|  |
| --- |
| **Рекомендация МСЭ-R S.2099-0**  **(12/2016)** |
| **Допустимые кратковременные показатели качества по ошибкам для спутникового гипотетического эталонного цифрового тракта** |
| **Серия S**  **Фиксированная спутниковая служба** |

**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 S.2099-0

Допустимые кратковременные показатели качества по ошибкам   
для спутникового гипотетического эталонного цифрового тракта

(Вопрос МСЭ-R 277/4)

(2016)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации представлено определение понятия "кратковременный" применительно к спутниковым системам связи путем рассмотрения современных тенденций в области систем и стандартов спутниковой связи, а также определены требуемые показатели качества по ошибкам в зависимости от услуги и информации.

Ключевые слова

Требуемые показатели качества по ошибкам, спутниковый гипотетический эталонный цифровой тракт, кратковременный

Сокращения/глоссарий

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 3GPP | 3rd generation partnership project |  | Проект партнерства третьего поколения |
| ACM | Adaptive coding and modulation |  | Адаптивное кодирование и модуляция |
| BBE | Background block error |  | Блок с фоновыми ошибками |
| BER | Bit error rate |  | Коэффициент ошибок по битам |
| bit/s | bits per second | бит/с | битов в секунду |
| CQI | Channel quality information |  | Информация о качестве канала |
| DVB | Digital video broadcasting |  | Цифровое телевизионное радиовещание |
| DVB-S2 | Second generation digital video broadcasting via satellite |  | Спутниковое цифровое телевизионное радиовещание второго поколения |
| DVB-RCS | DVB-return channel via satellite |  | DVB с обратным каналом через спутник |
| EB | Errored block |  | Блок с ошибками |
| EN | European standard |  | Европейский стандарт |
| ES | Errored second |  | Секунда с ошибками |
| ETSI | European Telecommunications Standards Institute | ЕТСИ | Европейский институт стандартизации электросвязи |
| FER | Frame error rate |  | Коэффициент ошибок по кадрам |
| GEO | Geostationary earth orbit | ГСО | Геостационарная спутниковая орбита |
| LTE | Long term evolution |  | Долгосрочное развитие |
| PER | Packet error rate |  | Коэффициент ошибок по пакетам |
| SES | Severely errored second |  | Секунда со значительным количеством ошибок |
| SNR | Signal-to-noise ratio |  | Отношение сигнал/шум |
| TR | Technical report |  | Технический отчет |
| TS | Technical specification |  | Техническая спецификация |
| *Lb* | Length of a block |  | Длина блока |
| *Lp* | Length of a packet |  | Длина пакета |
| *Nbit\_allow* | Allowable number of bit errors |  | Допустимое количество ошибок по битам |
| *Npacket\_allow* | Allowable number of packet errors |  | Допустимое количество ошибок по кадрам |
| *Rb* | Information bit rate expressed in bit/s |  | Скорость передачи информации в битах, бит/с |
| *Rp* | packet rate, number of packets per second |  | Скорость передачи пакетов, число пакетов в секунду |
| *Pb\_req* | Required BER |  | Требуемый BER |
| *Pp\_req* | Required PER |  | Требуемый PER |

Соответствующие Рекомендации, Отчеты и Резолюции МСЭ

Рекомендация МСЭ-R S.614-4 Допустимые показатели качества по ошибкам для спутникового гипотетического эталонного цифрового тракта фиксированной спутниковой службы, работающего на частотах ниже 15 ГГц и входящего в состав международного соединения цифровой сети с интеграцией служб

Рекомендация МСЭ-R S.1061-1 Применение стратегических мер и способов борьбы с замираниями в фиксированной спутниковой службе

Рекомендация МСЭ-R S.1062-4 Допустимые показатели качества по ошибкам для спутникового гипотетического эталонного цифрового тракта, работающего в полосах частот ниже 15 ГГц

Рекомендация МСЭ-R S.1323-2 Максимально допустимые уровни помех, создаваемые работе спутниковой сети (ГСО/ФСС, НГСО/ФСС, фидерным линиям НГСО/ПСС) фиксированной спутниковой службы другими сетями ФСС одного направления, работающими в полосах частот ниже 30 ГГц

Рекомендация МСЭ-R SF.1006 Определение возможных помех между земными станциями фиксированной спутниковой службы и станциями фиксированной службы

Рекомендация МСЭ-T G.826 Сквозные параметры и показатели качества по ошибкам для международных цифровых трактов и соединений с постоянной скоростью передачи битов

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

*a)* что развитие спутниковой связи потребовало определения критериев кратковременных помех;

*b)* что для разработки критериев кратковременных помех могут использоваться требуемые кратковременные показатели качества;

