

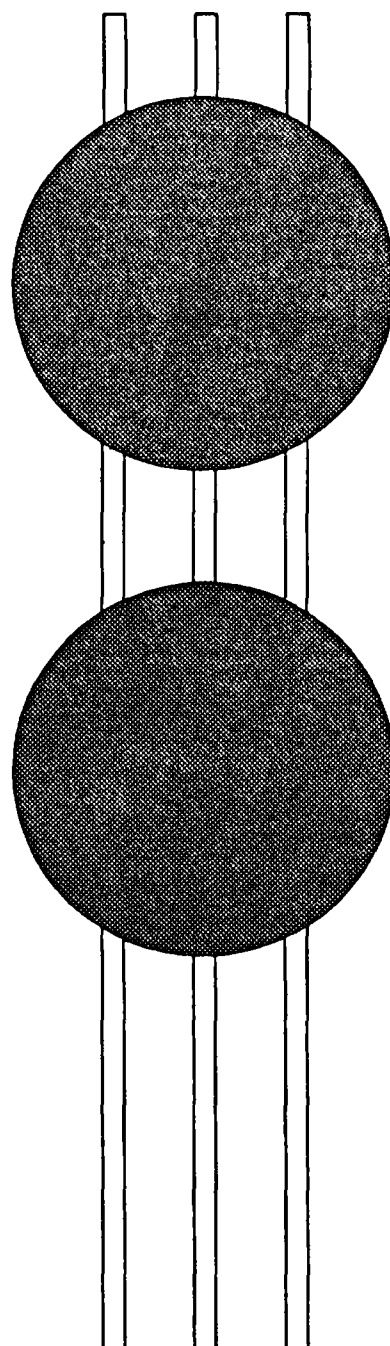


МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

РЕКОМЕНДАЦИИ МККР, 1992 г.

(Новые и пересмотренные на 8 марта 1992 г.)

Серия **RF**
ФИКСИРОВАННАЯ
СЛУЖБА



МККР МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНСУЛЬТАТИВНЫЙ КОМИТЕТ ПО РАДИО

ISBN 92-61-04574-X

Женева, 1992 г.

© МСЭ 1992

Все права сохранены. Никакая часть данной публикации не может быть воспроизведена или использована в какой бы то ни было форме или с помощью каких-либо средств, электронных либо механических, включая изготовление фотокопий и микрофильмов, без письменного разрешения МСЭ.



Recommendation 240-6 (1992)

Signal to interference protection ratios for various classes of emission in the fixed service below about 30 MHz [Russian version]

Extract from the publication:

CCIR Recommendations: RF series: Fixed Service
(Geneva: ITU, 1992), pp. 233-254

This electronic version (PDF) was scanned by the International Telecommunication Union (ITU) Library & Archives Service from an original paper document in the ITU Library & Archives collections.

La présente version électronique (PDF) a été numérisée par le Service de la bibliothèque et des archives de l'Union internationale des télécommunications (UIT) à partir d'un document papier original des collections de ce service.

Esta versión electrónica (PDF) ha sido escaneada por el Servicio de Biblioteca y Archivos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) a partir de un documento impreso original de las colecciones del Servicio de Biblioteca y Archivos de la UIT.

(ITU) للاتصالات الدولي الاتحاد في والمحفوظات المكتبة قسم أجراه الضوئي بالمسح تصوير نتاج (PDF) الإلكترونية النسخة هذه والمحفوظات المكتبة قسم في المتوفرة الوثائق ضمن أصلية ورقية وثيقة من ثقلًا.

此电子版（PDF版本）由国际电信联盟（ITU）图书馆和档案室利用存于该处的纸质文件扫描提供。

Настоящий электронный вариант (PDF) был подготовлен в библиотечно-архивной службе Международного союза электросвязи путем сканирования исходного документа в бумажной форме из библиотечно-архивной службы МСЭ.

РАЗДЕЛ 3А: РАДИОСИСТЕМЫ В ЦЕЛОМ

3А а: Технические характеристики

РЕКОМЕНДАЦИЯ 240-6*

ЗАЩИТНЫЕ ОТНОШЕНИЯ СИГНАЛ/ПОМЕХА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КЛАССОВ ИЗЛУЧЕНИЙ
В ФИКСИРОВАННОЙ СЛУЖБЕ НА ЧАСТОТАХ НИЖЕ ОКОЛО 30 МГц

(Вопрос 143/9)

(1953—1956—1959—1970—1974—1978—1986—1990—1992)

МККР,

учитывая,

что необходимо знать защитные отношения сигнал/помеха для различных классов излучений,

рекомендует,

1. чтобы значения защитных отношений сигнал/помеха при устойчивых условиях, ниже которых имеют место вредные помехи, представленные в таблице 1, рассматривались в настоящее время в соответствии с указанными видами излучений;
2. продолжить исследования для получения значений защитных отношений сигнал/помеха при устойчивых условиях, которые отсутствуют в таблице, и для проверки значений, которые имеются в таблице 1;
3. продолжить исследования в связи с Рекомендацией 339 с целью определения, могут ли быть приняты временные значения по допускам на замирания или они должны быть пересмотрены;
4. чтобы вместе с тем указанные значения могли рассматриваться как предварительные полные допуски на замирания (комбинированные защитные коэффициенты на замирание и коэффициенты интенсивности флуктуаций) и могли использоваться в качестве руководства совместно с величинами защитных отношений сигнал/помеха (для устойчивых условий) в соответствии с различными классами излучений;
5. чтобы при измерении защитных отношений для класса излучения J3E учитывалось приложение 1;
6. чтобы при расчете значений коэффициентов преобразования для определения защитных отношений учитывалось приложение 2;
7. чтобы при измерении защитных отношений и минимально необходимого частотного разнеса для класса излучения J7B учитывалось приложение 3.

Примечание 1. — Использование рекомендуемых значений позволяет только определить ожидаемую оценку, которая должна быть откорректирована для линий радиосвязи различной протяженности в зависимости от степени необходимого обслуживания и от конкретных условий распространения сигналов по этим радиоприемам. При вычислении защитного коэффициента от замираний для быстрых и кратковременных замираний было использовано логарифмически нормальное распределение амплитуды принимаемого замирающего сигнала (используя 7 дБ для отношения среднего уровня к уровню, превышаемому для 10% или 90% времени), за исключением систем автоматической высокоскоростной телеграфии, для которых защита вычислена, исходя из предположения рэлеевского распределения.

* Данная Рекомендация должна быть доведена до сведения МКРЧ и 1-й Исследовательской комиссии.

Примечание 2. — В колонке 1 таблицы 1 для каждого мешающего сигнала представлена величина защитного отношения как отношение полезный/мешающий сигнал, мощность которых выражается в виде пиковых значений огибающей мощности (P_X), когда полоса мешающего излучения либо полностью попадает в полосу пропускания приемника, либо полностью перекрывает ее.

Когда один из сигналов выражается через среднюю мощность (P_Y) или мощность несущей (P_Z), соответствующее значение защитного отношения может быть получено приближенно на основе коэффициентов преобразования, приведенных в Рекомендации 326.

Примечание 3. — В колонках 2, 3 и 4 таблицы 1 указано частотное разнесение, необходимое между присвоенной частотой полезного сигнала и частотой мешающего сигнала, когда уровень последней составляет соответственно 0,6 и 30 дБ выше уровня полезного сигнала (как определено в пункте 142 Регламента радиосвязи, присвоенная частота находится в центре выделенной полосы частот).

Примечание 4. — Методы обработки сигнала, такие как Линкомпекс, Синкомпекс и т.п., и применение шумоподавителей и заграждающих фильтров может уменьшить влияние помех на радиотелефонные сигналы.

