

## РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R F.1330-2\*

**Предельные значения эксплуатационных характеристик для ввода в эксплуатацию частей международных трактов и участков плезиохронной цифровой иерархии и синхронной цифровой иерархии цифровых систем фиксированной беспроводной связи**

(Вопрос МСЭ-R 161/9)

(1997-1999-2006)

**Сфера применения**

В настоящей Рекомендации представлены предельные значения эксплуатационных характеристик для ввода в эксплуатацию (ВВЭ) международных трактов и участков ПЦИ и СЦИ, созданных на основе систем фиксированной беспроводной связи (ФБС). Данный подход соответствует подходу к ВВЭ Сектора МСЭ-Т, однако в него включены некоторые определяемые средой (ФБС) аспекты. В Приложении подробно описываются предельные значения эксплуатационных характеристик для ВВЭ.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

*учитывая,*

- a) что разрабатываются цифровые фиксированные беспроводные системы, предназначенные для использования в цифровых трактах с постоянной скоростью передачи, равной первичной скорости или превышающей ее, входящие в состав международного участка 27 500-километрового гипотетического эталонного тракта (ГЭТ);
- b) что для цифровых систем фиксированной беспроводной связи требуется определить предельные значения эксплуатационных характеристик "ввода в эксплуатацию" (ВВЭ);
- c) что в Рекомендации МСЭ-R F.1668 определены предельные значения эксплуатационных характеристик и процедур технического обслуживания цифровых систем фиксированной беспроводной связи;
- d) что Сектор МСЭ-Т разработал и опубликовал предельные значения эксплуатационных характеристик для ввода в эксплуатацию и технического обслуживания международных трактов и соединений плезиохронной цифровой иерархии (ПЦИ) многих операторов в Рекомендации МСЭ-Т М.2100, а также для международных трактов синхронной цифровой иерархии (СЦИ) многих операторов и международных мультиплексных участков СЦИ в Рекомендации МСЭ-Т М.2101, обе эти рекомендации основываются на Рекомендациях МСЭ-Т G.826 и G.828, соответственно;
- e) что в Рекомендации МСЭ-Т М.2110 описаны процедуры ВВЭ международных цифровых трактов, участков и систем передачи многих операторов с системой непрерывного эксплуатационного контроля (НЭК) и без нее;
- f) что Сектор МСЭ-R утвердил Рекомендацию МСЭ-R F.1660, касающуюся норм показателей помехозащищенности для реальных линий цифровой фиксированной беспроводной связи, используемых для гипотетических эталонных трактов и соединений длиной 27 500 км;
- g) что условия распространения могут изменять процедуры ВВЭ цифровых систем фиксированной беспроводной связи;

---

\* Настоящая Рекомендация должна быть доведена до сведения 3-й и 4-й Исследовательских комиссий по радиосвязи, а также 4-й и 13-й Исследовательских комиссий по стандартизации электросвязи.

- h) что влияние условий распространения на процедуры ВВЭ цифровых фиксированных беспроводных систем в настоящее время изучается 3-й Исследовательской комиссией по радиосвязи;
- j) что следует определить предельные значения эксплуатационных характеристик и процедуры ВВЭ для ПЦИ и СЦИ трактов и участков с постоянной скоростью передачи, основанных на цифровых системах фиксированной беспроводной связи;
- к) что для сведения к минимуму последствий работ по техническому обслуживанию показатели качества ввода в эксплуатацию (ПКВВЭ) должны учитывать соответствующий запас;
- l) что при проведении измерений на этапе ввода в эксплуатацию следует учитывать условия распространения радиоволн;

*отмечая,*

1 что с целью распределения показателей качества по длине международного участка тракта с постоянной скоростью передачи, равной или превышающей первичную скорость, построенного с использованием цифровых систем фиксированной беспроводной связи, международный цифровой тракт разделяется на географические единицы; эти единицы называются внутренними элементами тракта (ВЭТ). Используется два типа международных ВЭТ:

- внутренний элемент международного тракта (ВЭМТ) между входом в международный тракт и граничной станцией в стране, где оканчивается международный тракт, или между граничными станциями транзитных стран (см. Примечание 1);
- внутренний элемент тракта между странами (ВЭТМС) между соседними граничными станциями двух стран. Порядок ВЭТМС соответствует максимальному порядку цифрового тракта в цифровой системе передачи, соединяющей эти две страны;

