

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R F.240-7*, **

Защитное отношение сигнал-помеха для различных классов излучения в фиксированной службе на частотах ниже примерно 30 МГц

(Вопрос МСЭ-R 143/9)

(1953-1956-1959-1970-1974-1978-1986-1990-1992-2006)

Сфера применения

В данной Рекомендации приведены минимальные защитные отношения сигнал-помеха и частотные разнесения для различных классов излучения в фиксированной службе ниже примерно 30 МГц.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

а) что необходимо знать защитные отношения сигнал-помеха для различных классов излучений,

рекомендует,

1 чтобы значения защитных отношений сигнал-помеха, представленные в таблице 1 при устойчивых условиях, ниже которых имеют место вредные помехи, рассматривались в соответствии с указанными видами излучений;

2 продолжить исследования для определения отсутствующих в таблице 1 значений защитных отношений сигнал-помеха при стабильных условиях и для пересмотра значений, которые в ней имеются;

3 продолжить исследования в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R F.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 общие допуски на замирания (комбинированные коэффициенты защиты от замираний и коэффициенты флуктуации уровней поля) и могли использоваться в качестве руководства совместно с величинами защитных отношений сигнал-помеха (при стабильных условиях) в соответствии с различными классами излучений;

* Данная Рекомендация должна быть доведена до сведения Радиорегламентарного комитета и 1-й Исследовательской комиссии по радиосвязи.

** 9-я Исследовательская комиссия по радиосвязи в 2000 г. приняла редакционные поправки к этой Рекомендации в соответствии с Резолюцией МСЭ-R 44.

ТАБЛИЦА 1

Минимально требуемые защитные отношения и разнос 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				F1В 50 бод 2D = 200 Гц (1)				F1В 50 бод 2D = 280 Гц (1)			
	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
дБ		кГц		дБ		кГц		дБ		кГц		дБ		кГц		дБ		кГц		дБ		кГц		дБ		кГц		
А1А телеграфия, прием на слух	13				13					13										13				13				
А1В телеграфия 50 бод, телетайп B = 500 Гц	13				11	0,36	0,44	1,41	(2)	(2)	(2)									13				13	0,46	0,54	1,24	
А1В телеграфия 100 и 120 бод, регистратор	13				13					13										13				13				
А2А телеграфия прием на слух																												
А2В телеграфия, 24 бод																												
F1В телеграфия (2) 50 бод, телетайп 2D = 280 Гц; B = 500 Гц					1,0	0,2	0,28	0,6	3											7				7,0	0,32	0,39	0,67	
F1В телеграфия 50 бод, телетайп 2D = 400 Гц; B = 500 Гц					1,0				(2)	(2)	(2)									7				7				
F7В телеграфия 200 бод, телетайп с автозапросом 2D = 400 Гц; B = 500 Гц	4				4				4																			
F7В телеграфия 200 бод, телетайп с автозапросом 2D = 400 Гц; B = 500 Гц	4				4				(4)	(4)	(4)																	
F7В (2), 50 бод, телетайп 2D = 1 200 Гц; B = 1 200 Гц																				8				8				
R3С фототелеграфия	16				16				16											16				16				
F3С фототелеграфия 60 грт, B = 1 000 Гц	15				15				15	1,00	1,20									15				15				
А3Е телефония по двум боковым полосам	елва приемлемое качество	13			13				13				1			1			21				21					
	на уровне коммерческого качества	29			29				29				17			17			33				33					
	хорошее коммерческое качество	56			56				56				44			44			60				60					
Н3Е телефония при работе по одной боковой полосе с полной несущей (2)	елва приемлемое качество	7			7				7				-5			-5			15				15					
	на уровне коммерческого качества	23			23				23				11			11			27				27					
	хорошее коммерческое качество	50			50				50				38			38			54				54					
R3Е телефония при работе по одной боковой полосе с ослабленной несущей (2)	елва приемлемое качество	2			2				2				-10			-10			10				10					
	на уровне коммерческого качества	18			18				18				6			6			22				22					
	хорошее коммерческое качество	45			45				45				33			33			49				49					
J3Е телефония при работе по одной боковой полосе с подавленной несущей (2)	елва приемлемое качество	1			1				1				-11			-11			9				9					
	на уровне коммерческого качества	17			17				17				5			5			21				21					
	хорошее коммерческое качество	44			44				44				32			32			48				48					
R8Е телефония при работе по одной боковой полосе с ослабленной или подавленной несущей (2)	елва приемлемое качество	7			7				7				-5			-5			15				15					
	на уровне коммерческого качества	23			23				23				11			11			27				27					
	хорошее коммерческое качество	50			50				50				38			38			54				54					
J7В многоканальная тональная телеграфия 250-3 000 Гц	17,5				17,5				17,5										20,5				20,5					
J7В многоканальная тональная телеграфия 300-3 400 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	20,5					
R7В многоканальная тональная телеграфия с ослабленной несущей	18,5				18,5				18,5										21,5				21,5					
J2D передача данных с подавленной несущей ФМ/КАМ (13)	9				9				9				9			9			9				9					

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

ПОЛЕЗНЫЙ СИГНАЛ	КЛАСС ИЗЛУЧЕНИЯ МЕШАЮЩЕГО СИГНАЛА																																
	Телеграфия																Телеграфия																
	F1B 50 бод 2D = 400 Гц (1)				F1B 100 бод 2D = 400 Гц				F1B 100 бод 2D = 500 Гц				F1B 200 бод 2D = 500 Гц				F7B 100 бод 2D = 400 Гц				F7B 100 бод 2D = 1 500 Гц				F7B 200 бод 2D = 600 Гц								
	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					
A1A телеграфия, прием на слух	13				13				13				13				3				3				3								
A1B телеграфия 50 бод, телетайп B = 500 Гц	13				13				13				13				(2)	(2)	(2)		3				3								
A1B телеграфия 100 и 120 бод, регистратор B = 500 Гц	13				13				13				13				3				3				3								
A2A телеграфия прием на слух																																	
A2B телеграфия, 24 бод																																	
F1B телеграфия (2) 50 бод, телетайп, 2D = 280 Гц; B = 500 Гц	7				7				7				7				2				2				2								
F1B телеграфия 50 бод, телетайп 2D = 400 Гц; B = 500 Гц	7				7				7				7				(2)	(2)	(2)		2				2								
F7B телеграфия 100 бод, телетайп с автозапросом 2D = 400 Гц; B = 500 Гц																	4				4				4								
F7B телеграфия 200 бод, телетайп с автозапросом 2D = 400 Гц; B = 500 Гц																	(4)	(4)	(4)		4				4								
F7B (3), 50 бод, телетайп	8	0,85	0,95	1,51	8				8				8				8				8				8				8				
2D = 1 200 Гц B = 1 200 Гц	Канал 1																																
	Канал 2	18	0,98	1,1	2,06	18				18				18				18				18				18				18			
R3C фототелеграфия	16	16			16				16				16				16				16				16								
F3C фототелеграфия 60 грт, B = 1 000 Гц	15	15			15				15				15				15	1,10	1,20		15				15								
A3E телефония по двум боковым полосам	едва приемлемое качество	21			21				21				21				17				17				17								
	на уровне коммерческого качества	33			33				33				33				35				35				35								
	хорошее коммерческое качество	60			60				60				60				66				66				66								
N3E телефония при работе по одной боковой полосе с полной несущей (2)	едва приемлемое качество	15			15				15				15				11				11				11								
	на уровне коммерческого качества	27			27				27				27				29				29				29								
	хорошее коммерческое качество	54			54				54				54				60				60				60								
R3E телефония при работе по одной боковой полосе с ослабленной несущей (2)	едва приемлемое качество	10			10				10				10				6				6				6								
	на уровне коммерческого качества	22			22				22				22				24				24				24								
	хорошее коммерческое качество	49			49				49				49				55				55				55								
J3E телефония при работе по одной боковой полосе с подавленной несущей (2)	едва приемлемое качество	9			9				9				9				5				5				5								
	на уровне коммерческого качества	21			21				21				21				23				23				23								
	хорошее коммерческое качество	48			48				48				48				54				54				54								
R8E телефония при работе по одной боковой полосе с ослабленной или подавленной несущей (2)	едва приемлемое качество	15			15				15				15				11				11				11								
	на уровне коммерческого качества	27			27				27				27				29				29				29								
	хорошее коммерческое качество	54			54				54				54				60				60				60								
J7B многоканальная тональная телеграфия 250-3 000 Гц	20,5				20,5				20,5				20,5				20,5				20,5				20,5								
J7B многоканальная тональная телеграфия 300-3 400 Гц (2)	20,5	1,9	1,9	2,1	20,5	1,9	1,9	2,8	20,5	2,0	2,0	2,9	20,5	1,9	2,0	3,1	20,5				20,5	2,4	2,5	3,5	20,5								
J7B многоканальная тональная телеграфия с ослабленной несущей	21,5				21,5				21,5				21,5				21,5				21,5				21,5								
J2D передача данных с подавленной несущей ФМ/КАМ (13)	9				9				9				9				9				9				9								

