

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R М.828-2*

Определение готовности каналов радиосвязи в подвижной спутниковой службе

(Вопрос МСЭ-R 85/5)

(1992-1994-2006)

Сфера применения

В данной Рекомендации содержится определение временной готовности каналов радиосвязи подвижной спутниковой службы (ПСС) в целях создания руководства для разработчиков и планирующих органов, а также основы для разработки критериев помех.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что существует необходимость в определении готовности каналов радиосвязи в подвижной спутниковой службе (ПСС) как руководства для разработчиков и планирующих органов, а также основы для разработки критериев помех;
- b) что подход, используемый для определения готовности в фиксированной спутниковой службе, не применим в подвижной спутниковой службе, поскольку, помимо прочего, каналы радиосвязи в ПСС создаются, главным образом, на основе присвоения по требованию;
- c) что готовность соединения в службе зависит, помимо прочего, от расположения подвижной земной станции (ПЗС) во время установления канала радиосвязи и во время связи;
- d) что иногда для доступа к системе и для осуществления связи используются различные компоненты системы;
- e) что готовность оборудования (включая космическую станцию) зависит от надежности, эксплуатационных качеств и ремонтпригодности;
- f) что готовность каналов радиосвязи определяется совместным влиянием готовности оборудования и возможности распространения сигнала,

рекомендует,

1 чтобы общая готовность каналов радиосвязи определялась на основе возможности доступа к каналу и возможности осуществления связи, используя в качестве основы готовность компонентов (см. Примечание 1), включающих следующие каналы радиосвязи и каналы доступа:

- космическую станцию;
- радиотракт соединения с фидерной линией и радиотракт соединения со служебной линией в условиях прямой видимости (см. Примечание 2); и
- земные станции (включая сухопутные земные станции (СЗС), подвижные земные станции (ПЗС) и прочие соответствующие земные станции);

* Настоящая Рекомендация должна быть доведена до сведения Сектора стандартизации электросвязи (12-я и 13-я Исследовательские комиссии).

2 чтобы готовность каналов радиосвязи в подвижных спутниковых службах определялась следующей формулой:

$$\text{Готовность} = (100 - \text{Неготовность})(\%),$$

где неготовность представляет собой суммарные коэффициенты времени прерываний канала, вызванных всеми возможными причинами. В подвижных спутниковых системах неготовность приближенно представляется следующей формулой (см. Примечание 3):

$$\begin{aligned} \text{Неготовность} = & \text{Неготовность (космическая станция)} + \\ & \text{Неготовность (радиотракт)} + \\ & \text{Неготовность (земная станция)} \text{ (см. Примечание 4),} \end{aligned}$$

где неготовность каждого компонента вычисляется по формуле:

$$\text{Неготовность (компонент)}(\%) = (100 - \text{Готовность (компонент)})(\%).$$

Готовность (компонент) представляет собой готовность каждого компонента и вычисляется по следующей формуле:

$$\text{Компонент } A = \frac{(\text{запланированное время работы}) - (\text{продолжительность прерывания канала})}{(\text{запланированное время работы})} \times 100\%,$$

где запланированное время работы компонентов определяется как период времени, в течение которого канал должен быть в состоянии выполнять требуемые для абонента действия с требуемым уровнем характеристик; а продолжительность прерывания канала определяется как период времени, в течение которого канал связи подвергается воздействию одного из следующих условий в течение более чем 10 последовательных секунд. (Период прерывания канала начинается, когда одно из следующих условий сохраняется в течение более чем 10 секунд подряд. Неготовность канала начинается в начале этого нерабочего периода в 10 секунд. Период прерывания канала прекращается, когда это же условие перестает действовать на период времени больший чем 10 секунд подряд. Готовность канала возобновляется в начале этого непрерываемого более чем 10-секундного интервала):