*рекомендует,*

1 что предельные значения эксплуатационных характеристик ВВЭ должны основываться на сквозных эталонных показателях качества (ЭПК), показанных в таблицах 1a и 1b, а также на распределениях, показанных в таблице 2;

ТАБЛИЦА 1a (см. Примечание 2)

ЭПК

ПЦИ	Первичная (Примечание 4)	Вторичная	Третичная	4-й степени	
СЦИ (Мбит/с)	1,5–5	> 5–15	> 15–55	> 55–160	> 160–3 500
Параметр	Сквозной ЭПК				
Коэффициент секунд с ошибками (ESR) для трактов, созданных в соответствии с G.826	0,02	0,025	0,0375	0,08	Неприменимо (Н/П)
Коэффициент секунд с ошибками (ESR) для трактов, созданных в соответствии с G.828	0,005	0,005	0,01	0,02	(Н/П)
Коэффициент фоновых блочных ошибок (ВВЕР) для трактов СЦИ, созданных в соответствии с G.828	$2,5 \times 10^{-5}$	$2,5 \times 10^{-5}$	$2,5 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$
Коэффициент пораженных секунд (SESR)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

ТАБЛИЦА 1б

## ЭПК для сквозных международных мультиплексных участков СЦИ

Скорость	STM-0	STM-1	STM-4
Блоки/секунды	64 000	192 000	768 000
ESR (в соответствии с G.826)	0,0375	0,08	Н/П
ESR (в соответствии с G.828)	0,01	0,02	Н/П
SESR	0,001	0,001	0,001
BBER (в соответствии с G.826)	Н/П	Н/П	Н/П
BBER (в соответствии с G.828)	$2,5 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$

ТАБЛИЦА 2

Распределение,  $a_n$ 

Классификация ВЭТ (Примечание 3)	Распределение (% сквозных ЭПК)
<i>ВЭМТ</i>	
Оконечные/транзитные станции национальных сетей:	
$d \leq 100$ км	1,2
$100 \text{ км} < d \leq 200$ км	1,4
$200 \text{ км} < d \leq 300$ км	1,6
$300 \text{ км} < d \leq 400$ км	1,8
$400 \text{ км} < d \leq 500$ км	2,0
$500 \text{ км} < d \leq 1\ 000$ км	3,0
$1\ 000 \text{ км} < d \leq 2\ 500$ км	4,0
$2\ 500 \text{ км} < d \leq 5\ 000$ км	6,0
$5\ 000 \text{ км} < d \leq 7\ 500$ км	8,0
$d > 7\ 500$ км	10,0
<i>ВЭТМС</i>	
$d \leq 300$ км	0,3
Международный мультиплексный участок	0,2

2 что распределенный показатель качества (РПК) и ПКВВЭ для ввода в эксплуатацию тракта и мультиплексного участка следует вычислять следующим образом:

для тракта

$$РПК_{es} = A\% \times ЭПК_{es} \times TP \div 100 \text{ (преобразовать } A\% \text{ в коэффициент)}$$

$$РПК_{ses} = A\% \times ЭПК_{ses} \times TP \div 100 \text{ (преобразовать } A\% \text{ в коэффициент)}$$

$$РПК_{bbe} = A\% \times ЭПК_{bbe} \times TP \times 2000 \div 100 \text{ (преобразовать } A\% \text{ в коэффициент – VC-1 и 2)}$$

$$РПК_{bbe} = A\% \times ЭПК_{bbe} \times TP \times 8000 \div 100 \text{ (преобразовать } A\% \text{ в коэффициент – VC-3 и 4 и VC-4-Хс);}$$

для мультиплексного участка

$$РПК_{es} = A\% \times ЭПК_{es} \times TP \div 100 \text{ (преобразовать } A\% \text{ в коэффициент)}$$

$$РПК_{ses} = A\% \times ЭПК_{ses} \times TP \div 100 \text{ (преобразовать } A\% \text{ в коэффициент)}$$

$$РПК_{bbe} = A\% \times ЭПК_{bbe} \times TP \times 64\,000 \div 100 \text{ (преобразовать } A\% \text{ в коэффициент – STM-0)}$$

$$РПК_{bbe} = A\% \times ЭПК_{bbe} \times TP \times 192\,000 \div 100 \text{ (преобразовать } A\% \text{ в коэффициент – STM-1)}$$

$$РПК_{bbe} = A\% \times ЭПК_{bbe} \times TP \times 768\,000 \div 100 \text{ (преобразовать } A\% \text{ в коэффициент – STM-4)},$$

