

МСЭ-R
Сектор радиосвязи МСЭ

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 онлайн-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/гlossарий

3GPP	3 rd 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
L_b	Length of a block		Длина блока
L_p	Length of a packet		Длина пакета
N_{bit_allow}	Allowable number of bit errors		Допустимое количество ошибок по битам

N_{packet_allow}	Allowable number of packet errors	Допустимое количество ошибок по кадрам
R_b	Information bit rate expressed in bit/s	Скорость передачи информации в битах, бит/с
R_p	packet rate, number of packets per second	Скорость передачи пакетов, число пакетов в секунду
P_{b_req}	Required BER	Требуемый BER
P_{p_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 N_{bit_allow} не превышало $R_b \times P_{b_req}$, 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 N_{packet_allow} не превышало $R_p \times P_{p_req}$, 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 (АСМ), 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 N_{bit_allow} или N_{packet_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. – R_b – скорость передачи информации в битах в секунду (бит/с), а P_{b_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. – R_p – количество пакетов в секунду, это количество равно R_b , деленному на количество битов в пакете, а P_{p_req} – требуемый PER услуги, обеспечиваемой спутниковой системой.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – P_{b_req} и P_{p_req} – значения, зависящие от услуги и применения, и для достижения одного из этих значений следует использовать достаточный запас мощности.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Взаимосвязь между N_{bit_allow} и N_{packet_allow} , а также определениями 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 (АСМ) 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 АСМ 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 АСМ, 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 N_{bit_allow} можно рассчитать следующим образом:

$$N_{bit_allow} = R_b \times P_{b_req}, \quad (1)$$

где R_b – скорость передачи информации, выраженная в битах в секунду (бит/с), а P_{b_req} – требуемый BER, определяемый конкретной услугой спутниковой системы. В таблице 1 приведены примеры оценки N_{bit_allow} в соответствии с R_b и P_{b_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, R_b	Требуемый BER, P_{b_req}	Допустимое количество ошибок по битам, N_{bit_allow}
9,6 кбит/с	10^{-3}	9
	10^{-6}	0
1,5 Мбит/с	10^{-3}	$1,5 \times 10^3$
	10^{-6}	1
155 Мбит/с	10^{-3}	$1,5 \times 10^5$
	10^{-6}	$1,5 \times 10^2$
1 Гбит/с	10^{-3}	$1,0 \times 10^6$
	10^{-6}	10^3

Если требования к качеству работы системы определяются через PER (либо FER), допустимое количество ошибок по пакетам, N_{packet_allow} , в целях поддержания требуемого PER в течение кратковременного периода, можно рассчитать следующим образом:

$$N_{packet_allow} = R_p \times P_{p_req}, \quad (2)$$

где R_p – количество пакетов в секунду, а $R_p = R_b/L_p$, где L_p – длина пакета в виде количества битов. P_{p_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 Рекомендации 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, N_{allow} , R_b , и P_{b_req} , используемых в настоящей Рекомендации.

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

– Блок с ошибками (ЕВ) 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 L_b , тогда ЕВ – это блок, в котором $L_b \times P_{b_req}$ или $L_b \times P_{p_req}$ 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 N_{bit_allow} или N_{packet_allow} всегда больше либо равно 1, для кратковременного периода, составляющего 1 секунду.
- Секунда со значительным количеством ошибок (SES) определяется как односекундный период, который содержит $\geq 30\%$ 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 N_{bit_allow} или N_{packet_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 N_{bit_allow} всегда больше либо равно $R_b \times 10^{-3}$.