*c)* что качество работы спутниковой линии связи должно быть достаточным для соответствия общим сквозным требуемым рабочим характеристикам и требованиям конечного пользователя;

*d)* что при определении критериев показателей качества по ошибкам необходимо принимать во внимание все предполагаемые механизмы возникновения ошибок, в частности, меняющиеся во времени условия распространения радиоволн и помехи,

признавая,

*a)* что в Рекомендациях МСЭ‑R S.614 и МСЭ-R S.1062 представлены долговременные требуемые показатели качества по ошибкам;

*b)* что в Рекомендации МСЭ-R S.1061 представлена информация об адаптивных методах передачи и управления мощностью, которые могут использоваться для борьбы с изменяющимся во времени замираниями;

*c)* что в Рекомендации МСЭ‑R S.1323 представлена информация о допуске по времени для определенного в кратковременных показателях качества коэффициента ошибок по битам (BER), возникающих из-за помех в спутниковой сети;

*d)* что в Рекомендации МСЭ-R SF.1006 представлена информация о критериях кратковременных помех, применимая в отношении помех между земными станциями фиксированной спутниковой службы и станциями фиксированной службы,

рекомендует,

**1** чтобы количество ошибок по битам за кратковременный период *Nbit\_allow* не превышало *Rb*×*Pb\_req*, когда зависящие от услуги требуемые показатели качества работы определяются коэффициентом ошибок по битам (BER) (см. Примечание 1);

**2** чтобы количество ошибок по пакетам за кратковременный период *Npacket\_allow* не превышало *Rp*×*Pp\_req*, когда зависящие от услуги требуемые показатели качества работы определяются коэффициентом ошибок по пакетам (PER) (см. Примечания 2 и 3);

**3** чтобы для геостационарных спутниковых линий связи прямой ретрансляции, использующих адаптивное кодирование и модуляцию (ACM), кратковременный период составлял 1 секунду;

**4** чтобы кратковременный период мог быть уменьшен в зависимости от орбиты спутника либо конфигурации спутникового ретранслятора, например бортового процессора (минимальный кратковременный период составит время передачи без переприема в одном скачке);

**5** чтобы соответствие требуемым показателям *Nbit\_allow* или *Npacket\_allow* можно было определить на выходе любых функциональных блоков, используемых для повышения показателей качества по ошибкам, таких как декодеры и обращенные перемежители;

**6** чтобы следующие Примечания рассматривались как часть настоящей Рекомендации.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – *Rb* – скорость передачи информации в битах в секунду (бит/с), а *Pb\_req* – требуемый BER услуги, обеспечиваемой спутниковой системой.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Термин "пакет" может использоваться в значении "кадр", если зависящие от услуги требуемые показатели качества работы определяются коэффициентом ошибок по кадрам (FER).

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – *Rp*  – количество пакетов в секунду, это количество равно *Rb,*, деленному на количество битов в пакете, а *Pp\_req* – требуемый PER услуги, обеспечиваемой спутниковой системой.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – *Pb\_req* и *Pp\_req* – значения, зависящие от услуги и применения, и для достижения одного из этих значений следует использовать достаточный запас мощности.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Взаимосвязь между *Nbit\_allow* и *Npacket\_allow,* а такжеопределениями терминов, используемых в Рекомендации МСЭ-R S.1062 (Рекомендация МСЭ-T G.826), в том числе таких как, секунды со значительным количеством ошибок и коэффициент блоков с фоновыми ошибками, приведены в п. 1.3 Приложения 1.

Приложение 1  
  
Кратковременные показатели качества по ошибкам   
для спутниковых систем связи

# 1 Базовая информация

## 1.1 Определение понятия "кратковременный" применительно к спутниковым системам

Спутниковые системы могут быть оснащены схемой адаптивного кодирования и модуляции (ACM) и/или схемой управления мощностью, для того чтобы должным образом бороться с замираниями в канале. В особенности, если спутниковые системы функционируют в диапазоне частот выше 10 ГГц, использование ACM можно рассматривать как обязательный вариант для борьбы с существенным замиранием в дожде.

Как поясняется в Рекомендации МСЭ-R S.1061 "Применение стратегических мер и способов борьбы с замираниями в фиксированной спутниковой службе", адаптивная система компенсации затуханий в дожде необходима для предварительного прогнозирования значения ослабления в дожде или качества сигнала с учетом задержки кругового пути сигнала. Приняв для спутниковой системы на геостационарной спутниковой орбите (ГСО) задержку кругового пути сигнала равной 0,25 секунды, период обновления изменяющихся режимов (или период оценки информации о качестве канала (CQI)) не должен быть значительно короче одной секунды, при условии использования ретранслятора прямой ретрансляции. В случае геостационарного спутника минимальный интервал составит 0,5 секунды. Факторы замирания или создания помех, продолжительность которых превышает этот период, могут быть соответствующим образом обнаружены и компенсированы надлежащими средствами.