где:

$$A\% = \sum_1^N a_n\% \text{ для тракта}$$

$$\text{т. е. } A\% = a_1\% + a_2\% + \dots + a_N\%$$

$a_n$ : распределение для каждого ВЭМТ и ВЭТМС, образующих тракт

$A\%$  = а% для мультиплексного участка

$TP$ : период(ы) измерений

$$ПКВВЭ = РПК/Fm,$$

где  $Fm$  – запас на техническое обслуживание;

**3** что для определения ПКВВЭ следует определить следующий запас на техническое обслуживание  $Fm$ :

ТАБЛИЦА 3

Запасы на техническое обслуживание,  $Fm$

	Запас на техническое обслуживание, $Fm$	
	Для нормальных условий распространения (Примечание 5)	Для неблагоприятных условий распространения (Примечания 5 и 6)
Тракты и участки ПЦИ Тракты СЦИ	2	0,5
Системы передачи ПЦИ Мультиплексные участки СЦИ	10	0,5

**4** что периоды испытаний ( $TP$ ) для ВВЭ цифровых систем фиксированной беспроводной связи определяются следующим образом:

- для всех радиотрактов и участков следует использовать 24-часовой период испытаний ВВЭ, и полученное качество должно соответствовать вычисленным пределам  $S_{24}$  для каждого параметра помехозащищенности участков (см. Приложение 1);
- для радиотрактов и участков, показатели качества которых при непрерывном измерении в течение периода испытаний – последовательных 24 часов (с системой непрерывного эксплуатационного контроля) лежат между предельными значениями эксплуатационных характеристик  $S1$  и  $S2$ , должны быть выполнены дальнейшие испытания в течение дополнительного 7-дневного периода испытаний на этапе ВВЭ;
- для радиотрактов и участков, показатели качества которых при непрерывном измерении в течение периода испытаний – последовательных 24 часов (без системы непрерывного эксплуатационного контроля) лежат между предельными значениями эксплуатационных характеристик  $S1$  и  $S2$ , должны быть либо выполнены повторные испытания ВВЭ, либо временно разрешено ослабить допуски, в зависимости от соглашения сторон;

– для новых радиотрактов и участков на трассах, где поведение радиотрактов и участков при неблагоприятных условиях распространения не изучено, должны быть выполнены дальнейшие испытания в течение дополнительного 7-дневного периода испытаний ВВЭ, и показатели качества должны удовлетворять вычисленным ПКВВЭ для каждого параметра помехозащищенности;

**5** что в Приложении 1 содержатся указания и дальнейшие подробности определения пределов ВВЭ, процедур испытаний, а также методика расчета ПКВВЭ и их предельные значения.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Определения ввода в международную сеть и граничной станции приведены в Рекомендации МСЭ-Т М.2101.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Каждая страна должна проектировать свою сеть таким образом, чтобы она соответствовала распределению по стране и по международному тракту.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Длины  $d$ , указанные в таблице 2, являются действительными длинами трактов или радиодистанциями, умноженными на соответствующий коэффициент тракта  $R_f$ , в зависимости от того, какой из них меньше; для мультиплексных участков длина  $d$  относится только к действительной длине (см. Рекомендацию МСЭ-Т М.2100):

ТАБЛИЦА 4

Длина ВЭТ большого круга по сравнению с коэффициентом тракта

Длина ВЭТ большого круга	Коэффициент тракта ( $R_f$ )	Рассчитанная длина ВЭТ
$d < 1\,000$ км	1,5	$1,5 \times d$ км
$1\,000 \text{ км} \leq d < 1\,200$ км	$1\,500/d$	1 500 км
$d \geq 1\,200$ км	1,25	$1,25 \times d$ км

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Для международных соединений многих операторов с использованием оборудования, разработанного в соответствии с пересмотренной Рекомендацией МСЭ-Т G.826, могут применяться ЭПК для первичной скорости ПЦИ.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Периоды нормального и неблагоприятного распространения радиоволн могут меняться от страны к стране, и, следовательно, заинтересованные страны должны достичь соглашения.

ПРИМЕЧАНИЕ 6. – Если определено, что процедура ВВЭ должна проводиться в течение  $X$  месяцев (величина  $X$  достигает 3, и это при обоюдном согласии заинтересованных сторон) до или после периода с неблагоприятными условиями распространения, при обоюдном согласии заинтересованных сторон может использоваться значение  $Fm = 1$ .