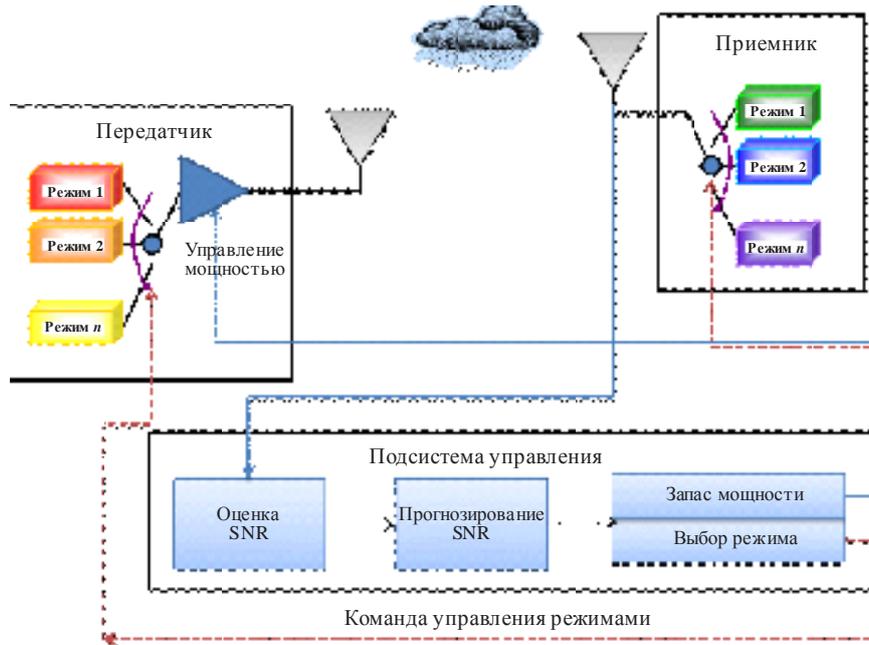
2 Принципы работы ACM

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 однократковой 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.

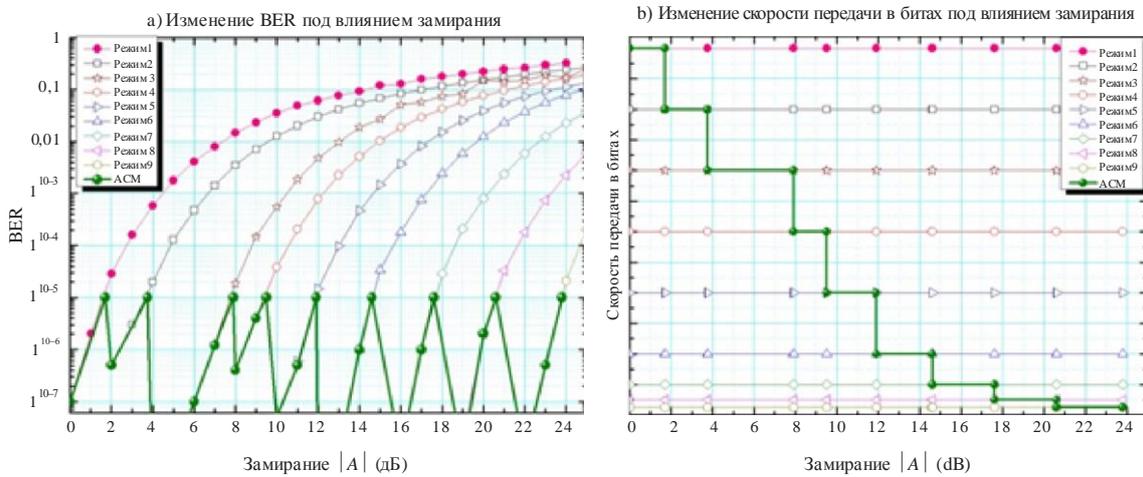
РИСУНОК 1
Эксплуатационная концепция АСМ



S.2099-01

Рисунки 2(a) и (б) иллюстрируют взаимосвязь между замиранием (или помехами) и BER, а также между замиранием и скоростью передачи в битах, соответственно, в зависимости от того, используется ли АСМ. В примере, представленном на рисунке 2, предполагается, что используются девять режимов АСМ, 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 АСМ



S.2099-02

Более подробная информация о работе АСМ 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).