Для спутниковых линий, в которых не используется ACM, в случае геостационарного спутника кратковременный период может определяться как время передачи по одной линии связи от концентратора к узлу либо как равный приблизительно 0,25 секунды. "Концентратор" обозначает центральную станцию, а "узел" – удаленную станцию.

Для негеостационарных спутников кратковременные периоды сокращаются в зависимости от высоты спутников в группировке.

Следовательно, если ограничиться рассмотрением только широко используемых спутниковых систем ГСО, кратковременный период следует определить равным 1 секунде. Кроме того, на основании спецификации спутниковой передачи, недавно опубликованной Европейским институтом стандартизации электросвязи (ЕТСИ), считается, что цикл восстановления синхронизации характеризуется временем отклика порядка 1 секунды на приемном терминале (см. ETSI TR 102 768 V1.1.1 (2009-04), "Цифровое телевизионное радиовещание (DVB). Интерактивный канал для спутниковых систем распределения. Руководящие указания по использованию EN 301 790 для сценариев подвижной связи").

## 1.2 Кратковременные требуемые показатели качества по ошибкам в форме количества ошибок по битам или ошибок по пакетам

Установив кратковременный период равным 1 секунде, требуемые показатели качества работы необходимо определять в форме зависящих от услуги показателей коэффициента ошибок по битам (BER) или коэффициента ошибок по пакетам (PER), при условии превалирующего распространения мультимедийных услуг через спутниковые системы в будущем. Например, типичный требуемый показатель BER для услуг передачи голоса и данных составляет 10−3 и 10−6, соответственно. Конкретные примеры зависящих от услуги показателей качества работы приведены в таблице 17 руководства для подвижных пользователей DVB-RCS ETSI TR 102 768 V1.1.1 (2009-04) и в таблице 6.1.7 Спецификации 3GPP LTE‑Advanced 3GPP TS 23.203 v.11.12.0 (2013-12). Требования к коэффициенту ошибок для спутникового цифрового телевизионного радиовещания второго поколения (DVB-S2) определяются через PER, и в ETSI TR 102 376-1 V1.2.1 (2015-11) приведены некоторые результаты оценок PER при применении различных схем кодирования и модуляции.

Если кратковременный период установлен равным 1 секунде, показатель BER из-за замирания и помех будет зависеть от скорости передачи информации. Чем выше скорость передачи информации, тем большее число битов, искаженных вследствие помех или замирания, будет получено в течение фиксированного интервала времени. В целях поддержания требуемого BER в течение кратковременного периода допустимое количество ошибок по битам *Nbit\_allow* можно рассчитать следующим образом:

*Nbit\_allow* = *Rb*×*Pb\_req*, (1)

где *Rb* – скорость передачи информации, выраженная в битах в секунду (бит/с), а *Pb\_req* – требуемый BER, определяемый конкретной услугой спутниковой системы. В таблице 1 приведены примеры оценки *Nbit\_allow* в соответствии с *Rb* и *Pb\_req*, если кратковременный период определен равным 1 секунде.

ТАБЛИЦА 1

Допустимое количество ошибок по битам за кратковременный период,   
равный 1 секунде, согласно требуемому BER

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Скорость передачи информации, *Rb* | Требуемый BER, *Pb\_req* | Допустимое количество ошибок по битам, *Nbit\_allow* |
| 9,6 кбит/с | 10−3 | 9 |
| 10−6 | 0 |
| 1,5 Мбит/с | 10−3 | 1,5 × 103 |
| 10−6 | 1 |
| 155 Мбит/с | 10−3 | 1,5 × 105 |
| 10−6 | 1,5 × 102 |
| 1Гбит/с | 10−3 | 1,0 × 106 |
| 10−6 | 103 |

Если требования к качеству работы системы определяются через PER (либо FER), допустимое количество ошибок по пакетам, *Npacket\_allow*, в целях поддержания требуемого PER в течение кратковременного периода, можно рассчитать следующим образом:

*Npacket*\_*allow* = *Rp*×*Pp\_req*, (2)

где *Rp* – количество пакетов в секунду, а *Rp = Rb/Lp*, где *Lp* – длина пакета в виде количества битов. *Pp\_req* – требуемый PER, определяемый конкретной услугой спутниковой системы. Типичный размер пакета MPEG составляет 188 байтов.

## 1.3 Взаимосвязь между терминами, используемыми в настоящей Рекомендации, и терминами, используемыми в Рекомендации МСЭ-R S.1062

В Рекомендация МСЭ-R S.1062 используются параметры показателей качества работы, которые первоначально были определены в Рекомендации МСЭ-T G.826. Каждый из параметров может быть выражен в виде качественных характеристик, *Nallow*, *Rb*, и *Pb\_req*, используемых в настоящей Рекомендации.