- невозможно установить канал радиосвязи;
- требуемый сигнал, поступаая на вход канала, не принимается на другом конце;
- для линии аналогового типа невзвешенная мощность субъективно эквивалентного шума в гипотетическом эталонном телефонном канале (HTRC) (Рекомендация МСЭ-R М.547) превышает определенный предел;
- для цифровой линии коэффициент ошибок по битам (BER) в соответствующем гипотетическом эталонном цифровом тракте (HRDP) (Рекомендация МСЭ-R М.827) опускается ниже определенного предела;

3 чтобы при принятии решения о включении тех или иных компонентов системы в определение готовности, руководствовались указаниями Приложения 1 к данной Рекомендации;

4 чтобы следующие примечания рассматривались как часть данной Рекомендации.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Компонентом может называться как отдельный компонент, так и группа компонентов в сложной конфигурации.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Условия, влияющие на распространение сигнала в пределах прямой видимости, включают в себя ионосферные, тропосферные явления, а также затухание вследствие многолучевого распространения. Устойчивое плотное затенение не должно в общем случае упоминаться как влияющий фактор, но должно учитываться при разработке систем. В случае сухопутной подвижной спутниковой службы (СПСС), световая затененность из-за деревьев и листвы должна включаться в расчеты готовности.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Готовности для космической станции, земной станции и для тракта радиосигнала считаются статистически независимыми.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – В рассмотрение должны включаться ПЗС, СЗС и другие относящиеся земные станции.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Данная Рекомендация не относится к воздушной подвижной спутниковой службе ВПСС(Р). Готовность линии ВПСС(Р) подлежит дальнейшему изучению.

Приложение 1

Готовность каналов радиосвязи в ПСС

1 Введение

Существует необходимость определения готовности каналов радиосвязи в ПСС с целью создания руководства для разработчиков систем и производителей оборудования, а также адекватного стандарта обслуживания для пользователя. При предлагаемом подходе к критериям готовности устанавливаются различия между подвижной и фиксированной спутниковыми службами. Но, однако, признается, что концепция готовности для ПСС должна, по возможности, совмещаться с аналогичными концепциями, одобренными для фиксированных спутниковых служб и радиорелейных систем.

Подход, принятый в данной Рекомендации, подразумевает рассмотрение только тех факторов, которые могут быть учтены при надлежащей разработке систем, конструирования оборудования и ремонтных работах.

2 Общие определения и подходы

2.1 Определение готовности канала

Готовность канала радиосвязи для ПСС будет зависеть от параметров готовности, задаваемых для каждого компонента канала. В данной Рекомендации рассматриваются параметры готовности для космического сектора, оборудования и вспомогательных функций земных станций, а также для пути распространения сигнала между спутником и наземными станциями. Таким образом определяется суммарная готовность канала радиосвязи.

Для ПСС готовность канала, A , может быть получена из продолжительности и частоты прерываний для каждого компонента канала и может быть определена так:

$$A = \frac{(\text{запланированное время работы}) - (\text{продолжительность прерывания канала})}{(\text{запланированное время работы})} \times 100\%,$$

где запланированное время работы компонентов определяется как период времени, в течение которого пользователю необходимо, чтобы состояние канала позволяло ему выполнять требуемые действия при определенном уровне характеристик, а продолжительность прерывания канала определяется как период времени, в течение которого канал связи подвергается воздействию следующих условий в течение более чем 10 секунд подряд. (Период прерывания канала начинается, если одно из следующих условий продолжается более 10 секунд подряд. Неготовность канала начинается в начале этого нерабочего периода в 10 секунд. Период прерывания канала заканчивается, если это же условие перестает действовать на период, превышающий 10 секунд подряд. Готовность канала возобновляется в начале этого непрерывного 10-секундного интервала):