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

ПОЛЕЗНЫЙ СИГНАЛ	КЛАСС ИЗЛУЧЕНИЯ МЕШАЮЩЕГО СИГНАЛА																															
	Телеграфия								Телеграфия								Телеграфия															
	F7B 200 бод 2D = 3 000 Гц				A1B 200 бод 2D = 1 200 Гц				R3C				F3C				A3E DSB (°)				H3E полная несущая				R3E 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				
дБ				кГц				дБ				кГц				дБ				кГц				дБ				кГц				
A1A телеграфия, прием на слух	3				3												5				5				10							
A1B телеграфия 50 бод, телетайп B = 500 Гц	3				3												5				5				10							
A1B телеграфия 100 и 120 бод, регистратор B = 500 Гц	3				3												5				5				10							
A2A телеграфия прием на слух																	5				11				16							
A2B телеграфия, 24 бод																	5				11				16							
F1B телеграфия (°) 50 бод, телетайп 2D = 280 Гц; B = 500 Гц	2				2												-3				3				8							
F1B телеграфия 50 бод, телетайп 2D = 400 Гц; B = 500 Гц	2				2												-3				3				8							
F7B телеграфия 100 бод, телетайп с автозапросом 2D = 400 Гц; B = 500 Гц	4				4																											
F7B телеграфия 200 бод, телетайп с автозапросом 2D = 400 Гц; B = 500 Гц	4				4																											
F7B (°), 50 бод, телетайп 2D = 1 200 Гц B = 1 200 Гц					8	1,24	1,33	2,32																								
	Канал 1	8			18	1,33	1,51	3,08																								
	Канал 2	18			18	1,33	1,51	3,08																								
R3C фототелеграфия	16				16																											
F3C фототелеграфия 60 грт, B = 1 000 Гц	15				15																											
A3E телефония по двум боковым полосам	едва приемлемое качество	17			17				19				20				6				12				17							
	на уровне коммерческого качества	35			35				34				35				18				24				29							
	хорошее коммерческое качество	66			66				64				65				39				45				50							
H3E телефония при работе по одной боковой полосе с полной несущей (°)	едва приемлемое качество	11			11				13				14				0				6				11							
	на уровне коммерческого качества	29			29				28				29				12				18				23							
	хорошее коммерческое качество	60			60				58				59				33				39				44							
R3E телефония при работе по одной боковой полосе с ослабленной несущей (°)	едва приемлемое качество	6			6				8				9				-5				1				6							
	на уровне коммерческого качества	24			24				23				24				7				13				18							
	хорошее коммерческое качество	55			55				53				54				28				34				39							
J3E телефония при работе по одной боковой полосе с подавленной несущей (°)	едва приемлемое качество	5			5				7				8				-6				0				5							
	на уровне коммерческого качества	23			23				22				23				6				12				17							
	хорошее коммерческое качество	54			54				52				53				27				33				38							
R8E телефония при работе по одной боковой полосе с ослабленной или подавленной несущей (°)	едва приемлемое качество	11			11				13				14				0				6				11							
	на уровне коммерческого качества	29			29				28				29				12				18				23							
	хорошее коммерческое качество	60			60				58				59				33				39				44							
J7B многоканальная тональная телеграфия 250–3000 Гц	20,5				20,5																											
J7B многоканальная тональная телеграфия 300–3 400 Гц (°)	20,5	3,2	3,3	5,1	20,5																											
R7B многоканальная тональная телеграфия с ослабленной несущей	21,5				21,5																											
J2D передача данных с подавленной несущей ФМ/КАМ (13)	9				9				9				9				9				9				9							

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

ПОЛЕЗНЫЙ СИГНАЛ		КЛАСС ИЗЛУЧЕНИЯ МЕШАЮЩЕГО СИГНАЛА															
		Телефония								Телеграфия							
		J3E подавленная несущая				B8E ослабленная или подавленная несущая				J2B				H2A/H2B			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
		дБ		кГц		дБ		кГц		дБ		кГц		дБ		кГц	
A1A телеграфия, прием на слух		11				5				13				7			
A1B телеграфия 50 бод, телетайп $B = 500$ Гц		11				5				13				7			
A1B телеграфия 100 и 120 бод, регистратор $B = 500$ Гц		11				5				13				7			
A2A телеграфия прием на слух		17				11											
A2B телеграфия, 24 бод		17				11											
F1B телеграфия (³) 50 бод, телетайп, $2D = 280$ Гц; $B = 500$ Гц		9				3				3				-3			
F1B телеграфия 50 бод, телетайп $2D = 400$ Гц; $B = 500$ Гц		9				3				3				-3			
F7B телеграфия 100 бод, телетайп с автозапросом $2D = 400$ Гц; $B = 500$ Гц										4				-2			
F7B телеграфия 200 бод, телетайп с автозапросом $2D = 400$ Гц; $B = 500$ Гц										4				-2			
F7B (2), 50 бод, телетайп $2D = 1\ 200$ Гц $B = 1\ 200$ Гц	Канал 1																
	Канал 2																
R3C фототелеграфия										16				10			
F3C фототелеграфия 60 грп, $B = 1\ 000$ Гц										15				9			
A3E телефония по двум боковым полосам	едва приемлемое качество	18				12				13				7			
	на уровне коммерческого качества	30				24				29				23			
	хорошее коммерческое качество	51				45				56				50			
H3E телефония при работе по одной боковой полосе с полной несущей (⁶)	едва приемлемое качество	12				6				7				1			
	на уровне коммерческого качества	24				18				23				17			
	хорошее коммерческое качество	45				39				50				44			
R3E телефония при работе по одной боковой полосе с ослабленной несущей (⁶)	едва приемлемое качество	7				1				2				-4			
	на уровне коммерческого качества	19				13				18				12			
	хорошее коммерческое качество	40				34				45				39			
J3E телефония при работе по одной боковой полосе с подавленной несущей (⁶)	едва приемлемое качество	6				0				1				-5			
	на уровне коммерческого качества	18				12				7				11			
	хорошее коммерческое качество	39				33				44				38			
R8E телефония при работе по одной боковой полосе с ослабленной или подавленной несущей (⁶)	едва приемлемое качество	12				6				7				1			
	на уровне коммерческого качества	24				18				23				17			
	хорошее коммерческое качество	45				39				50				44			
J7B многоканальная тональная телеграфия 250–3000 Гц										17,5				11,5			
J7B многоканальная тональная телеграфия 300–3 400 Гц (⁶)										17,5				11,5			
R7B многоканальная тональная телеграфия с ослабленной несущей										18,5				12,5			
J2D передача данных с подавленной несущей ФМ/КАМ (¹³)		9				9				9				9			