ТАБЛИЦА 1

Минимально требуемые защитные отношения и разное частот

ПОЛЕЗНЫЙ СИГНАЛ	КЛАСС ИЗЛУЧЕНИЯ МЕШАЮЩЕГО СИГНАЛА																			
	Телеграфия										Телеграфия									
	А1А Работа ключом				А1В 50 бод (1)				А1В 100 бод				А2А Работа ключом				А2В 24 бод			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Класс излучения	дВ	кГц			дВ	кГц			дВ	кГц			дВ	кГц			дВ	кГц		
А1А телеграфия, прием на слух	13				13				13								13			
А1В телеграфия, телеграф 50 бод В = 500 Гц	13				11	0.36	0.44	1.41	(2)	(2)	(2)						13			
А1В телеграфия, регистратор 100 и 120 бод В = ...	13				13				13								13			
А2А телеграфия, прием на слух																				
А2В телеграфия 24 бода																				
F1В телеграфия (2), телеграф 50 бод 2D = 200 Гц; H = 500 Гц					1.0	0.2	0.28	0.6	3								7			
F1В телеграфия, телеграф 50 бод 2D = 400 Гц; H = 500 Гц					1.0				(2)	(2)	(2)						7			
F7В телеграфия 200 бод, телеграф с автозапрос. АНҚ 2D = ... H = ...	4				4				4											
F7В телеграфия 200 бод, телеграф с автозапрос. АНҚ 2D = 400 Гц; H = 500 Гц	4				4				(4)	(4)	(4)									
F7В (1), телеграф 50 бод 2D = 1200 Гц H = 1200 Гц	Канал 1																8			8
	Канал 2																18			18
R3С фототелеграфия	16				16				16								16			
F1С фототелеграфия 60 грт, H = 1000 Гц	15				15				15	1.00	1.20						15			
А3Е телефония по двум боковым полосам (2) (3)	13				13				13				1				1			
	двух приемлемое качество																			
	на уровне коммерческого качества	29			29				29				17				17			
	хорошее коммерческое качество	56			56				56				44				44			
Н3Е телефония при работе по одной полосе с подавленной несущей (2) (3) (4)	7				7				7				-5				-5			
	двух приемлемое качество																			
	на уровне коммерческого качества	23			23				23				11				11			
	хорошее коммерческое качество	50			50				50				38				38			
Н3Е телефония при работе по одной боковой полосе с ослабленной несущей (2) (3) (4)	2				2				2				-10				-10			
	двух приемлемое качество																			
	на уровне коммерческого качества	18			18				18				6				6			
	хорошее коммерческое качество	45			45				45				33				33			
Н3Е телефония при работе по одной боковой полосе с подавленной несущей (2) (3) (4)	1				1				1				-11				-11			
	двух приемлемое качество																			
	на уровне коммерческого качества	17			17				17				5				5			
	хорошее коммерческое качество	44			44				44				32				32			
Н3В телефония при работе по двум независимым полосам с ослабленной или подавленной несущей (2) (3) (4)	7				7				7				-5				-5			
	двух приемлемое качество																			
	на уровне коммерческого качества	23			23				23				11				11			
	хорошее коммерческое качество	50			50				50				38				38			
J2Н																				
H2А/H2В																				
J7В многоканальная тональная телеграфия 250-8000 Гц	17.5				17.5				17.5								20.5			20.5
J7В многоканальная тональная телеграфия 800-8400 Гц (2)	17.5				17.5	1.7	1.7	8.0	17.5	1.7	1.8	9.1					20.5	1.9	1.9	2.0
R7В многоканальная тональная телеграфия с ослабленной несущей	18.5				18.5				18.5								21.5			21.5

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

КЛАСС ИЗЛУЧЕНИЯ МЕШАЮЩЕГО СИГНАЛА																Предельные значения полями допуска на выработку (°) при защите фидирующего сигнала от мешающего сигнала, вызванного выработкой, и от складывающейся флуктуации (см. примечание (1)) (включены в дБ добавляются к значениям, обозначенным в столбце 1)																	
Телефония				Телеграфия				Многоканальная тональная телеграфия																									
J8E подавленная несущая				B8E ослабленная или подавленная несущая				J3B				H2A/H2B						J7B подавленная несущая 250—3000 Гц				J7B подавленная несущая 300—3400 Гц				R7B ослабленная несущая							
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	без	равноос		
дВ	кГц			дВ	кГц			дВ	кГц			дВ	кГц			дВ	кГц			дВ	кГц			дВ	кГц			дВ	кГц			равноос	равноос
11				5				13				7																					
11				5				13				7																			27 (12)		
11				5				13				7																					
17				11																													
17				11																													
9				3				3				-3																					
9				3				3				-3																			27 (12)		
								4				-2																					
								4				-2																			12 (13)		
								16				10																		20			
								15				9																		20			
18				12				13				7			20		20			19													
30				24				29				23			34		34			33													
51				45				56				50			56		56			55										17 (14)			
12				6				7				1			14		14			13													
24				18				23				17			28		28			27													
45				39				50				44			50		50			49													
7				1				2				-4			9		9			8													
19				13				18				12			23		23			22													
40				34				45				39			45		45			44										17 (14)			
6				0				1				-5			8		8			7													
18				12				7				11			22		22			21													
39				33				44				38			44		44			43										17 (14)			
12				6				7				1			14		14			13													
24				18				23				17			28		28			27													
45				39				50				44			50		50			49													
								17.5				11.5																					
								17.5				11.5																					
								18.5				12.5																					

Примечания к таблице 1:

- * В столбце «Класс излучений» В обозначает ширину полосы приемника, а $2D$ — общий сдвиг частоты.
- (¹) Ширина полосы мешающих сигналов ограничена частотами до 500 Гц.
- (²) Для вероятности ошибки символа $P_e = 0,0001$.
- (³) Для вероятности ошибки символа $P_e = 0,001$.
- (⁴) Для эффективности обмена 90%.
- (⁵) Для телефонии величина защитных отношений для стабильных условий получена на основе информации, содержащейся в приложениях 1 и 2. Значения величин для телефонии в режиме АЗЕ имеют силу только для приема на ОБП приемник.
- (⁶) При использовании шумоподавителя для полезного сигнала значения величин в столбце 1 уменьшаются на ... дБ (подлежит определению).
- (⁷) При использовании оборудования Линкомпеко для полезного сигнала значения величин в столбце 1 уменьшаются на ... дБ (подлежит определению). Когда мешающий сигнал представляет собой телефонную передачу с использованием оборудования Линкомпеко, значения величин в столбце 1 увеличиваются на ... дБ (подлежит определению).
- (⁸) Величины, полученные на основе информации, содержащейся в приложении 3.
- (⁹) Средний коэффициент модуляции 70%; компоненты боковых полос доходят до ± 3 кГц.
- (¹⁰) Комбинированные допуски для коэффициента защиты от замираний и коэффициента интенсивности флуктуации.
- (¹¹) Применено распределение вероятности отношения двух сигналов, замираний которых независимы. Допуск по интенсивности комбинированной флуктуации для двух сигналов был принят равным 7 дБ, что отражает компромисс между допуском 0 дБ, соответствующим случаю заведомо коррелированной интенсивности флуктуаций двух сигналов, и допуском 14 дБ, соответствующим некоррелированной интенсивности флуктуации двух сигналов.
- (¹²) Для защиты в 99,99% времени.
- (¹³) Основано на эффективности обмена 90%.
- (¹⁴) Основано на защите 90%.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Измерение защитных отношений для класса излучения J3E

1. Введение

В соответствии с пунктом 164 Регламента радиосвязи защитные отношения определяются следующим образом:

«Защитное отношение по высокой частоте: определенная при указанных условиях минимальная величина отношения полезного сигнала к мешающему на входе приемника, обычно выраженная в децибелах, которая позволяет получить установленное качество приема полезного сигнала на выходе приемника».

При изучении защитных отношений для речевых видов связи имеются две основные трудности. Одна — определить, какое соотношение мощности сигнала должно быть приложено, и другая — точно определить, какой вид оценки должен быть связан с ухудшением услуги из-за помех.