## Приложение 1

### Предельные значения эксплуатационных характеристик и методика ВВЭ

#### 1 Процедуры испытаний ВВЭ

Процедуры испытаний ВВЭ для ввода в эксплуатацию международных трактов, участков и систем передачи ПЦИ, а также трактов и участков СЦИ, включая правила работы во время периодов неготовности, случающихся во время испытаний, определяются в Рекомендации МСЭ-Т М.2110 и могут быть применены к цифровым трактам, участкам и системам передачи фиксированной беспроводной связи во время нормального распространения радиоволн.

Однако для того, чтобы учесть эффекты распространения и периоды неблагоприятных условий, которые могут влиять на качество систем цифровой фиксированной беспроводной связи, следует использовать следующие испытательные процедуры ВВЭ и предпринять следующие шаги. Процедуры испытаний подразделяются на два отдельных шага, а именно:

- первоначальный (15-минутный) испытательный период для первичной оценки качества испытываемой радиосистемы;
- испытания ВВЭ в течение полного испытательного периода, пригодные для испытываемой радиосистемы (см. п. 4 раздела *рекомендует*).

### 1.1 Процедура первоначальных испытаний (шаг 1)

Первичные испытания следует выполнять в течение 15 минут с использованием измерительного оборудования на кадрированной псевдослучайной последовательности двоичных символов (ПСПДС).

Во время этих 15 минут не должно быть ни ошибок, ни состояний неготовности. Если появляется ошибка или регистрируется состояние неготовности, то испытание следует прервать и повторить заново. Первоначальное испытание может быть выполнено дважды. Если в течение третьего (и последнего) испытания появляется ошибка или возникает состояние неготовности, то испытания радиосистемы должны быть прекращены, и должна быть выполнена локализация неисправности и ее устранение.

Рекомендуется, чтобы первоначальные 15-минутные испытания выполнялись в то время дня, когда наблюдаются условия "прозрачного" распространения и когда вероятность неблагоприятных условий распространения минимальна (как правило, это между 10 час. 00 мин. и 14 час. 00 мин. местного времени).

### 1.2 Основная процедура испытаний (шаг 2)

После успешного выполнения шага 1 (процедура первоначальных испытаний) выполняется испытание в течение 24 часов. Если имеется система непрерывного эксплуатационного контроля, то может передаваться реальный трафик. Однако если системы непрерывного эксплуатационного контроля нет, то испытания выполняются в тех же самых условиях, что и для первоначальных испытаний (т. е. с использованием измерительных инструментов).

В конце 24-часового периода результаты измерений сравниваются с пределами ВВЭ  $S_1$  и  $S_2$  (см. пп. 2 и 3).

Каждый случай события неготовности, случившегося в любой момент испытаний ВВЭ, должен быть изучен, и должны быть назначены новые испытания ВВЭ. Если же и во время второго испытания случается событие неготовности, испытания следует приостановить до тех пор, пока не будет выяснена причина неготовности.

Результаты всех испытаний ВВЭ должны протоколироваться, для того чтобы иметь возможность обратиться к ним в будущем.

## 2 Методика вычисления пределов эксплуатационных характеристик ВВЭ

Для вычисления пределов эксплуатационных характеристик следует выполнить следующие шаги:

- Определить скорость передачи в тракте.
- Выбрать из таблицы 1a или 1b соответствующие ЭПК для каждого параметра помехозащищенности (ESR, SESR и BBER).
- Определить все ВЭТ для полного тракта и установить  $N$  = общему числу ВЭТ.
- Определить длину  $d$  для каждого ВЭТ. $n$  ( $n = 1-N$ ). Длина  $d$  либо равна фактической длине тракта, либо вычисляется при помощи умножения длины большого круга между оконечными точками тракта на соответствующий коэффициент тракта  $Rf$  (см. примечание 3 выше).

- Взять из таблицы 2 параметр распределения  $a_n\%$  (как процент целого сквозного ЭПК) для ВЭТ. $n$  ( $n = 1-N$ ). Заметим, что распределения в таблице 2 имеют максимальные значения; по двустороннему или многостороннему соглашению могут быть использованы более строгие значения.

- Вычислить распределение для тракта  $A\%$ , где:

$$A\% = \sum_{1}^N a_n\% .$$

- Определить требуемый период испытаний (ТР) в соответствии с п. *рекомендует* 5 (24 часа или 7 дней).