ТАБЛИЦА 1 (окончание)

ПОЛЕЗНЫЙ СИГНАЛ	КЛАСС ИЗЛУЧЕНИЯ МЕШАЮЩЕГО СИГНАЛА																Предварительные значения общих допусков на замирание ⁽⁸⁾ при защите замирающего сигнала, подверженного замираниям, и от суточной флуктуации уровня (см. Примечание ⁽⁹⁾) (дБ добавляются к значениям, обозначенным в столбце 1)			
	Многоканальная тональная телеграфия												Передача данных						Без разнесения	С разнесением
	J7B подавленная несущая 250–3 000 Гц				J7B подавленная несущая 300–3 400 Гц				R7B ослабленная несущая				J2D ФМ/КАМ							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
A1A телеграфия, прием на слух																11				
A1B телеграфия 50 бод, телетайп B = 500 Гц																11		27 ⁽¹⁰⁾		
A1B телеграфия 100 и 120 бод, регистратор B = 500 Гц																11				
A2A телеграфия прием на слух																17				
A2B телеграфия, 24 бод																17				
F1B телеграфия ⁽⁷⁾ 50 бод, телетайп, 2D = 280 Гц; B = 500 Гц																9				
F1B телеграфия 50 бод, телетайп 2D = 400 Гц; B = 500 Гц																9		27 ⁽¹⁰⁾		
F7B телеграфия 100 бод, телетайп с автозапросом 2D = 400 Гц; B = 500 Гц																				
F7B телеграфия 200 бод, телетайп с автозапросом 2D = 400 Гц; B = 500 Гц																		12 ⁽¹¹⁾		
F7B (2), 50 бод, телетайп																				
2D = 1 200 Гц	Канал 1																			
B = 1 200 Гц	Канал 2																			
R3C фототелеграфия																	20			
F3C фототелеграфия 60 грп, B = 1 000 Гц																	20			
A3E телефония по двум боковым полосам	едва приемлемое качество	20				20				19						18				
	на уровне коммерческого качества	34				34				33						30				
	хорошее коммерческое качество	56				56				55						51	17 ⁽¹²⁾			
H3E телефония при работе по одной боковой полосе с полной несущей ⁽⁶⁾	едва приемлемое качество	14				14				13						12				
	на уровне коммерческого качества	28				28				27						24				
	хорошее коммерческое качество	50				50				49						45				
R3E телефония при работе по одной боковой полосе с ослабленной несущей ⁽⁶⁾	едва приемлемое качество	9				9				8						7				
	на уровне коммерческого качества	23				23				22						19				
	хорошее коммерческое качество	45				45				44						40	17 ⁽¹²⁾			
J3E телефония при работе по одной боковой полосе с подавленной несущей ⁽⁶⁾	едва приемлемое качество	8				8				7						6				
	на уровне коммерческого качества	22				22				21						18				
	хорошее коммерческое качество	44				44				43						39	17 ⁽¹²⁾			
R8E телефония при работе по одной боковой полосе с ослабленной или подавленной несущей ⁽⁶⁾	едва приемлемое качество	14				14				13						12				
	на уровне коммерческого качества	28				28				27						24				
	хорошее коммерческое качество	50				50				49						45				
J7B многоканальная тональная телеграфия 250–3 000 Гц																				
J7B многоканальная тональная телеграфия 300–3 400 Гц ⁽⁶⁾																				
R7B многоканальная тональная телеграфия с ослабленной несущей																				
J2D передача данных с подавленной несущей ФМ/КАМ ⁽¹³⁾						9					9					9				

Примечания к таблице 1:

DSB: Две боковые полосы

ISB: Независимые боковые полосы

SSB: Одна боковая полоса

* В столбце "Класс излучения" B обозначает ширину полосы пропускания приемника, а $2D$ – общий сдвиг частоты.

(¹) Ширина полосы мешающих сигналов ограничена частотой 500 Гц.

(²) При вероятности ошибки в символах $P_c = 0,0001$.

(³) При вероятности ошибки в символах $P_c = 0,001$.

(⁴) При эффективности трафика в 90%.

(⁵) Для телефонии величина защитных отношений при стабильных условиях получена на основе информации, содержащейся в Приложениях 1 и 2. Значения величин для телефонии в режиме АЗЕ имеют силу только при приеме на ОБП приемник.

(⁶) Величины, полученные на основе информации, содержащейся в Приложении 3.

(⁷) Средний коэффициент модуляции 70%; компоненты боковых полос расширены до ± 3 кГц.

(⁸) Комбинированные допуски для коэффициента защиты от замираний и коэффициента флуктуации уровня.

(⁹) Применено распределение вероятности отношения двух сигналов, замиранья которых независимы. Комбинированный допуск на флуктуации уровней двух сигналов был принят равным 7 дБ, что представляет компромисс между допуском 0 дБ, соответствующим полностью коррелированной флуктуации уровней двух сигналов, и допуском 14 дБ, соответствующим некоррелированной флуктуации уровней двух сигналов.

(¹⁰) Для защиты в течение 99,99% времени.

(¹¹) Основано на эффективности трафика в 90%.

(¹²) Основано на 90% защите.

(¹³) Значение защитного отношения для полезного сигнала класса J2D приведено для скорости передачи данных пользователя в полезном сигнале равного 3,2 кбит/с. Для других скоростей передачи данных пользователя необходимо добавить поправочный коэффициент (дБ) как показано ниже:

Скорость передачи данных пользователя (кбит/с)	3,2 или менее	4,8	6,4	8,0	9,6	12,8
Поправочный коэффициент (дБ)	0	4	7	10	12	18

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;

8 чтобы Примечания, представленные ниже, учитывались как часть данной Рекомендации.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Использование рекомендуемых значений позволяет получить только оценку, которую, возможно, придется откорректировать для линий радиосвязи различной протяженности в зависимости от требуемого качества обслуживания и конкретных условий распространения сигналов по этим радиоприемам. При расчете коэффициента защиты от замираний для быстрых или кратковременных замираний было использовано логарифмически нормальное распределение амплитуды принимаемого замирающего сигнала (в качестве отношения среднего уровня к уровню, превышаемому в течение 10% или 90% времени, принято 7 дБ), за исключением систем автоматической высокоскоростной телеграфии, для которых защита рассчитана, исходя из предположения рэлеевского распределения.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – В столбце 1 таблицы 1 для каждого мешающего сигнала представлена величина защитного отношения как отношение полезный сигнал – мешающий сигнал, мощность которых выражена, в общем случае, в виде пиковых значений огибающей мощности (PX), когда занимаемая полоса мешающего излучения либо полностью попадает в полосу пропускания приемника, либо полностью перекрывает ее.