### 1.3.1 События, связанные с показателями качества по ошибкам, для трактов

– Блок с ошибками (EB) определяется как блок, в котором один или несколько битов содержат ошибки. Общие определения и примеры блоков приведены в таблице 1 Рекомендации МСЭ‑T G.826. Длина блока находится в диапазоне 800–30 000 битов, в зависимости от скорости передачи услуги.

Если длина блока определена как *Lb*, тогда EB – это блок, в котором *Lb*×*Pb\_req* или *Lb*×*Pp\_req* больше либо равно 1, для кратковременного периода, составляющего 1 секунду.

– Секунда с ошибками (ES) определяется как односекундный период с одним или несколькими EB.

В течение ES *Nbit\_allow* или *Npacket\_allow* всегда больше либо равно 1, для кратковременного периода, составляющего 1 секунду.

– Секунда со значительным количеством ошибок (SES) определяется как односекундный период, который содержит ≥30% EB или по крайней мере один дефект (определение дефектов см. в Рекомендации МСЭ-T G.826).

Следует отметить, что секунды SES являются подмножеством ES.

– Блок с фоновыми ошибками (BBE) определяется как EB, не входящий в SES.

### 1.3.2 События, связанные с показателями качества по ошибкам, для соединений

– Секунда с ошибками (ES) определяется как односекундный период с одним или несколькими ошибочными битами или односекундный период, в течение которого обнаружены потеря сигнала или сигнал аварийного состояния.

В течение ES *Nbit\_allow* или *Npacket\_allow* всегда больше либо равно 1, для кратковременного периода, составляющего 1 секунду.

– Секунда со значительным количеством ошибок (SES) определяется как односекундный период, в котором BER больше либо равен 10–3.

В течение SES *Nbit\_allow* всегда больше либо равно *Rb* × 10–3.

# 2 Принципы работы ACM

Ввиду меняющихся во времени характеристик беспроводных каналов схемы ACM предусматриваются в большинстве современных систем спутниковой связи. Использование ACM существенно влияет на возможность спутниковой линии связи соответствовать требуемым показателям качества по ошибкам. Это влияние отражено в бюджете линии связи. В данном разделе представлены основные принципы работы ACM в помощь инженерам спутниковых систем при использовании определенных требуемых показателей качества по ошибкам. Дополнительные материалы по использованию ACM для применений связи пункта со многими пунктами содержатся в Рекомендации МСЭ-R S.1061.

На рисунке 1 показана блок-схема одной из эксплуатационных концепций работы ACM для линий связи пункта с пунктом. Для компенсации кратковременного замирания либо кратковременных помех, возникающих в линии, может использоваться адаптивный метод передачи на базе ACM и управления мощностью. В этом адаптивном методе используются эффективные в части использования спектра схемы передачи в нормальных условиях и переключение на эффективные в части мощности схемы для борьбы с замиранием или помехами. Операция переключения предусматривает ретроспективный анализ качества принятых сигналов или отношения сигнал/шум (SNR), а также прогнозирование SNR для следующего периода передачи, поэтому необходима подсистема управления.

Механизм управления включает оценку SNR, прогнозирование SNR, а также выбор режима. При прогнозировании SNR на приемной стороне должна учитываться задержка кругового пути сигнала в спутниковой линии. Период обновления для распределения режимов не может быть меньше двойного периода односкачковой задержки. Выбор режима обеспечивает адаптивное распределение подходящих схем передачи, таких как схемы кодирования и модуляции, для передающей и приемной сторон. Помимо этого, запас мощности может адаптивно применяться для компенсации любых ошибок, которые могут произойти в связи с ошибками оценки SNR, прогнозирования SNR или выбора режима.

рисунок 1

Эксплуатационная концепция ACM



Рисунки 2(a) и (b) иллюстрируют взаимосвязь между замиранием (или помехами) и BER, а также между замиранием и скоростью передачи в битах, соответственно, в зависимости от того, используется ли ACM. В примере, представленном на рисунке 2, предполагается, что используются девять режимов ACM, режимы 1–9, для компенсации замирания, и что требуемый BER составляет 10−5. Предполагается также, что SNR системы установлен равным значению, которое выдает BER 10−5 в режиме 1.

рисунок 2

Влияние замирания на BER и скорость передачи в битах при использовании ACM



Более подробная информация о работе ACM в прямой линии связи с DVB-S2 приведена в техническом отчете ETSI TR 102 376-1 V1.2.1 (2015-11), а о работе в обратной линии связи с DVB-RCS2 – в техническом отчете ETSI TR 101 545-4 V1.1.1 (2014-04).

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