Программа измерений, описанная в данном приложении, основана на Рекомендации 339, в которой отношения звуковой сигнал/шум (S/N) 33 дБ, 15 дБ и 6 дБ дают градации качества: хорошее коммерческое качество, на уровне коммерческого качества и только приемлемое качество соответственно. Цель состояла в том, чтобы получить отношение звуковой сигнал/помеха (S/I) для различных помех, который дает оценки по методу мнений, соответствующие указанным отношениям сигнал/шум (S/N).

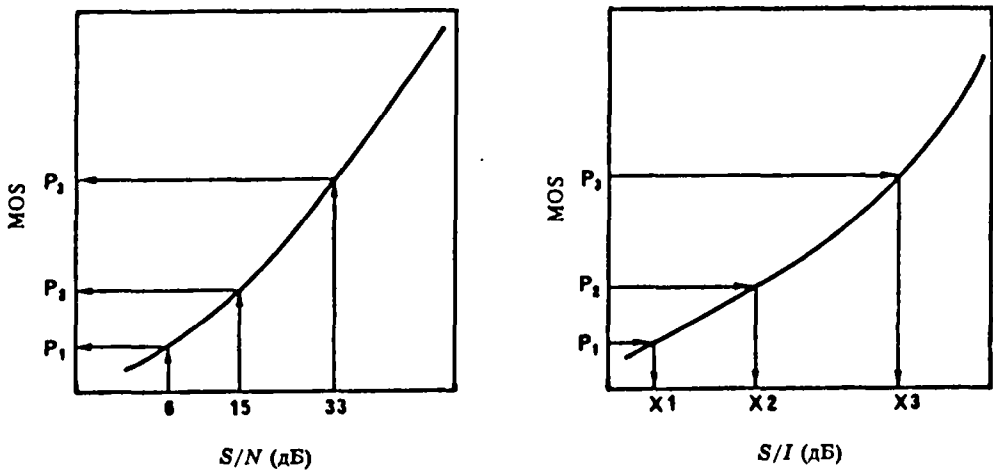
2. Измерения

2.1 Принцип измерений

На основе метода мнений было получено среднее значение мнений (MOS) в зависимости от отношения сигнал/шум (S/N) и MOS в зависимости от отношения сигнал/помеха (S/I). Из этих кривых были получены отношения S/I (X_1, X_2, X_3), соответствующие каждой из приведенных выше градаций качества обслуживания, для соответствующих значений MOS (P_1, P_2, P_3), которые соответствуют отношениям S/N 33 дБ, 15 дБ и 6 дБ (см. Рекомендацию 339). Данный метод показан на рис.1.

РИСУНОК 1

Переход от S/N к S/I через MOS



2.2 Мешающие сигналы

Излучения A1B, F1B, F3C, F7B, J7B и J3E, представленные в таблице 2, в качестве мешающих сигналов добавлялись к полезному сигналу J3E (сигналы мужского и женского голосов японской речи). Центральная частота мешающего сигнала была установлена 1400 Гц, за исключением излучения J7B, которое занимало поло- су частот от 0,3 до 3 кГц.

ТАБЛИЦА 2

Виды мешающих сигналов

Класс излучения	Частотный сдвиг (Гц)	Скорость модуляции (бод)
A1B	—	100
F1B	400	200
F3C	800	(60 прт)
F7B	600	100
J7B	85 на канал	100 на канал
J3E	—	—

2.3 Метод измерений

2.3.1 Испытательные образцы речи и порядок передачи

Как показано в таблице 3, слушателям для оценки было предъявлено в случайном порядке 29 испытательных образцов речи, представляющих 14 различных отношений сигнал/шум (S/N) и 15 разных отношений сигнал/помеха (S/I). Длительность звучания одного испытательного образца речи составляла 5 с и 10 с пауза обеспечивалась между двумя последовательными 5 с образцами. Пауза использовалась слушателями для логифмирования качества речи при обдумывании.

ТАБЛИЦА 3

Пример случайной передачи испытательных образцов речи

Номер образца	Отношение мощностей (дБ)		Порядок передачи
1	S/N	0 ⁽¹⁾	14
2		4	4
3		6	25
4		8	27
5		12	23
6		15 ⁽¹⁾	9
7		20	29
8		24	22
9		28 ⁽¹⁾	18
10		33	24
11		36	16
12		40 ⁽¹⁾	1
13		44	8
14		48 ⁽¹⁾	11
15	S/I	-8	19
16		-4 ⁽¹⁾	10
17		0	26
18		4 ⁽¹⁾	5
19		8 ⁽¹⁾	17
20		12 ⁽¹⁾	7
21		16	12
22		20	15
23		24	20
24		28	3
25		32	21
26		36 ⁽¹⁾	28
27		40	18
28		44 ⁽¹⁾	6
29		48	2

Примечание 1. — Отмеченные выше образцы и порядок передачи использовались для предварительных испытаний в случае мешающего сигнала F1B.

⁽¹⁾ Данные отношения мощностей были выбраны для детальных испытаний.

2.3.2 Среднее значение по методу мнений (MOS)

Качество речи оценивалось по пятибалльной шкале оценок слушателями (см. Дополнение № 2, § 3, Желтой книги МККТТ, Том V) следующим образом:

- 4 полностью свободное восприятие (никаких усилий не требуется)
- 3 требуется внимание (существенных усилий не требуется)

- 2 требуются умеренные усилия
- 1 необходимы существенные усилия
- 0 понимание смысла отсутствует при любых усилиях

MOS вычислялось как среднее значение оценок 12 слушателей-японцев (5 мужчин и 7 женщин).

2.3.3 Условия прослушивания

Стандартные условия, как это представлено в Рекомендации Р.74 МККТТ и Дополнении № 2 и показано ниже, использовались для прослушиваний:

- телефонный аппарат: № 601 (с добавлением местного эффекта)
- уровень шума в помещении: +36 дБ (А)
- уровень звукового давления: 75–80 дБ.

2.3.4 Установка отношений сигнал/шум (S/N) и сигнал/помеха (S/I)

Блок-схема испытаний показана на рис.2. Магнитные ленты, используемые в измерениях, готовились следующим образом:

- речевые сигналы и мешающие сигналы отдельно записывались заранее на аналоговых магнитофонах. Эти сигналы воспроизводились, преобразовались в цифровой поток с помощью аналого-цифрового (А/Д) преобразователя (12 разрядов) и записывались на магнитную ленту (МТ-А) в виде цифровых данных. Частота взятия отсчетов в аналого-цифровом преобразователе (А/Д) составляла 8 кГц;
- в компьютере (CPU) вычислялось среднее значение мощности полезного речевого сигнала, мешающего сигнала и помехи, в также коэффициент α , который обеспечивает требуемое отношение S/I и S/N , по следующей формуле:

$$S/I \text{ (или } S/N) = 10 \log \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i)^2}{\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (\alpha d_k)^2},$$

где

- d_i : цифровые отсчеты амплитуды полезного сигнала;
- d_k : цифровые отсчеты амплитуды мешающего сигнала;
- α : коэффициент для установки отношения S/N или S/I ;

- определенное отношение S/I или S/N для испытательного речевого отсчета (S_i) получалось путем умножения каждого отсчета амплитуды мешающего сигнала (d_k) на коэффициент α и суммированием результата с отсчетом амплитуды полезного сигнала (d_i). Эта сумма (S_i) затем преобразовалась в аналоговый сигнал с помощью цифро-аналогового преобразователя ($S_i = \alpha d_k + d_i$).

Измеренная величина отношений средней мощности к пиковой мощности огибающей сигналов показана в таблице 4.

2.3.5 Определение порядка следования речевых образцов

Пример случайного порядка передачи 29 испытательных образцов показан в таблице 3. Цифровые сигналы каждого отсчета преобразовывались в аналоговые сигналы с помощью цифро-аналогового преобразователя (D/A) и записывались на магнитную ленту В (МТ-В) через 3 кГц полосовой фильтр.