Когда один из сигналов выражается через среднюю мощность (PY) или мощность несущей (PZ), соответствующее значение защитного отношения может быть получено на основе коэффициентов преобразования, приведенных в Рекомендации МСЭ-R SM.326.

Для полезного сигнала с классом излучения J2D значение защитного отношения дано как отношение мощностей полезного и мешающего сигналов, мощности которых выражены в значениях средней мощности.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – В столбцах 2, 3 и 4 таблицы 1 указан необходимый частотный разнос между присвоенной частотой полезного сигнала и частотой мешающего сигнала, когда уровень последнего соответственно на 0, 6 и 30 дБ выше уровня полезного сигнала (как определено в пункте 1.148 Регламента радиосвязи, присвоенная частота есть средняя частота полосы частот, присвоенной станции).

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Такие методы обработки сигнала, как Lincompex, Syncompex и т. п., а также применение шумоподавителей и заграждающих фильтров могут уменьшить восприимчивость радиотелефонных сигналов к помехам.

Приложение 1

Измерение защитных отношений для класса излучения J3E

1. Введение

В пункте 1.170 Регламента радиосвязи защитные отношения определены 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, какой тип отношения мощностей сигналов должен применяться, и другая – точно определить, какой вид оценки должен быть связан с ухудшением обслуживания из-за помех.

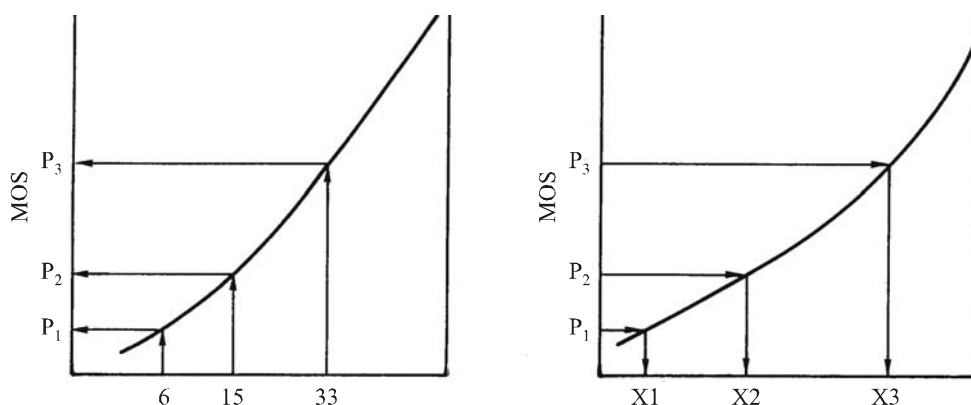
Программа измерений, описанная в данном приложении, основана на Рекомендации МСЭ-R F.339, в которой отношения звуковой сигнал-шум (S/N) 33 дБ, 15 дБ и 6 дБ дают следующие градации качества: хорошее коммерческое, минимальное коммерческое и минимальное приемлемое качество соответственно. Цель состояла в том, чтобы получить отношения звуковой сигнал-помеха (S/I) для различных мешающих сигналов, которые дают такие же оценки мнений, как и случаи, соответствующие конкретным отношениям сигнал-шум (S/N).

2 Измерения

2.1 Принцип измерений

На основе испытаний с определением мнений были получены кривые значений средней оценки мнений (MOS) в зависимости от отношения сигнал-шум (S/N) и кривые значений 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 тех же значений MOS (P_1, P_2, P_3), которые соответствуют каждому значению отношения S/N 33 дБ, 15 дБ и 6 дБ (см. Рекомендацию МСЭ-R F.339). Данный метод показан на рисунке 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 излучению J3E (сигналы мужского и женского голосов японской речи). Средняя частота мешающего сигнала была установлена 1400 Гц, за исключением излучения J7B, которое занимало полосу частот от 0,3 до 3 кГц.

ТАБЛИЦА 2

Виды мешающих сигналов

Класс излучения	Сдвиг частот (Гц)	Скорость модуляции (бод)
A1B	–	100
F1B	400	200
F3C	800	(60 об/мин.)
F7B	600	100
J7B	85 на канал	100 на канал
J3E	–	–

2.3 Метод измерений

2.3.1 Испытательные образцы речи и порядок их подачи при прослушивании

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

ТАБЛИЦА 3

Пример случайного порядка подачи испытательных образцов речи

Номер образца	Отношения мощностей (дБ)		Порядок подачи
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⁾	13
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. – Указанные выше образцы речи и порядок их подачи использовались для предварительных испытаний в случае мешающего сигнала F1B.

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

2.3.2 Средняя оценка мнений (MOS)

Качество речи при прослушивании оценивалось по пятибалльной шкале (см. Дополнение № 2, § 3, Том V Желтой книги МСЭ-T) следующим образом:

- 4 – возможно полное расслабление при прослушивании (никаких усилий не требуется);
- 3 – требуется внимание (существенных усилий не требуется);
- 2 – требуются некоторые усилия;
- 1 – требуются существенные усилия;
- 0 – речь неразборчива при любых возможных усилиях.

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

2.3.3 Условия прослушивания

Для испытаний-прослушиваний использовались изложенные ниже стандартные условия, определенные в Рекомендации МСЭ-Т Р.74 и Дополнении № 2:

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

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

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

- речевые сигналы и мешающие сигналы отдельно записывались заранее на аналоговых магнитофонах. Эти сигналы воспроизводились, преобразовывались в цифровой поток с помощью аналого-цифрового (А/Д) преобразователя (12 битов) и записывались на магнитную ленту (МТ-А) в виде цифровых данных. Частота взятия отсчетов в аналого-цифровом преобразователе составляла 8 кГц;
- на компьютере (СРU) рассчитывалось среднее значение мощности полезного речевого сигнала, мешающего сигнала и шума, а также коэффициент α , который обеспечивает требуемое отношение S/I или 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 ;

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

Измеренные величины отношений средней мощности к пиковой мощности огибающей сигналов показаны в таблице 4.