- невозможно установить канал радиосвязи;
- требуемый сигнал, поступая на вход канала, не принимается на другом конце;
- для линии аналогового типа невзвешенная мощность субъективно эквивалентного шума в гипотетическом эталонном телефонном канале (HTRC) (Рекомендация МСЭ-R M.547) превышает определенный предел;
- для цифрового канала коэффициент ошибок по битам (BER) в соответствующем гипотетическом эталонном цифровом тракте (HRDP) (Рекомендация МСЭ-R M.827) опускается ниже определенного предела;

В случае применения концепции готовности к отдельным компонентам канала и, в частности, к оборудованию СЗС и ПЗС, определение готовности для этих компонентов (A') может быть записано в терминах средней наработки на отказ (MTBF) и средней наработки до ремонта (MTTR), а именно:

$$A' = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100 \quad (\%) \quad (1)$$

При рассмотрении готовности телефонных каналов можно использовать HRDP (см. для примера Рекомендацию МСЭ-R M.827).

Время, в течение которого канал радиосвязи считается недоступным, должно включать в себя задержки в установлении вызова, происходящие из-за отказов в системе¹ сигнализации спутника. Отказы в канале сигнализации СЗС-к-ПЗС, в канале произвольного доступа ПЗС-к-СЗС или, в зависимости от случая, в канале сигнализации СЗС-к-СЗС из-за неблагоприятных условий распространения в радиотракте могут привести к неудачной попытке вызова.

2.2 Определение прерывания

В следующих разделах приведены определения прерывания для телефонии и телеграфии. Учитывая различную природу этих служб, для них требуются различные критерии готовности, и это предполагается исследовать в дальнейшем. Прерывания цифровых каналов также будут рассмотрены ниже.

2.2.1 Телефония

Следующее определение для прерывания в телефонных каналах в ПСС соответствует определению, предлагаемому для ФСС:

Телефонный канал в ПСС предлагается считать прерванным, если канал в течение более 10 последовательных секунд подвергается воздействию одного из следующих условий:

- требуемый сигнал, поступая на вход канала, не принимается на другом конце;
- для аналоговой передачи невзвешенная субъективно эквивалентная мощность шума в телефонном канале превосходит 10^6 Вт (pW0p);
- для цифровой связи BER линии хуже 10^{-2} .

Дальнейшую информацию по готовности телефонных каналов можно найти в Рекомендации МСЭ-T G.821.

¹ Примечание. – При разработке каналов сигнализации должна закладываться очень высокая надежность, такая, чтобы влияние перерывов в работе сигнализации было незначительно в сравнении с другими возможными причинами прерывания линий связи.

2.2.2 Телеграфия

Также предлагается следующее определение прерывания для телеграфных каналов:

Телексный канал связи для ПСС предлагается считать прерванным, если N числовых ошибок отмечено за временной интервал менее $1,5 N$ секунд, где N лежит между 10 и 20.

Это определение, как считается, дает достаточно точную связь между временем и точностью, позволяя учесть погрешность порядка одной ошибки на десять знаков.

На практике затухание сигнала в радиотракте с 5 до 6 дБ рассматривается операторами береговых земных станций как прерывание. Устойчивое повторение подобных прерываний заставит оператора СЗС передать трафик резервному каналу.

2.2.3 Данные

Определение прерывания будет зависеть от скорости передачи данных, одобренной для службы, требуемой частоты появления ошибок и распределения ошибок. Готовность каналов данных требует дальнейшего исследования.

2.2.4 Перерывы в работе элементов системы

Следующие определения описывают перерывы в работе элементов системы, которые могут привести к прерыванию обслуживания:

- Перерывы в работе космического сегмента

Любое прерывание в течение более 10 последовательных секунд, непосредственно отнесенное к действующему спутнику.

- Перерывы в работе станции управления сетью

Любое прерывание жизненно важных управляющих функций, влияющих на СЗС, таких как потеря возможности обработки вызова, на более чем 10 последовательных секунд.