Процесс, описанный выше, осуществлялся автоматически с помощью компьютера.

РИСУНОК 2
Конфигурация испытания

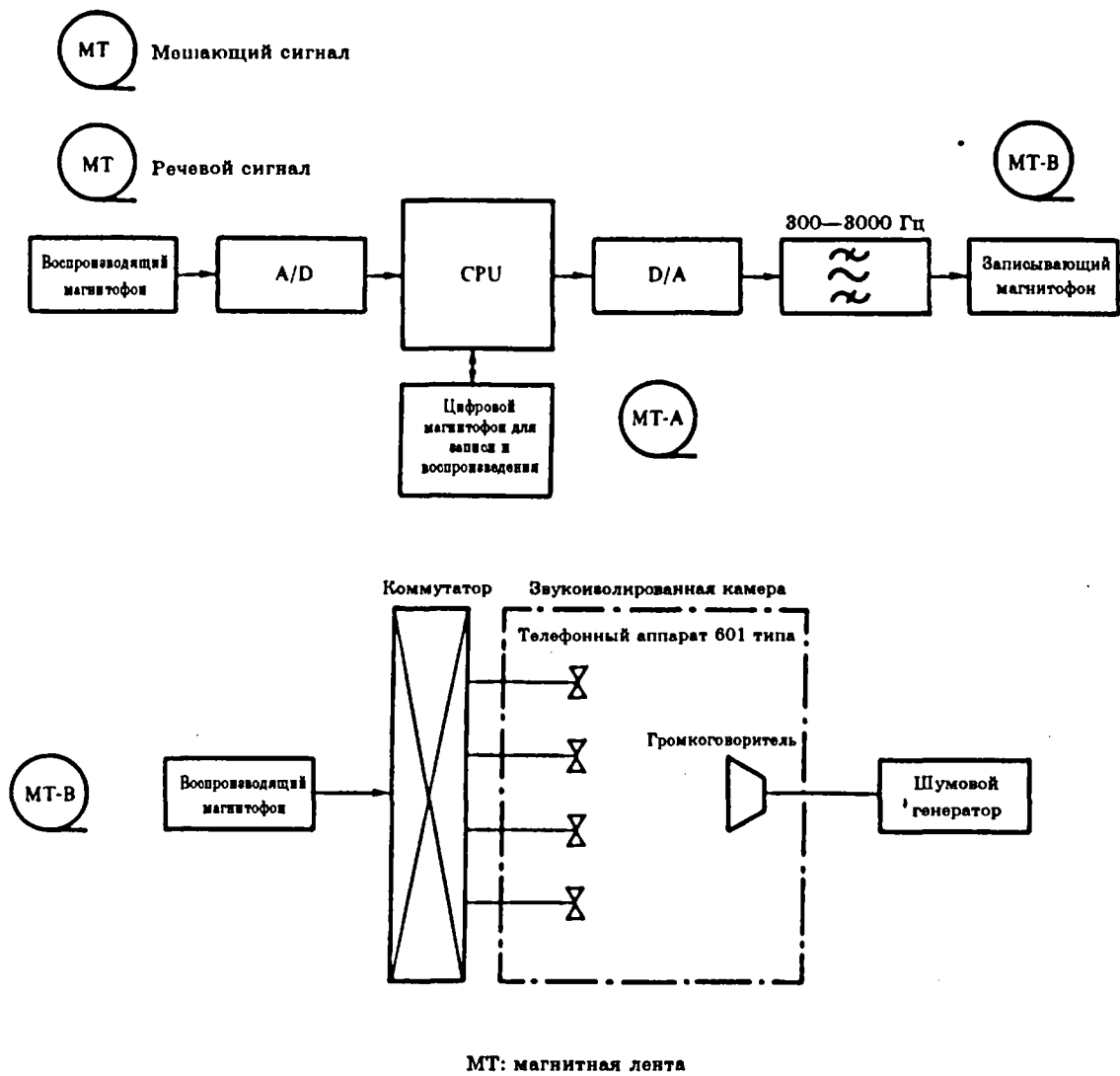


ТАБЛИЦА 4

Измеренные значения отношения средней мощности к пиковой мощности огибающей

Класс излучения	Отношение средней мощности ⁽¹⁾ к пиковой мощности огибающей (дБ)	Отношение средней мощности ⁽²⁾ к пиковой мощности огибающей (дБ)
J3E	-15	-17,5
A1B	0	-8,2
F1B	0	0
J7B	-11	-

⁽¹⁾ Среднее значение мощности усреднялось за время, когда уровень сигнала был выше порога, который был очень малым.

⁽²⁾ Среднее значение мощности усреднялось за все время, включая время, когда сигнал отсутствовал.

3. Результаты измерений

3.1 MOS в зависимости от отношения S/N

Как показано в таблице 3, для каждой группы из 29 речевых отсчетов измерялось среднее значение оценок мнений (MOS) как для отношения S/I , так и для S/N . Данные зависимости MOS от отношения сигнал/шум (S/N) использовались затем для получения отношений S/I , соответствующих градациям качества: едва приемлемое, на уровне коммерческого и хорошее коммерческое качество.

Путем усреднения всех 480 значений MOS для каждого из 14 испытываемых значений отношения S/N было получено среднее значение, имеющее малую ошибку. 95% доверительный интервал, вычисленный для каждого среднего значения S/N , изменялся между 0,072 и 0,039.

Таким образом, полученное среднее значение для 14 значений S/N нанесено на графики рис. 3–8 черными кружками.

3.2 MOS в зависимости от отношения S/I

Аналогично для данных средних значений оценок мнений (MOS) в зависимости от отношения сигнал/помеха (S/I), уровни MOS, соответствующие значениям отношения S/I для каждой из трех градаций качества, получались путем экстраполяции двух средних значений S/I , как показано на рис. 3–8.

На рис. 3–8 каждое значение представляет среднюю величину по 240 испытаниям MOS для каждого отношения S/I , и величины P_1 , P_2 и P_3 соответствуют градациям качества: едва приемлемое, на уровне коммерческого и хорошее коммерческое качество.

Для измерений S/I , с целью увеличения надежности испытаний и экономии времени, подробные испытания были проведены только для ограниченного числа величин S/I (шесть точек, нанесенных на рис. 3–8 в виде черных квадратов); ожидалось, что они дадут значения MOS очень близкие к отношениям S/N , соответствующим трем градациям качества.

Величина доверительного интервала, вычисленного по всем измерениям MOS в зависимости от отношения S/I , находилась в диапазоне от 0,06 до 0,117 для испытаний J7B.

4. Обсуждение результатов

4.1 MOS

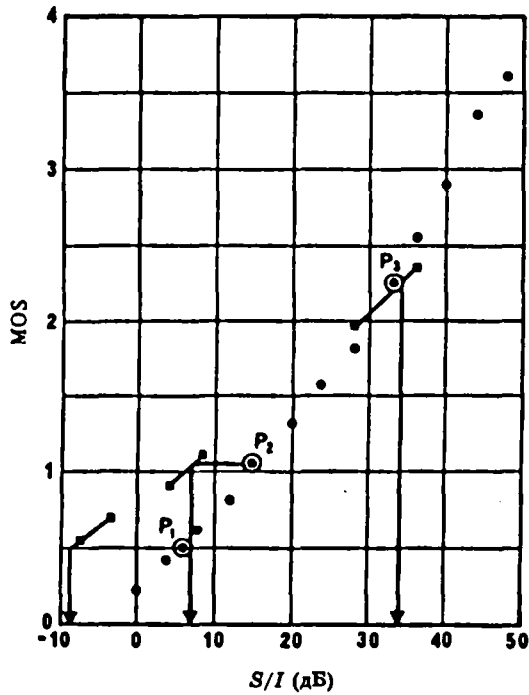
Интересно отметить, что кривые MOS в зависимости от S/I и MOS в зависимости от S/N пересекаются при определенных отношениях S/I и S/N , как показано на рис. 3–8. Об этом не делались предположения до проведения испытаний. Например, в случае, когда в качестве мешающих сигналов выступали излучения F1B или A1B, шум ощущался более неприятно в сравнении с помехой при малых отношениях S/I . С другой стороны, мешающий сигнал был более раздражающим в сравнении с гауссовым шумом, когда отношение S/I было большим, поскольку мешающий сигнал легко распознавался.