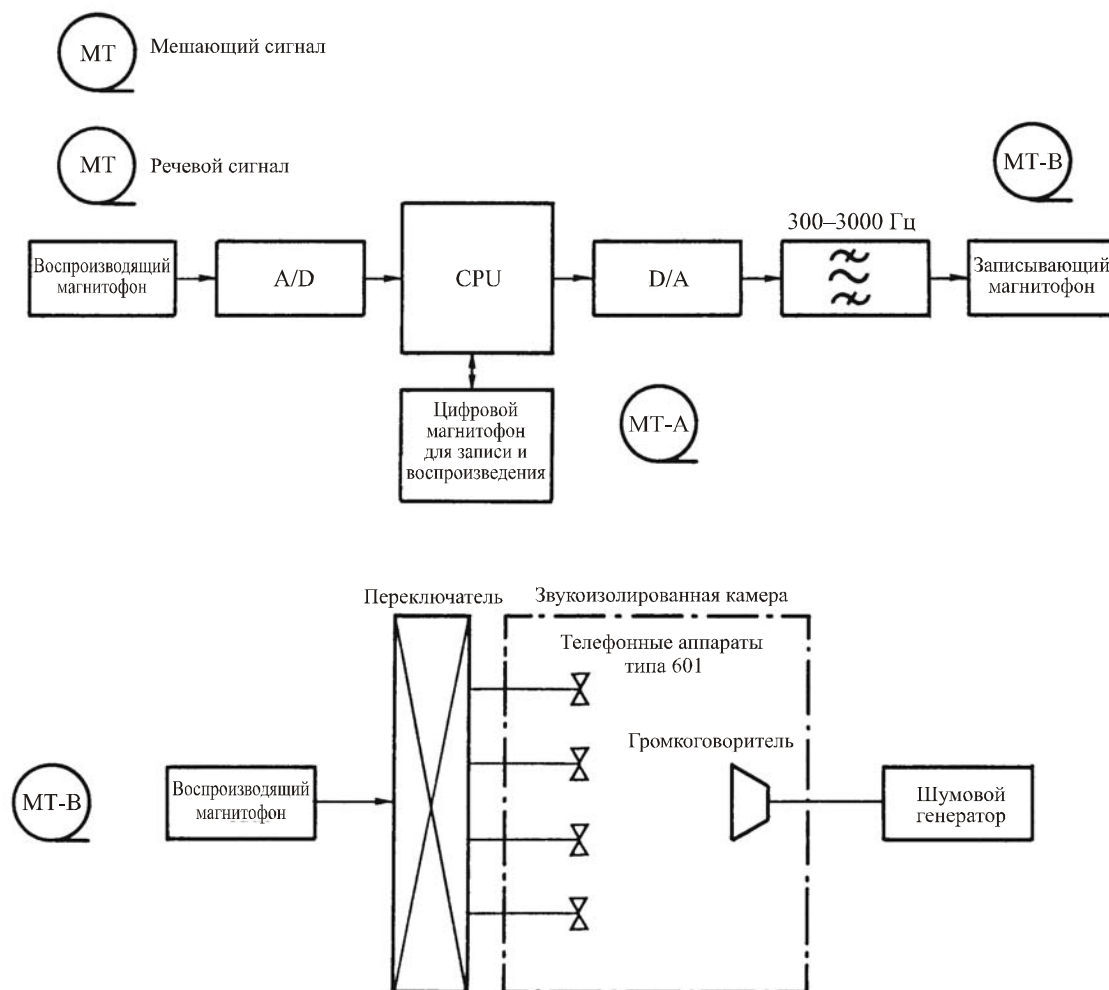
2.3.5 Определение порядка подачи образцов речи

Пример случайного порядка подачи 29 испытательных образцов речи 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.

Процессы, описанные выше, осуществлялись автоматически с помощью компьютера.

РИСУНОК 2

Блок-схема испытания



MT: магнитная лента

0240-02

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	-3,2
F1B	0	0
J7B	-11	-

⁽¹⁾ Данное среднее значение мощности усреднялось за время, когда уровень сигнала был выше порога, который был пренебрежимо мал.

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

3 Результаты измерений

3.1 Величина MOS в зависимости от отношения S/N

Как показано в таблице 3, для каждой группы из 29 образцов речи измерялась величина 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: минимальное приемлемое, минимальное коммерческое и хорошее коммерческое.

Путем усреднения всех 480 величин MOS для каждого из 14 испытываемых значений отношения S/N была получена средняя величина, имеющая малую ошибку. 95% доверительный интервал, рассчитанный для каждого среднего значения S/N , изменялся между 0,072 и 0,039.

Полученные таким образом средние величины для 14 значений S/N отмечены на графиках рисунках 3–8 черными кружками.

3.2 Величина MOS в зависимости от отношения S/I

Аналогичным образом, для данных о величинах MOS в зависимости от отношения сигнал-помеха (S/I) уровни MOS, соответствующие значениям отношения S/I для каждой из трех градаций качества обслуживания, получались путем интерполяции или экстраполяции между двумя средними значениями S/I , как показано на рисунках 3–8.

На рисунках 3–8 каждое значение представляет среднюю величину из 240 испытаний MOS для каждого отношения S/I , а величины P_1 , P_2 и P_3 соответствуют градациям качества: минимальное приемлемое, минимальное коммерческое и хорошее коммерческое, соответственно.

С целью увеличения надежности испытаний и экономии времени при измерении S/I , детальные испытания были проведены только для ограниченного числа величин S/I (шесть точек, нанесенных на рисунках 3–8 в виде черных квадратов), при которых можно ожидать получения значений MOS, очень близких к отношениям S/N , соответствующим трем градациям качества.

При испытаниях J7B величина доверительного интервала, рассчитанного для всех измеренных величин MOS в зависимости от отношения S/I , находилась в диапазоне от 0,06 до 0,117.

4 Обсуждение результатов

4.1 MOS

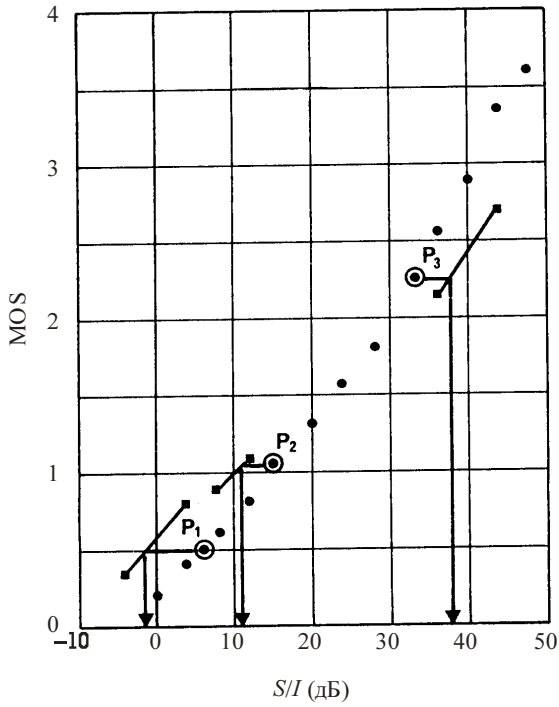
Интересно отметить, что кривые зависимости MOS от S/I и кривые зависимости MOS от S/N пересекаются при определенных отношениях S/I и S/N , как показано на рисунках 3–8. До проведения испытаний этого не ожидалось. Например, в случаях, когда в качестве мешающих сигналов выступали излучения F1B или A1B, шум был более неприятен в сравнении с мешающим сигналом при малых отношениях S/I . С другой стороны, мешающий сигнал раздражал больше в сравнении с белым гауссовым шумом, когда отношение S/I было большим, поскольку мешающий сигнал легко распознавался.

