного потока.  Нет ограничений для потоков общего назначения |
| TWTA: усилитель на лампе бегущей волны  IMUX: входной мультиплексный сигнал  OMUX: выходной мультиплексный сигнал  1) При BER < 10−10. Значения *C*/*N* для Системы A относятся к результатам компьютерного моделирования, полученным на гипотетической спутниковой цепи, включая IMUX, TWTA и OMUX с модуляционным сдвигом, равным 0,35. Они основаны на допущении декодирования Витерби с мягким решением в приемнике. Было принято отношение ширины полосы/скорости передачи символов, равное 1,28. Значения C/N включают рассчитанное ухудшение 0,2 дБ из-за ограничений ширины полосы на фильтрах IMUX и OMUX, нелинейное ухудшение в TWTA, равное 0,8 дБ, при насыщении, и ухудшение модема, 0,8 дБ. Цифры применяются к BER  2  10−4 перед RS (204, 188), который соответствует QEF на выходе из кодера RS. Ухудшение из-за помех в расчет не принимается.  2) При BER, равном 1 × 10−12.  3) Рассчитано как 2(*Rc*)(188/204)/1,55 либо 2(*Rc*)(188/204)/1,33 для нормальной и усеченной формы спектра передачи Системы C, соответственно, где *Rc* является скоростью сверточного кода.  4) Теоретическое *Es*/*N*0 QPSK (2 бита на символ), т. е. *C/N*, измеренное для ширины полосы при скорости передачи в бодах для нормальной и усеченной формы спектра передачи, соответственно. Не включает запас на аппаратную реализацию либо запас на потери в спутниковом ретрансляторе.  5) Эти значения были получены на основании компьютерного моделирования и рассматриваются как теоретические значения. Они применяются к BER  2  10−4 перед RS (204, 188) с шириной полосы при скорости передачи в бодах (ширина полосы частот по Найквисту). Не включает запас на аппаратную реализацию либо запас на потери в спутниковом ретрансляторе.  6) Эти значения были получены на основании компьютерного моделирования, итераций декодирования с фиксированной точкой 50 LDPC, идеальной несущей и восстановления синхронизации без фазового шума в канале AWGN. Длина кадра FEC составляет 64 800 битов. Значения применяются к PER  10−7, где  PER – это отношение, имеющееся после упреждающей коррекции ошибок в приемнике между числом пакетов полезного транспортного потока (188 байтов), затронутых ошибкой и общим числом полученных пакетов. Не включает запас на аппаратную реализацию либо запас на потери в спутниковом ретрансляторе.  7) Определяется как полезная скорость передачи данных на единичную скорость передачи символов в отсутствие пилот-сигналов.  8) Эти значения были получены на основании компьютерного моделирования, итераций декодирования с фиксированной точкой 50 LDPC, идеальной несущей и восстановления синхронизации без фазового шума в канале AWGN. Длина кадра FEC составляет 64 800 битов. Значения применяются к FER  10−5, где  FER – это отношение, имеющееся после упреждающей коррекции ошибок в приемнике между числом полученных нормальных кадров FEC, затронутых ошибкой, и общим числом полученных пакетов. Не включает запас на аппаратную реализацию либо запас на потери в спутниковом ретрансляторе.  9) Перечисленные конфигурации модуляции и кодирования относятся к нормальному кадру FEC.  10) QPSK и 8-PSK являются нормативными, 16-APSK и 32-APSK являются необязательными для вещательных применений в DVB-S2.  11) QPSK, 8-PSK, 8-APSK-L, 16-APSK, 16-APSK-L, 32-APSK и 32-APSK-L являются нормативными для радиовещания, 64-APSK и 64-APSK-L являются необязательными для радиовещания в DVB-S2X. Наряду с этим в DVB-S2X имеются 128-APSK, 256-APSK и 256-APSK-L, которые не применимы для вещательных применений. L обозначает режимы, оптимизированные для квазилинейных каналов. | | | | | | |

Прилагаемый документ 1  
к Приложению 3

ETSI EN 302 307-1 V1.4.1, *Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications; Part 1: DVB-S2*, <http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302300_302399/30230701/01.04.01_60/en_30230701v010401p.pdf>

Прилагаемый документ 2  
к Приложению 2

ETSI EN 302 307-2 V1.1.1, *Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications; Part 2: DVB-S2 Extensions (DVB-S2X)*, <http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302300_302399/30230702/01.01.01_60/en_30230702v010101p.pdf>

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. 1 Слово "shall" в указанном стандарте ETSI следует рассматривать как "should" (должен) в настоящей Рекомендации МСЭ-R. [↑](#footnote-ref-1)
2. 2 Входная последовательность может представлять собой один или несколько TS, один или несколько потоков общего назначения (пакетированных либо непрерывных). [↑](#footnote-ref-2)
3. 3 Обработка данных в DVB‑S2 может вызвать различные задержки в передаче. Этот блок позволяет гарантировать постоянную скорость передачи битов и задержку в сквозной передаче для пакетированного входного потока. [↑](#footnote-ref-3)
4. 4 Для снижения скорости передачи информации и повышения защиты от ошибок в модуляторе. В результате этого процесса пустые пакеты восстанавливаются в приемнике именно в том месте, где они были изначально. [↑](#footnote-ref-4)
5. 5 Максимальная скорость передачи символов, возможная для конфигурации 32‑APSK. Выше 20 МБод рабочие характеристики оборудования в настоящее время не гарантируются, поскольку тактовая частота и/или плотность FPGA не позволяют выполнять требуемое количество итераций декодера LDPC. Можно ожидать, что усовершенствования технологии FPGA могли бы обеспечить в ближайшем будущем работу на самых высоких скоростях передачи в бодах. [↑](#footnote-ref-5)