Выразить ТР в секундах, например  $TR = 86\,400$  с для 24 часов и  $TR = 604\,800$  с для 7 дней.

- Вычислить РПК для требуемых значений секунд с ошибками и секунд, пораженных ошибками, с использованием уже полученных данных:

$$РПК = A\% \times ЭПК\% \times TR \div 100 \text{ (преобразовать } A\% \text{ в коэффициент)}$$

- Вычислить ПКВВЭ для тракта:

$$ПКВВЭ = РПК/Fm,$$

где  $Fm$  представляет собой запас на техническое обслуживание (см. п. 3 раздела *рекомендует*).

- Для  $TR = 24$  ч, вычислить значения  $S1$  и  $S2$  для каждого параметра помехозащищенности:

$$S1 = ПКВВЭ - 2 \times \sqrt{ПКВВЭ}$$

$$S2 = ПКВВЭ + 2 \times \sqrt{ПКВВЭ}$$

Округлить полученные значения  $S1$  и  $S2$  до ближайших целых чисел.

В некоторых случаях предельные величины ВВЭ отличны от нуля, тогда как предельные величины секунд с ошибками (ES) равны нулю либо ошибочны (т. е. не обеспечивают 95% надежности того, что ПКВВЭ будут соблюдаться долгое время). Как правило, рекомендуется, чтобы в случае ошибочности предельных величин ES проводились более длительные испытания. В любом случае испытания ВВЭ не могут быть приняты, если существует более 1 ES.

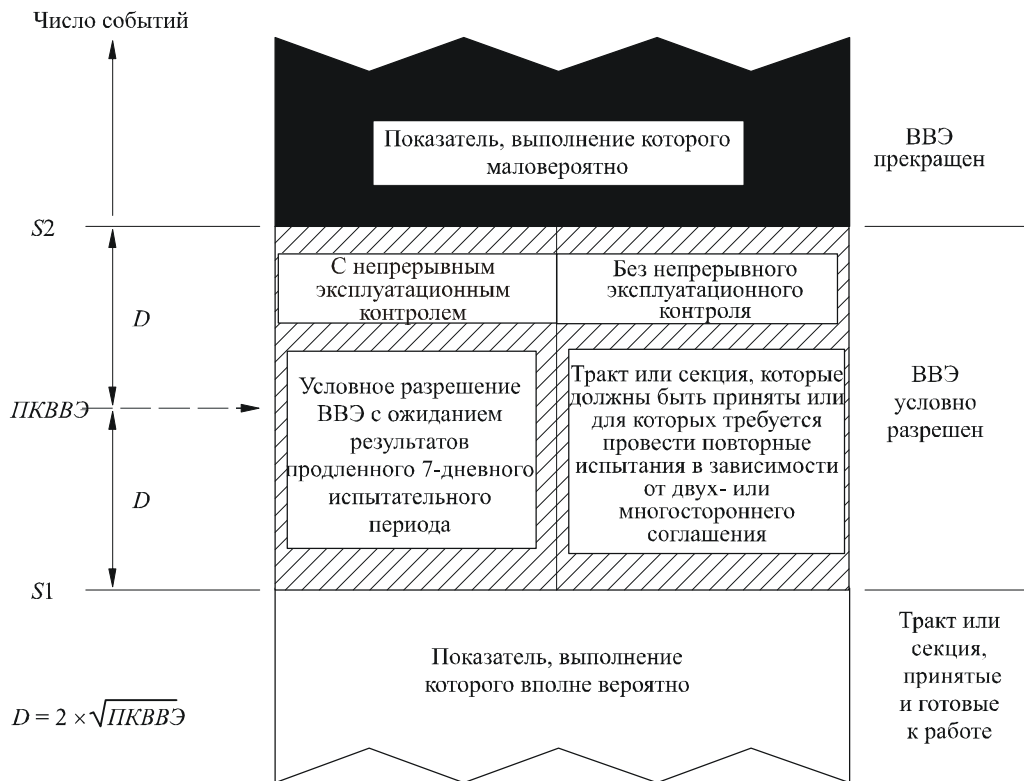
Заметим, что из-за нелинейности величин  $S1$  и  $S2$  при изменении любого ВЭТ тракта весь процесс вычислений должен быть повторен сначала.

Процесс вычислений для систем передачи ПЦИ и мультиплексных участков СЦИ может быть одинаковым, только величина  $Fm$  должна выбираться исходя из п. 4 раздела *рекомендует*.