4.2 Защитные отношения

На основе вышеприведенных результатов измерений были получены требуемые отношения S/I для излучений класса J3E в зависимости от различных мешающих сигналов, как показано в таблице 5. Для получения защитных отношений на радиочастоте для излучений класса J3B 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

Значения MOS для речевого сигнала при помехе типа A1B

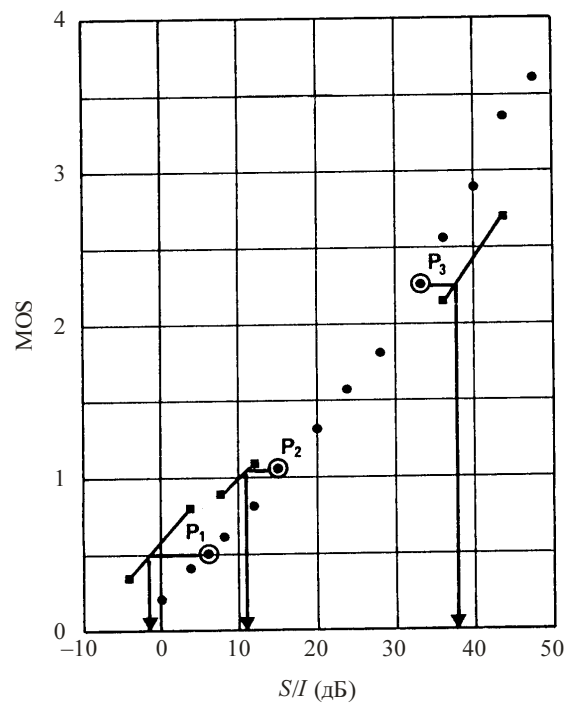


Примечание 1. – На рисунках 3–8 • представляет значение MOS в зависимости от отношений S/N (дБ).

Примечание 2. – P_1 , P_2 и P_3 представляют минимальное приемлемое, минимальное коммерческое и хорошее коммерческое качество, соответственно.

РИСУНОК 4

Значения MOS для речевого сигнала при помехе типа F1B



0240-03

РИСУНОК 5

Значения MOS для речевого сигнала при помехе типа F3C

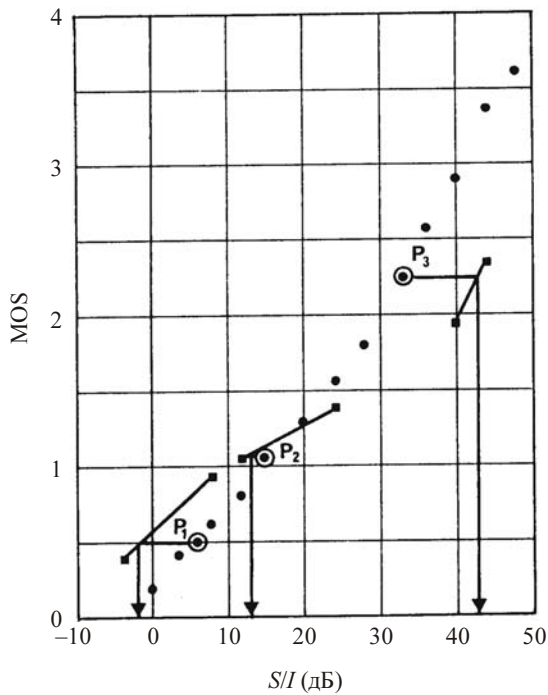
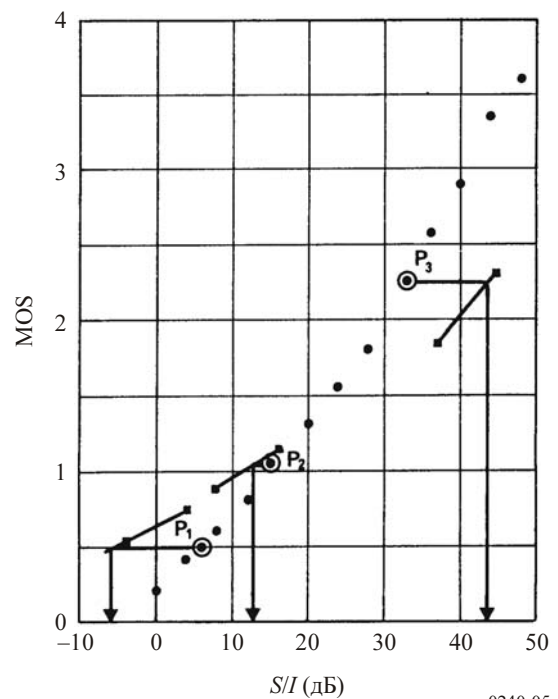


РИСУНОК 6

Значения MOS для речевого сигнала при помехе типа F7B



0240-05

РИСУНОК 7

Значения MOS для речевого сигнала при помехе типа J7B

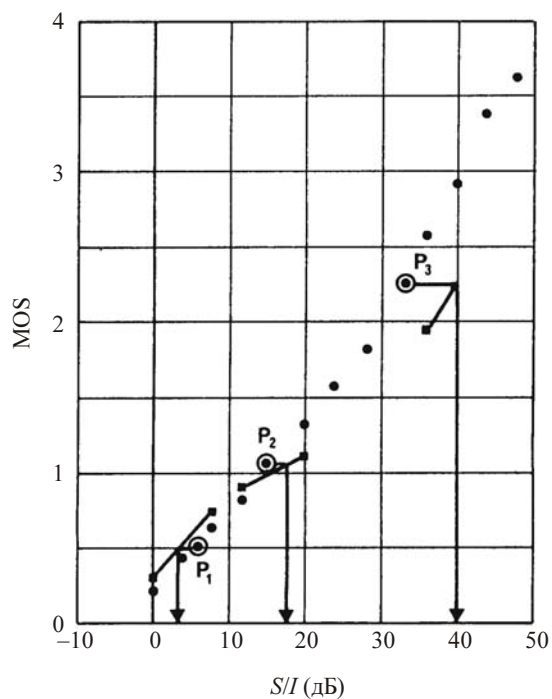
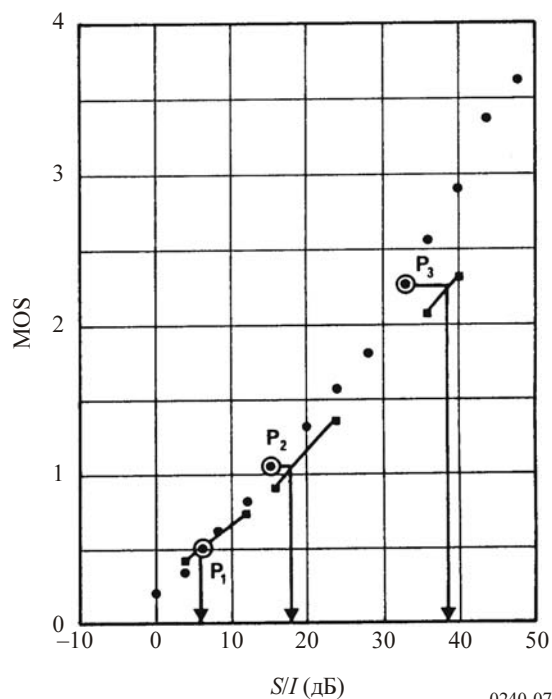


РИСУНОК 8

Значения MOS для речевого сигнала при помехе типа J3E



0240-07

ТАБЛИЦА 5

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

Тип мешающего сигнала	Требуемые отношения S/I (дБ)		
	Минимальное приемлемое	Минимальное коммерческое	Хорошее коммерческое
A1B	-9 (-17)	7 (-8)	34 (10)
F1B	-1 (-6)	11 (3)	38 (21)
F3C	-2 —	13 —	43 —
F7B	-5 —	13 —	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 — защитные отношения, представленные в Отчете 525 (Дюссельдорф, 1990 г.) 1-й Исследовательской комиссии.