4.2 Защитные отношения

Основываясь на вышеприведенных результатах измерений, были получены требуемые отношения S/I для класса излучений J3E в зависимости от различных мешающих сигналов, которые представлены в таблице 5. Для получения защитных отношений на радиочастоте для излучений класса J3E необходимо преобразовать значения в таблице 5, используя взаимосвязь между отношениями мощностей различных видов мешающих излучений. Коэффициенты преобразования для получения защитных отношений по различным видам излучения в зависимости от разных мешающих сигналов рассматриваются в приложении 2.

РИСУНОК 3

MOS для речевого сигнала при помехе типа A1B



Примечание 1. — * на рис. 3 — * представляют значения MOS в зависимости от отношений S/N (дБ).

Примечание 2. — P_1 , P_2 и P_3 представляют градации качества едва приемлемое, на уровне коммерческого и хорошее коммерческое качество, соответственно.

РИСУНОК 4

MOS для речевого сигнала при помехе типа F1B

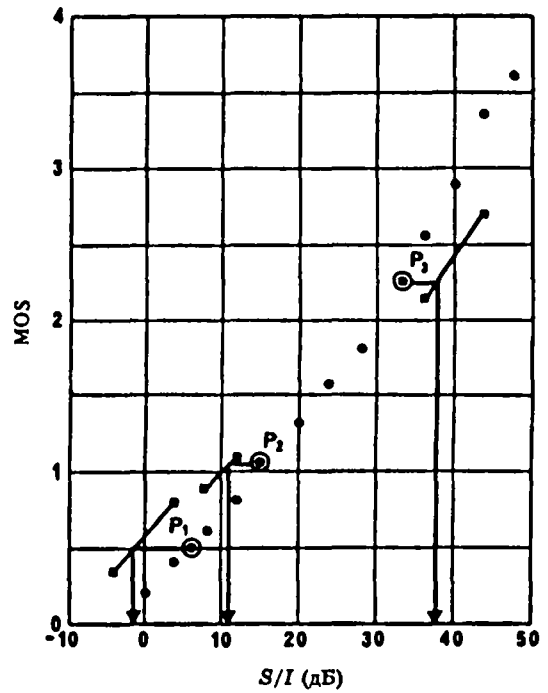


РИСУНОК 5

MOS для речевого сигнала при помехе типа F3C

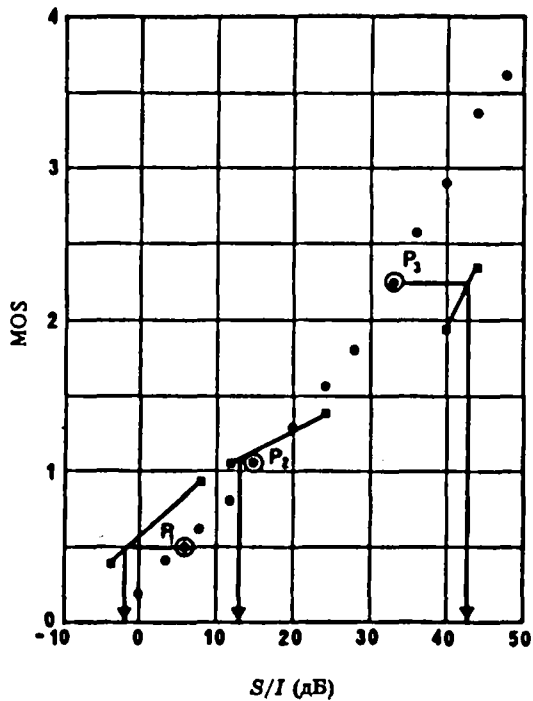


РИСУНОК 6

MOS для речевого сигнала при помехе типа F7B

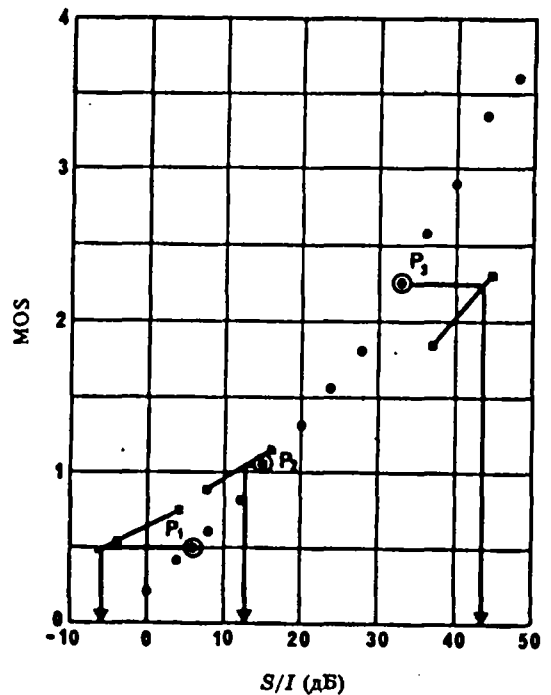


РИСУНОК 7

MOS для речевого сигнала при помехе типа J7B

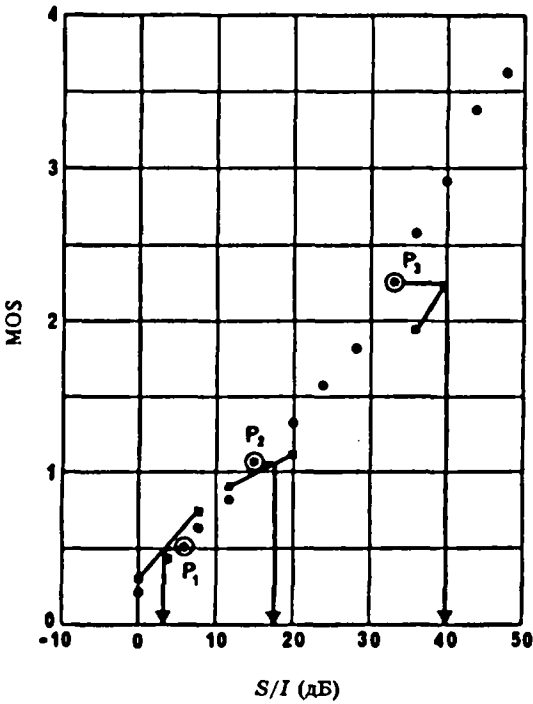


РИСУНОК 8

MOS для речевого сигнала при помехе типа J3E

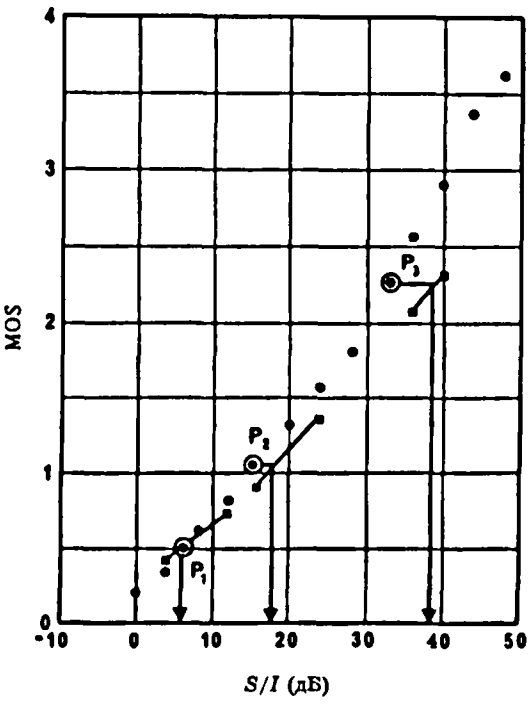


ТАБЛИЦА 5

Требуемые отношения S/I для класса излучений J3E в зависимости от различных мешающих сигналов

Тип мешающего сигнала	Требуемое отношение S/I (дБ)		
Класс излучения	Едва приемлемое	На уровне коммерческого	Хорошее коммерческое
A1B	-9 (-17)	7 (-8)	34 (10)
F1B	-1 (-6)	11 (8)	38 (21)
F3C	-2 -	18 -	43 -
F7B	-5 -	18 -	44 -
J7B	-4 -	18 -	40 -
J3E	-6 -	18 -	39 -
Белый гауссов шум	6 (5)	15 (14)	33 (32)

Примечание 1. — Значения в скобках в каждом столбце — это защитные отношения, представленные в Отчете 525 (Дюссельдорф, 1990) 1-й Исследовательской комиссии.