### 3 Пределы и условия ВВЭ

Получение результатов испытаний ВВЭ с использованием предельных значений эксплуатационных характеристик  $S1$  и  $S2$ , вычисленных с использованием методики, изложенной в п. 2, подробно описывается далее в пп. 3.1, 3.2, 3.3 и иллюстрируется на рис. 1.

РИСУНОК 1



1330-01

### 3.1 ВВЭ радиотрактов и участков, не контролируемых во время эксплуатации (без непрерывного эксплуатационного контроля)

Два шага процедуры испытаний ВВЭ, описанной выше, должны быть выполнены с использованием измерительного оборудования. По окончании шага 2 испытаний возможно развитие по следующим сценариям:

- если все параметры помехозащищенности меньше или равны их соответствующим значениям  $S_1$ , то считается, что радиотракт или участок готовы к эксплуатации;
- если какой-либо параметр помехозащищенности (или все параметры) больше или равны их соответствующим значениям  $S_2$ , то ввод тракта или участка в эксплуатацию отменяется, и начинается выполнение процедуры локализации неисправности;
- если также какой-либо параметр помехозащищенности (или все параметры) больше их соответствующих значений  $S_1$ , но все величины меньше, чем их соответствующие значения  $S_2$ , то, в зависимости от двустороннего или многостороннего соглашения, радиотракт или участок могут либо считаться условно принятыми, либо требовать повторных испытаний.

### 3.2 ВВЭ радиотрактов и участков, непрерывно контролируемых во время эксплуатации (с непрерывным эксплуатационным контролем)

Должны быть выполнены два шага процедуры испытаний ВВЭ, описанной выше в пп. 1.1 и 1.2. По окончании шага 2 испытаний развитие событий возможно по следующим сценариям:

- если все параметры помехозащищенности меньше или равны их соответствующим значениям  $S_1$ , то считается, что радиотракт или участок готовы к эксплуатации;



- если какой-либо параметр помехозащищенности (или все параметры) больше или равны их соответствующим значениям  $S_2$ , то ввод тракта или участка в эксплуатацию отменяется и начинается выполнение процедуры локализации неисправности;
- если также какой-либо параметр помехозащищенности (или все параметры) больше их соответствующих значений  $S_1$ , но все параметры меньше, чем их соответствующие значения  $S_2$ , то радиотракт или участок могут считаться условно принятыми, и назначаются дополнительные 7-дневные испытания ВВЭ.

### 3.3 Описание дополнительных 7-дневных испытаний ВВЭ

Расширенные 7-дневные испытания ВВЭ могут применяться для радиотрактов или их участков:

- работающих в нормальных условиях распространения, с доступной функцией непрерывного контроля эксплуатации и имеющих небольшие отклонения от заданного качества во время 24-часовых испытаний, т. е. какой-либо параметр помехозащищенности (или все параметры) больше их соответствующих значений  $S_1$ , но все параметры меньше, чем их соответствующие значения  $S_2$ ;
- на новых трассах, где поведение радиотрактов или их участков при неблагоприятных условиях распространения радиоволн еще не изучено.

При проведении 7-дневных испытаний ВВЭ первые 24 часа (шаг 2) должны быть включены в 7-дневный период. Для изучения неблагоприятных условий распространения радиоволн 7-дневные испытания ВВЭ должны быть проведены для всех радиотрактов, подлежащих тестированию при ВВЭ.

По окончании этих испытаний результаты измерений не должны превышать ПКВВЭ, установленных для 7 дней, вычисленных по методике, описанной в п. 2. Возможны следующие два варианта развития событий:

- если все параметры помехозащищенности меньше или равны их соответствующим значениям ПКВВЭ для 7-дневных испытаний, то считается, что радиотракт или участок готовы к эксплуатации;
- если в течение 7-дневного испытательного периода какой-либо параметр помехозащищенности (или все параметры) превышены при нормальных условиях распространения, то радиотракт не готов к эксплуатации и начинается выполнение процедуры локализации неисправности.

В случае, если не зафиксированы аномальные условия, то ввод в эксплуатацию тракта отменяется.

**ПРИМЕЧАНИЕ.** – Если в течение 7-дневного испытательного периода какой-либо параметр помехозащищенности (или все параметры) превышены не более двух раз в течение периода с неблагоприятными условиями распространения, то для окончательного решения о готовности тракта или его участка к эксплуатации при согласении заинтересованных сторон могут быть проведены дополнительные 7-дневные испытания.