- Перерывы в работе сети

Любое прерывание обслуживания на более чем 10 последовательных секунд, влияющее на все СЗС на океанском побережье, вызванное явлениями, препятствующими распространению сигнала или помехами на любом из автоматических каналов частотной компенсации (AFC), каналов запроса, на частотах TDM для СЗС или на общей частоте TDM.

- Перерывы в работе земной береговой станции

Любая полная потеря всех телефонных каналов или всех телексных каналов, или и тех, и других, на более чем 10 последовательных секунд или соответствующая потеря способности обработки вызовов более чем на 1 минуту, непосредственно связанные с береговой земной станцией.

2.3 Плановое время работы

Критерии готовности, предлагаемые для ФСС, применимы к готовности круглосуточных каналов (телефонных и телевизионных), где плановое время работы совпадает с календарным. В морских ПСС каналы телеграфии/сигнализации "берег-корабль" должны действовать непрерывно в течение суток, что подразумевает постоянную активность несущих, но при передачах ПЗС телефонные каналы и каналы телеграфии/сигнализации должны быть активными только во время вызова.

На готовность оборудования СЗС и ПЗС не влияет значительно такая характеристика, присущая ПСС, как присвоение по требованию (в сравнении с готовностью, по существу такого же оборудования, работающего с постоянно активными несущими). Следовательно, плановое время работы приравнивается к календарному для всего оборудования.

2.4 Факторы, влияющие на готовность

Общая готовность каналов для ПСС зависит от критериев готовности, принятых для:

- *Космического сектора*, включая оборудование спутника, влияние маневров спутника и обеспечение запасных спутников.
- *Оборудования сухопутных земных станций*, включая влияние природных явлений на работу оборудования (например, помехи от излучения Солнца и природные катастрофы), а также человеческие ошибки;
- *Оборудования земных подвижных станций*, включая влияние природных явлений на работу оборудования (например, помехи от излучения Солнца и условия окружающей среды), а также человеческие ошибки;
- *Вспомогательных функций*, какие могли быть выполнены управляющими сухопутными наземными станциями (например, управление частотой, регулирование мощности и присвоение каналов);
- *Прямой и обратной радиочастотной связи*, в частности влияние затухания и избыточного шума из-за осадков, влияние замирания из-за многолучевого распространения сигнала и влияние помех, которые могли возникнуть от наземных и космических служб.

Несмотря на это, при определении практических целей готовности, нереально учесть все вышеперечисленные возможные случаи.

2.5 Влияние чрезвычайных ситуаций и природных явлений

Для целей данной Рекомендации прерывания классифицируются следующим образом:

- *Предсказуемые прерывания*: либо прерывания, возникающие во время устранения некатастрофичных сбоев, возникновение которых можно планировать и которые могут быть устранены относительно быстро (например, отказы оборудования, затухание сигнала), либо запланированные прерывания, которые могут произойти в заранее известное время (например, некоторые виды профилактического ремонта оборудования, помехи от солнечного излучения на береговых земных станциях);
- *Непредсказуемые прерывания*: прерывания, возникновение или длительность которых не могут быть предсказаны и которые могут вызывать длительные перерывы в работе, например природные катастрофы: землетрясения, сильный ветер или исключительно серьезные морские условия, а также влияние естественной блокировки, например экранирование горами.

В отношении СЗС и ПЗС предполагается, что прерывания, возникающие из-за непредвиденных обстоятельств, должны быть исключены из числа условий, влияющих на готовность, а в расчет должны приниматься только предсказуемые прерывания. Кроме того, для оборудования ПЗС не должны, по возможности, учитываться следующие виды предсказуемых прерываний:

2.5.1 Прерывания из-за помех от солнца

Для фиксированных земных станций перерывы в работе из-за избыточного шума на трассе Земля–спутник, когда траектория солнца проходит через главный лепесток антенны, могут быть предсказаны: продолжительность перерыва в работе будет зависеть от расположения конкретной станции, но ухудшение работы может случаться от около 30 минут до 3–4 дней дважды в год. Ухудшение обслуживания можно, таким образом, минимизировать, направив трафик по альтернативным маршрутам. К ПЗС подобная ситуация не применима. Возьмем как пример земную станцию на борту корабля. Наличие солнечных помех будет зависеть от маршрута корабля, различного для различных кораблей, и это явление, таким образом, для отдельных кораблей может повторяться несколько раз в течение года. Продолжительность прерывания в этом случае больше, чем для СЗС, из-за сравнительно широкой диаграммы направленности антенны ПЗС, хотя ухудшение в шумовой температуре приемника будет не таким значительным.

2.5.2 Прерывания из-за плохих погодных условий

В случае земных станций на борту корабля, оборудование сконструировано в расчете на противостояние плохим погодным условиям, таким как перепады температур, влажность, осадки, ветер и качка судна.

Дополнительная защита оборудования на верхней палубе обеспечивается с помощью защитных кожухов, но время от времени большинство кораблей попадает в погодные условия, которые приводят оборудование в нерабочее состояние, например, высокие волны на море препятствуют точному наведению антенны. Таким образом, подобные причины прерывания предполагается исключить из оценки готовности корабельного оконечного оборудования, хотя производители оборудования и разработчики систем не должны оставлять своих попыток по разработке методов поддержания работоспособности корабельного оконечного оборудования в крайне неблагоприятных условиях.

2.5.3 Прерывания из-за эффектов блокировки

Путь распространения сигнала между ПЗС и спутником может, в отдельных случаях, быть заблокирован. Это может произойти, например, из-за наличия поблизости от ПЗС зданий или растительности.

Постоянная, плотная затененность, в общем, должна быть исключена из технических требований, но ее возможность должна учитываться при разработке системы. В случае сухопутной подвижной спутниковой службы (СПСС), затенение луча из-за наличия деревьев, листвы и т. п. должно быть включено в расчет готовности.

В случае земных станций на борту корабля блокирование может вызываться частями корабельных надстроек. Хотя владельцы кораблей и производители должны стараться устанавливать земные станции на борту корабля в местах, где вероятность блокирования работы антенны минимальна, это условие не всегда удается выполнить. Поэтому перерывы в работе, возникшие по подобной причине, предлагается исключить из критериев готовности.

2.6 Измерение готовности канала

Принимая во внимание исключения, рассмотренные в части 2.5, для измерения готовности канала радиосвязи связи для ПСС должно использоваться следующее выражение:

$$A = \frac{T_s - (T_{sat} + T_1 + T_2 + T_{LES} + T_{MES} + T_{aux})}{T_s} \times 100 (\%), \quad (2)$$

где:

T_s : плановое время работы

T_{sat} : суммарное время прерываний канала, связанное со сбоями спутника

T_1 : суммарное время прерываний канала, связанное с факторами на прямом тракте радиосвязи (т. е. $T_1 = T_{LES-sat} + T_{sat-MES}$,

где:

$T_{LES-sat}$ относится к связи СЗС–спутник, а

$T_{sat-MES}$ относится к связи спутник–ПЗС)

T_2 : суммарное время прерываний канала, связанное с факторами на обратном тракте радиосвязи (т. е. $T_2 = T_{MES-sat} + T_{sat-LES}$,

где:

$T_{MES-sat}$ относится к связи ПЗС–спутник, а

$T_{sat-LES}$ относится к связи спутник–СЗС)

T_{LES} : суммарное время прерываний канала, вызванное сбоями оборудования станции СЗС и возможностями системы связи

T_{MES} : суммарное время прерываний канала, вызванное сбоями оконечного оборудования ПЗС и возможностями системы связи

T_{aux} : суммарное время прерываний канала, вызванное сбоями вспомогательных функций на отдельных земных управляющих станциях.

В случае двух или более пунктов, происходящих одновременно, должна быть принята во внимание только длительность самого длинного прерывания.