Примечание 2. — Мощность звукового сигнала классов излучений A1B и J3E измерялась в то время, когда сигнал превышал определенный пороговый уровень.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Коэффициенты преобразования для определения защитных отношений

1. Введение

Защитные отношения для классов излучений J3E, R3E, H3E, A3E и B8E (радиотелефония) приведены в таблице 1. Эти значения получены на основе результатов измерений защитных отношений для класса J3E, приведенных в приложении 1.

В данном приложении описывается преобразование средней мощности по результатам измерений, содержащимся в приложении 1, в защитные отношения, приведенные в настоящей Рекомендации. Эти защитные отношения выражаются в виде пиковых значений огибающей мощности (PX).

Защитные отношения для излучений, отличных от телефонной работы, как например A1A, A1B, A2A, A2B, F1B, F7B, R3C, F3C, J7B и R7B, могут также быть получены, применяя концепцию коэффициентов преобразования.

2. Расчет защитных отношений

2.1 Метод вычислений

Защитные отношения для различных радиотелефонных сигналов могут быть получены на основе требуемых отношений S/I для класса излучений J3E в зависимости от различных мешающих сигналов, представленных в таблице 5 приложения 1, и коэффициентов преобразования, представленных в таблице 6 для случая, когда мешающие сигналы являются радиотелефонными. Для случая, когда мешающие сигналы являются радиотелефонными, должны применяться следующие коэффициенты преобразования:

- в случае излучений класса F1B, F7B и F3C мощность PX эквивалентна средней мощности (PY);
- PX излучения J7B на 6 дБ больше PY;
- PX излучения R7B на 7 дБ больше PY;
- PX для излучений A1B и J2B (несущая очень малого уровня) на 3 дБ больше PY;
- PX для излучений H2A/H2B на 6 дБ больше PY и равно PX для излучения класса J2B;
- PX для излучения R3C на 1 дБ больше PY;
- PX излучений A1A и A1B (50 бод) та же, что и для излучения A1B (100 бод);
- PX излучения A2A та же, что и для излучения A2B;
- помехи от излучений F1B или F7B одинаковые вне зависимости от скорости передачи в канале и частотного сдвига.

2.2 Излучение класса J3E

Приведенные в таблице 5 значения – 1, 11 и 38 дБ соответствуют едва приемлемому качеству, на уровне коммерческого и хорошему коммерческому качеству, когда мешающий сигнал представляет собой излучение класса F1B со скоростью работы 200 бод и частотном сдвиге 400 Гц.

Поскольку мощность передачи обычно определяется как пиковая мощность огибающей (PX), практически используемое защитное отношение следует выражать как отношение пиковых мощностей огибающих (PX). Тогда защитные отношения для класса излучения J3E, выраженные как отношение PX для стабильных условий, составляют 9, 21 и 48 дБ, поскольку отношение мощностей PX и PY равно 10 и 0 дБ для классов излучения J3E и F1B, соответственно.

ТАБЛИЦА 6

Коэффициенты преобразования

Класс излучения	$PX-PZ$ (дБ)	$PX-P_{ув}$ (дБ)	$P_{ха}-P_{ув}$ (дБ)	$PX-P_{ха}$ (дБ)
J3E	> 40	10	10	0
R3E	20	11	10	1
H3E	6	16	10	6
A3E	6	22	10	12
B8E	> 40 или 20	16	10	6

 PX : пиковая мощность огибающей PZ : мощность несущей $P_{ха}$: пиковая мощность огибающей одного речевого канала, то есть мощность эталонного синусоидального сигнала $P_{ув}$: среднее значение мощности одного речевого канала

2.3 Излучения классов R3E, H3E и A3E

Пиковая мощность огибающей (PX) для классов излучения R3E, H3E и A3E на 1, 6 и 12 дБ выше соответственно в сравнении с PX излучения J3E, когда PX одной боковой полосы эквивалентна эталонной мощности. Поэтому защитные отношения для излучений R3E, H3E и A3E должны быть на 1, 6 и 12 дБ выше в сравнении с защитными отношениями для излучения J3E.

Защитные отношения для класса излучения A3E, полученные с использованием приведенных выше коэффициентов преобразования, могут применяться только в случае приема на ОБП приемник, поскольку допускается, что центральная частота мешающего сигнала на 1,4 кГц выше частоты несущей излучения A3E.

2.4 Излучение класса B8E

Для класса излучения B8E многоканальной работы делается допущение о том, что защитное отношение получается, когда один из каналов полезного излучения отражается мешающим излучением. В этом случае полоса частот, занимаемая мешающим сигналом, либо целиком попадает в полосу примерно 3 кГц для одного речевого канала, либо полностью перекрывает ее. Защитные отношения для излучений B8E многоканальной работы могут быть получены с использованием коэффициентов преобразования, приведенных в таблице 6.

Когда мощность PX одного речевого канала излучения B8E эквивалентна мощности излучения J3E, то PX излучения B8E становится на 6 дБ выше PX излучения J3E. Это означает, что защитное отношение для излучения B8E при 2 или 4-канальной работе будет на 6 дБ выше, чем для излучения J3E.

Когда излучения R3E, B8E или J3E являются мешающими сигналами, защитное отношение для излучений B8E при многоканальной работе может быть получено за счет использования коэффициентов преобразования, имеющихся в таблице 6, полагая, что частоты несущих полезного и мешающего сигналов равны, и влиянием несущих полезного и мешающего сигналов можно пренебречь.

3. Допущения по коэффициентам преобразования

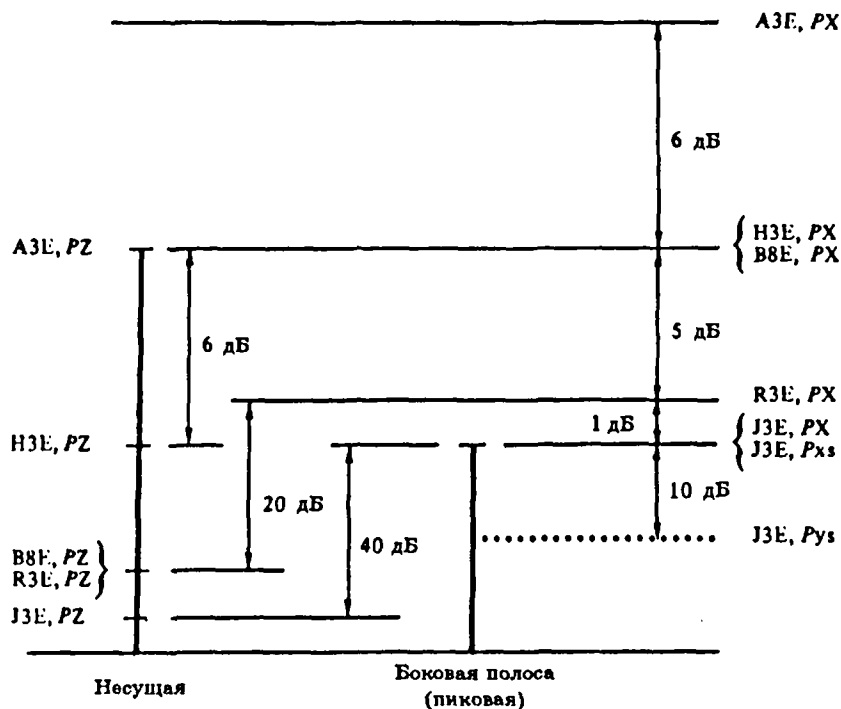
При подготовке таблицы 6 и рис. 9 были введены следующие допущения.