Примечание 2. — Мощности звукового сигнала для случаев излучений классов A1B и J3E измерялись за период времени, когда сигнал превышал определенный пороговый уровень.

Приложение 2

Коэффициенты преобразования для получения защитных отношений

1 Введение

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

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

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

2 Расчет защитных отношений

2.1 Метод расчета

Защитные отношения для различных радиотелефонных сигналов могут быть получены на основе требуемых отношений S/I для излучений класса 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 равна средней мощности (PY):
 - PX излучения J7B на 6 дБ больше PY ;
 - PX излучения R7B на 7 дБ больше PY ;
 - PX излучений A1B и J2B (несущая очень малого уровня) на 3 дБ больше PY ;
 - PX излучений H2A/H2B на 6 дБ больше PY и равна PX для излучения J2B;
 - PX 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 сдвига частот.

2.2 Излучение класса J3E

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

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

ТАБЛИЦА 6
Коэффициенты преобразования

Класс излучения	$PX-PZ$ (дБ)	$PX-Pys$ (дБ)	$Pxs-Pys$ (дБ)	$PX-Pxs$ (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
 Pxs : пиковая мощность огибающей одного речевого канала,
т. е. мощность эталонного синусоидального сигнала
 Pys : среднее значение мощности одного речевого канала

2.3 Излучения классов R3E, H3E и A3E

Пиковая мощность огибающей (PX) для излучений классов R3E, H3E и A3E на 1, 6 и 12 дБ выше, соответственно, в сравнении с PX излучения J3E, когда PX одной боковой полосы равна 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 излучения класса A3E, полученные с использованием приведенных выше коэффициентов преобразования, могут применяться только в случае приема на ОБП приемник, поскольку принимается, что средняя частота мешающего сигнала на 1,4 кГц выше частоты несущей излучения A3E.

2.4 Излучения класса B8E

Для многоканального излучения B8E делается допущение о том, что защитное отношение выводится в том случае, когда в одном из каналов полезного излучения качество ухудшается из-за воздействия мешающего излучения. 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 многоканальных излучений B8E могут быть получены с использованием коэффициентов преобразования, приведенных в таблице 6.

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

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

3 Допущения для коэффициентов преобразования

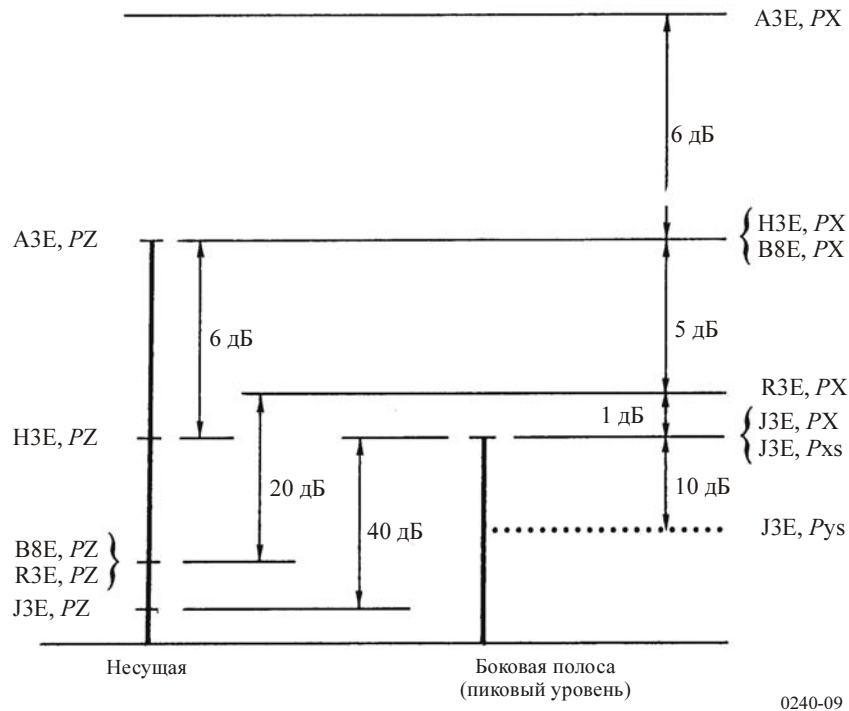
При подготовке таблицы 6 и рисунок 9 были введены следующие допущения.

3.1 Излучение класса J3E

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

РИСУНОК 9

Соотношение между P_X , P_Y , P_Z , P_{xs} и P_{ys} излучений J3E, R3E, H3E, A3E и B8E



3.2 Излучение класса R3E

Для излучения R3E применяется пилот-несущая с уровнем -20 дБ относительно пиковой мощности огибающей, а мощность сигнала одной боковой полосы, соответствующая 100% модуляции, на 1 дБ ниже пиковой мощности огибающей (см. Рекомендацию МСЭ-R F.339, Примечание 24 к таблице 1).

3.3 Излучение класса H3E

Для излучения H3E мощности сигналов боковой полосы и пилот-несущей, соответствующие 100% модуляции, составляют -6 дБ каждая относительно пиковой мощности огибающей. Для приема используется ОБП приемник (см. Рекомендацию МСЭ-R F.339, Примечание 23 к таблице 1).

3.4 Излучение класса A3E

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

3.5 Излучение класса В8Е

Для многоканального излучения В8Е за эталон принимается мощность синусоидального колебания, которая модулирует передатчик на одну четверть (–6 дБ) его пиковой мощности огибающей.

При 3- или 4-канальном излучении В8Е предполагается, что независимые модулирующие сигналы подаются на каждый канал (см. Рекомендацию МСЭ-R SM.326, Примечания 2 и 3 к таблице 1).

3.6 Средняя мощность речевого сигнала

При беглом чтении текста средняя величина мощности речевого сигнала на 10 дБ ниже мощности опорного синусоидального сигнала (см. Рекомендацию МСЭ-R SM.326, Примечание 2 к таблице 1).

Приложение 3

Измерение защитных отношений и минимального необходимого разноса частот для излучения класса J7B

1. Введение

В Рекомендации (Женева, 1982 г.) *необходимый разнос частот* определяется как разнос между "присвоенной частотой полезного сигнала и частотой мешающего сигнала, когда уровень последнего, соответственно, на 0,6 и 30 дБ выше уровня полезного сигнала" (в п. 148 Регламента радиосвязи присвоенная частота определяется как "средняя частота полосы частот, присвоенной *станции*").