3.1 Излучение J3E

Для класса излучения J3E мощность сигнала одной боковой полосы, соответствующая 100% модуляции, такая же, что и пиковая мощность огибающей.

РИСУНОК 9

Взаимосвязь между P_X , P_Y , P_Z , P_{Xs} и
 P_{Ys} излучений J3E, R3E, H3E, A3E и B8E



3.2 Излучение R3E

Для излучения R3E применяется пилот-несущая -20 дБ относительно пиковой мощности огибающей и мощность сигнала боковой полосы, соответствующая 100% модуляции, на 1 дБ ниже пиковой мощности огибающей (см. Рекомендацию 339, примечание 24 к таблице 1).

3.3 Излучение H3E

Для излучения H3E мощность сигналов боковой полосы и пилот-несущей, соответствующая 100% модуляции, составляет -6 дБ каждая относительно пиковой мощности огибающей. Для приема применяется ОБП приемник (см. Рекомендацию 339, примечание 23 к таблице 1).

3.4 Излучение A3E

Для излучения A3E используется несущая -6 дБ относительно пиковой мощности огибающей и мощность сигнала боковой полосы, соответствующая 100% модуляции, на 6 дБ ниже мощности несущей. Для приема применяется ОБП приемник.

3.5 Излучение B8E

Для излучения B8E при многоканальной работе за эталон принимается мощность синусоидального колебания, которая модулирует передатчик на одну четверть (-6 дБ) его пиковой мощности огибающей.

При 3- или 4-канальной работе излучения B8E предполагается, что независимые модулирующие сигналы подаются на каждый канал (см. Рекомендацию 326, примечания 2 и 3 к таблице 1).

3.6 Средняя мощность речевого сигнала

Для безэмоционально читаемого текста средняя величина мощности речевого сигнала на 10 дБ ниже мощности эталонного синусоидального сигнала (см. Рекомендацию 326, примечание 2 к таблице 1).

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Измерение защитных отношений и минимально необходимого частотного разнеса для класса излучения J7B

1. Введение

В Рекомендации 240 (Женева, 1982 г.) определяется *необходимый частотный разнос* как разнос между «присвоенной частотой полезного сигнала и частотой мешающего сигнала, когда уровень последнего составляет соответственно на 0, 6 и 30 дБ большую величину по отношению к полезному сигналу» (в пункте 142 Регламента радиосвязи присвоенная частота определяется как «средняя частота полосы частот, присвоенной станции»).

Один из наиболее обещающих методов цифровой связи в ВЧ диапазоне заключается в передаче отдельных цифровых потоков методом частотной модуляции (ЧМ) поднесущих в полосе тональной частоты в одном мультиплексном радиоканале. В соответствии с Регламентом радиосвязи рабочие режимы могут соответствовать классам излучений J7B и R7B. Все возможные виды работы, использующие частоты в полосе канала тональных частот, следует рассматривать как мешающие сигналы, для того чтобы рассчитать защитные отношения.

Теоретическая оценка влияния мешающих сигналов на сигналы многоканальной телеграфии в общем случае представляет собой сложную нелинейную задачу анализа в условиях нестабильного канала, которая может быть решена только при определенных упрощениях.

В данном приложении представлены экспериментальные данные, полученные для стабильных условий при влиянии мешающих сигналов классов излучений A1B, F1B и F7B, которые широко используются для передачи цифровой информации в ВЧ диапазоне, на полезный сигнал класса J7B.

2. Эксперимент

2.1 Измерение защитных отношений

На практике защитные отношения могут быть получены с помощью схемы, представленной на рис. 10.

В качестве полезного сигнала использовался сигнал класса излучения J7B. Сигнал основной полосы в полосе частот 300 – 3400 Гц был составлен из шести независимых подканалов на частотах, заданных соотношением:

$$f_n = 600 + (n - 1) 480 \text{ Гц},$$

где n — число подканалов, то есть 600 Гц, 1080 Гц, 1560 Гц, 2040 Гц, 2520 Гц и 3000 Гц. Частоты расставлены в соответствии с Рекомендацией R.38A МККТТ. Полоса пропускания частот канального фильтра была 270 Гц.

Цифровая информация передавалась в каждом подканале со скоростью 200 бит/с с помощью узкополосной частотной модуляции на поднесущей частоте f_n с индексом модуляции 0,6. В эксперименте в качестве источников цифровой информации использовались шесть независимых псевдослучайных генераторов, которые вырабатывали рекуррентные импульсные последовательности из 511 разрядов.

Таким образом, полезный сигнал на выходе передатчика модема имеет эффективную полосу частот 300 – 3400 Гц (в соответствии с Рекомендацией R.38A МККТТ) и постоянную среднюю мощность. Этот сигнал использовался для модуляции радиопередатчика в режиме однополосной передачи с подавленной несущей.

Характеристики основных мешающих сигналов приведены в таблице 7.

Мешающие сигналы были получены непосредственно от возбудителя радиопередатчика, предназначенного для работы в исследуемом классе излучения (таблица 7).

Цифровые сигналы от генераторов псевдослучайной последовательности (аналогично полезному сигналу, который действует на выходе модема) передавались на вход возбудителя со скоростями передачи 50, 100 и 200 бит/с. Влияние помехи на полезный сигнал вычислялось по каждому отдельному классу излучения мешающего сигнала путем смены режима работы возбудителя.

Поскольку целью настоящего исследования было определение защитных отношений для стабильных условий, то радиопередатчики могли быть непосредственно соединены со входом приемника.

РИСУНОК 10

Схема, используемая для измерения защитных отношений

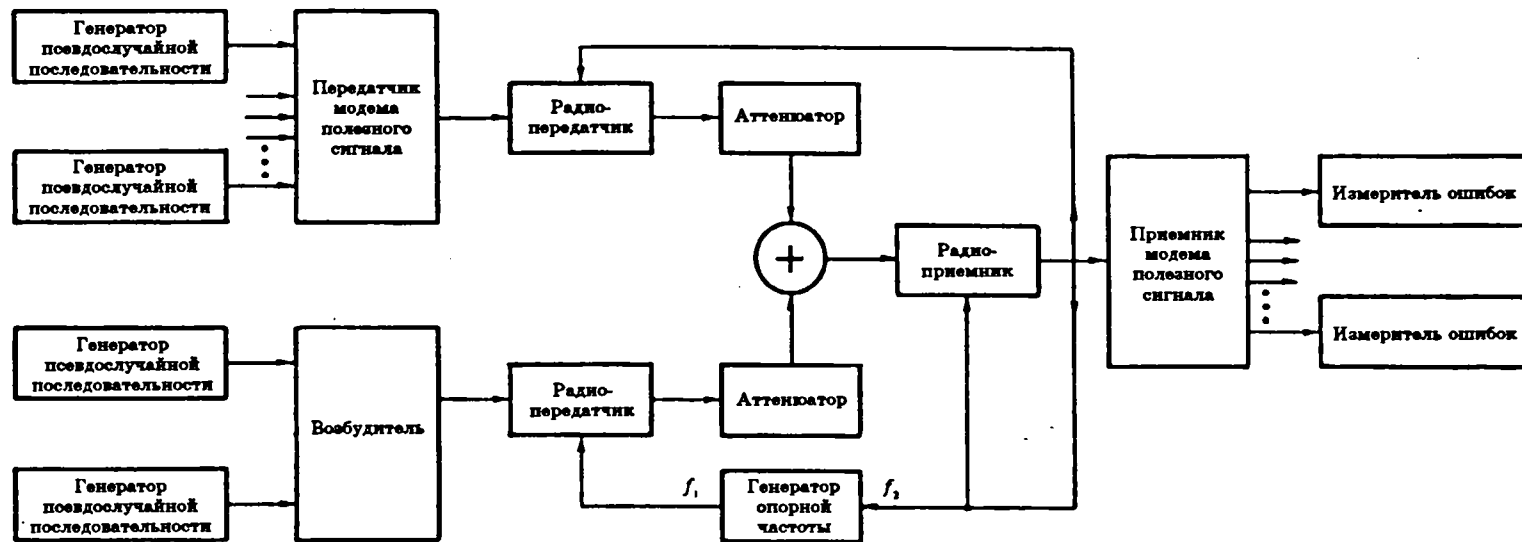


ТАБЛИЦА 7
Характеристики основных мешающих сигналов

Мешающий сигнал	Общий частотный сдвиг, $2D$ (Гц)	Скорость манипуляции (бит/с)
A1B, телеграфия		50
		100
F1B, телеграфия (один канал)	200	50
	400	
	400	100
	500	100
		200
F7B, телеграфия (два подканала в полосе частот 300–8400 Гц)	1 500	2×100
	3 000	2×200

В силу того что определение защитных отношений включает получение минимального отношения сигнал/помеха, при котором заданное качество линии обеспечивается для каждого подканала и так как спектр помехи уже спектра многоканального сигнала, то в экспериментальной схеме предусмотрена возможность изменения рабочей частоты f_1 радиопередатчика по отношению к частоте f_2 однополосного приемника с помощью генератора опорной частоты с шагом в 100 Гц. Таким образом, при шаге в 100 Гц и центральных частотах подканалов 600, 1080, 1560, 2040, 2520 и 3000 Гц центральная частота помехи сдвигалась относительно центральной частоты подканалов на 20, 40, 60, 80 и 100 Гц, соответственно.

Это делает возможным зафиксировать точку наибольшего влияния помехи на подканал с точностью по частоте в 20 Гц.

Влияние помехи на полезный сигнал оценивалось по максимальной величине вероятности ошибки в любом из подканалов полезного сигнала в приемнике модема.

В условиях эксперимента максимальный коэффициент ошибок в любом из подканалов не должен превышать 10^{-4} , что соответствует обычно приемлемому значению качества передачи цифровой информации по ВЧ радиоканалу. Поэтому, когда спектр помехи смещался относительно рабочей полосы ОБП приемника, обнаруживалась точка, при которой наблюдался наибольший коэффициент ошибок в любом из подканалов приемника модема полезного сигнала. Атенюатор использовался для установки минимального уровня помехи, при котором в подканале, максимально пораженном помехой, вероятность ошибки двоичных символов не превышала 10^{-4} . Данная точка характеризует допустимый уровень помехи и, следовательно, защитное отношение для многоканального сигнала.

Уровни помехи и полезного сигнала измерялись на входе приемника с помощью вольтметра средне-квадратичных значений.

Результаты измерений для различных классов мешающих сигналов приведены в столбце 1 таблицы 8.

2.2 Определение минимального частотного разнеса

Для эффективного использования радиочастотного спектра (за исключением максимальных значений защитного отношения сигнал/помеха, которые имеют место, когда спектры полезного и мешающего сигналов перекрываются) важно знать минимальные значения разнеса присвоенных частот полезного и мешающего сигналов для случаев, в которых мощность мешающего сигнала равна мощности полезного сигнала, 0 дБ, либо превышает его на 6 и 30 дБ.

ТАБЛИЦА 8

Результаты измерений защитных отношений и частотного разнеса

Полезный сигнал		Мешающий сигнал: класс излучения F1B																			
		50 бод 2D = 200 Гц				50 бод 2D = 400 Гц				100 бод 2D = 400 Гц				100 бод 2D = 500 Гц				200 бод 2D = 500 Гц			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
		дБ	кГц			дБ	кГц			дБ	кГц			дБ	кГц			дБ	кГц		
Многоканальная телеграфия класса излучения J7B B = 8100 Гц	FT ⁽¹⁾ 2D = 120 Гц	14,5	1,9	1,9	2,0	14,5	1,9	1,9	2,1	14,5	1,9	1,9	2,8	14,5	2,0	2,0	2,8	14,5	1,9	2,0	2,1
	2AT ⁽²⁾ 2D = 1440 Гц	9,5	1,7	1,8	2,5	9,5	1,8	1,9	2,6	9,5	1,8	1,9	2,7	9,5	1,9	2,0	2,8	9,5	1,9	2,0	2,8

(Продолжение)

Полезный сигнал		Мешающий сигнал: класс излучения A1B								Мешающий сигнал: класс излучения F7B							
		50 бод				100 бод				100 бод 2D = 1 500 Гц				200 бод 2D = 3 000 Гц			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
		дБ	кГц			дБ	кГц			дБ	кГц			дБ	кГц		
Многоканальная телеграфия класса излучения J7B B = 8100 Гц	FT ⁽¹⁾ 2D = 120 Гц	14,5	1,7	1,7	8,0	14,5	1,7	1,8	9,1	14,5	2,4	2,5	2,5	14,5	2,2	2,8	5,1
	2AT ⁽²⁾ 2D = 1440 Гц	10,5	1,7	1,7	8,0	10,5	1,7	1,7	8,1	10,5	2,4	2,5	2,5	10,5	2,8	2,9	4,7

⁽¹⁾ каналы 6 × 200 бод.⁽²⁾ каналы 3 × 200 бод.

В соответствии с пунктами 142 и 143 Регламента радиосвязи присвоенные частоты классов излучения определяются как центральные частоты необходимых для этих излучений полос частот. Таким образом, для полезного сигнала класса J7B присвоенная частота соответствует центральной частоте полосы 300 – 3400 Гц, занятой спектром сигнала основной полосы с расстановкой несущих, определяемой Рекомендацией R.38A МККТТ.

Для измерения минимального частотного разнеса использовалась схема, приведенная на рис. 10.

В экспериментах величина разницы частот ($f_2 - f_1$) измерялась с точностью 100 Гц и вероятность ошибки во всех подканалах приемника модема полезного сигнала не превышала 10^{-4} .

Результаты измерений приводятся в таблице 8 для отношений сигнал/помеха 0 дБ, -6 дБ и -30 дБ, соответственно, в столбцах 2, 3 и 4.

2.3 Измерение мультиплексного режима 2AT

Измерения, описанные в § 2.1 и 2.2, были также проведены для мультиплексного режима 2AT.

Для измерений в режиме 2AT полезный мультиплексный сигнал, селектируемый в полосе частот 300 – 3400 Гц, формируется с помощью трех независимых парциальных каналов, информация по которым передается путем двухтоновой манипуляции с частотным сдвигом в 1440 Гц.

В таблице 9 представлены частоты рабочей и нерабочей посылок по каждому из трех каналов в полосе частот 300 – 3400 Гц.

ТАБЛИЦА 9

Номер канала режима 2AT	Рабочая посылка (Гц)	Нерабочая посылка (Гц)
1	600	2 040
2	1 080	2 520
3	1 560	3 000

Результаты измерений также показаны в соответствующих столбцах таблицы 8.

3. Заключение

Для передачи цифровой информации по ВЧ радиоканалам с использованием частотной модуляции на поднесущих в полосе тональной частоты с коэффициентом ошибок не более 10^{-4} для стабильных условий минимальное защитное отношение для рассмотренных типов мешающих сигналов должно быть не менее 14,5 дБ.

Величины минимально необходимого частотного разнеса были также определены экспериментально.

Эти измерения были использованы для пересмотра таблицы 1 для класса излучения полезного сигнала J7B и девяти типов мешающих сигналов.