Один из наиболее перспективных методов цифровой связи в ВЧ полосах заключается в передаче отдельных потоков битов методом частотной модуляции (ЧМ) поднесущих в полосе звуковых частот в одном мультиплексном радиоканале. В соответствии с Регламентом радиосвязи рабочие режимы могут соответствовать классам излучений J7B и R7B. При расчете защитных отношений все возможные виды работы, использующие частоты в звуковой полосе, следует рассматривать как мешающие сигналы.

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

В настоящем приложении представлены полученные при стабильных условиях экспериментальные данные о влиянии мешающих сигналов излучений классов A1B, F1B и F7B, которые ныне 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 рисунке 10.

В качестве полезного сигнала использовалось излучение класса J7В. Групповой сигнал 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 соответствуют Рекомендации МСЭ-Т R.38А. Полоса пропускания канальных фильтров была 270 Гц.

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

Таким образом, полезный сигнал на выходе передатчика модема имел эффективную ширину полосы 300–3400 Гц (в соответствии с Рекомендацией МСЭ-Т R.38А) и постоянную среднюю мощность. Этот сигнал использовался для модуляции радиопередатчика в режиме однополосной передачи с подавленной несущей.

Основные характеристики мешающих сигналов приведены в таблице 7.

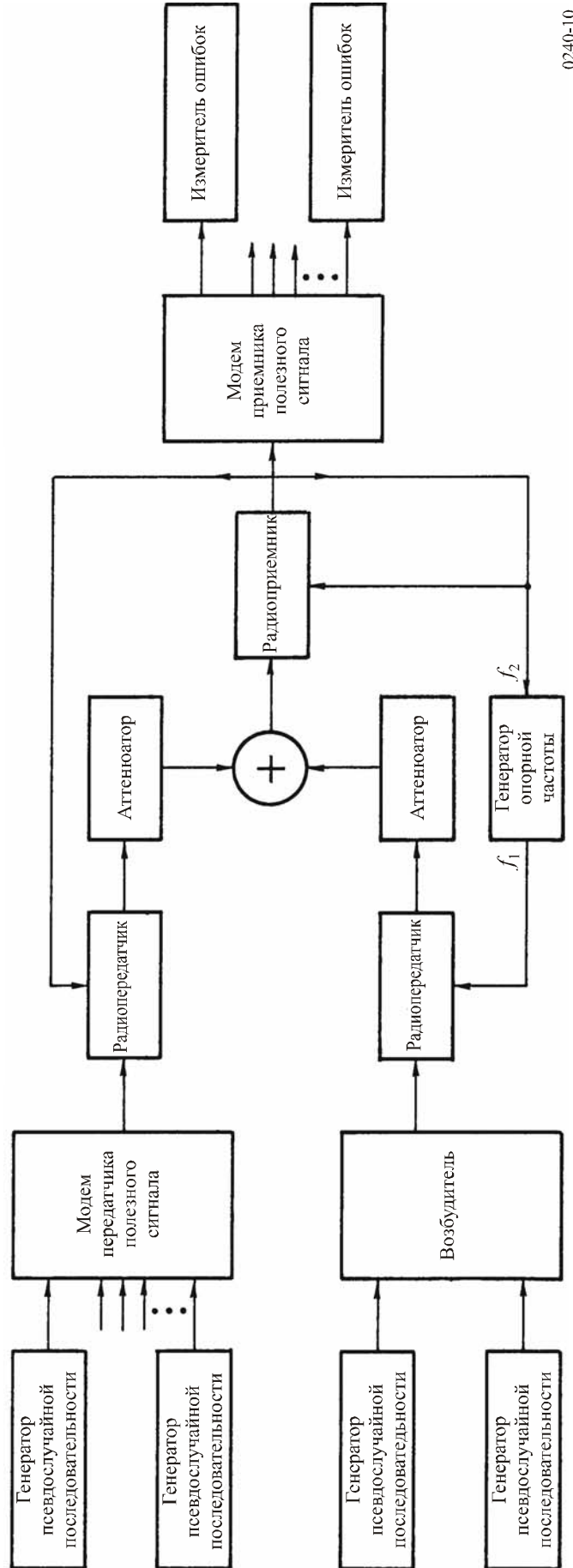
Мешающие сигналы были получены непосредственно от возбuditеля радиопередатчика, предназначенного для работы в исследуемых классах излучения (таблица 7).

Цифровые сигналы от генераторов псевдослучайной последовательности (аналогичных устройствам, используемым для модема полезного сигнала) передавались на входы возбuditеля со скоростями передачи 50, 100 и 200 бит/с. Влияние помехи на полезный сигнал рассчитывалось отдельно по каждому классу излучения мешающего сигнала путем смены режима работы возбuditеля.

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

РИСУНОК 10

Схема, используемая для измерения защитных отношений



0240-10

ТАБЛИЦА 7

Основные характеристики мешающих сигналов

Мешающий сигнал	Общий сдвиг частот, $2D$ (Гц)	Скорость модуляции (бит/с)
A1B, телеграфия		50
		100
F1B, телеграфия (один канал)	200	50
	400	
	400	100
	500	100
F7B, телеграфия (два подканала в полосе частот 300–3 400 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, 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 средних частотах подканалов 600, 1080, 1560, 2040, 2520 и 3000 Гц средняя частота сигнала-помехи сдвигалась относительно средней частоты подканалов на 20, 40, 60, 80 и 100 Гц, соответственно.

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

Влияние помехи на полезный сигнал оценивалось по вероятности максимальной ошибки в любом из подканалов полезного сигнала в модеме приемника.

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

Уровни помехи и полезного сигнала измерялись на входе приемника с помощью вольтметра среднеквадратичных значений.

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

2.2 Определение минимального разнеса частот

Для эффективного использования радиочастотного спектра (помимо 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, при 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 разноса частот

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 = 3100 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	2,9	14,5	1,9	2,0	3,1
	2AT ⁽²⁾ 2D = 1440 Гц	9,5	1,7	1,8	2,5	9,5	1,8	1,9	2,6	9,5	1,6	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 = 3100 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	3,5	14,5	3,2	3,3	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	3,5	10,5	2,8	2,9	4,7

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

В соответствии с пп. 1.148 и 1.149 Регламента радиосвязи присвоенные частоты рассматриваемых классов излучения определяются как средние частоты необходимых для этих излучений полос частот. Таким образом, для полезного сигнала класса J7B присвоенная частота соответствует средней частоте полосы 300–3400 Гц, занятой спектром сигнала групповой полосы с расстановкой поднесущих, определяемой Рекомендацией МСЭ-Т R.38A.

Для измерения минимального разноса частот использовалась схема, приведенная на рисунке 10.

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

Результаты измерений для отношений сигнал-помеха 0 дБ, –6 дБ и –30 дБ приводятся в таблице 8, 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, выбранный в полосе частот 300–3400 Гц, формируется с помощью трех независимых подканалов, информация по которым передается путем двухтональной манипуляции с изменением частоты в 1440 Гц.

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

ТАБЛИЦА 9

Номер канала 2АТ	Посылка (Гц)	Пауза (Гц)
1	600	2 040
2	1 080	2 520
3	1 560	3 000

Результаты измерений показаны также в соответствующих столбцах таблицы 8.

3. Выводы

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

Величины минимально необходимого частотного разноса были также определены экспериментально.

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