



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 نقلًا.

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.



XVII ПЛЕНАРНАЯ АССАМБЛЕЯ
ДЮССЕЛЬДОРФ, 1990



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

РЕКОМЕНДАЦИИ МККР, 1990

(ВКЛЮЧАЯ РЕЗОЛЮЦИИ И МНЕНИЯ)

ТОМ V

РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН В НЕИОНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ



МККР

МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНСУЛЬТАТИВНЫЙ КОМИТЕТ ПО РАДИО

МККР

1. Международный консультативный комитет по радио (МККР) является постоянным органом Международного союза электросвязи, на который в соответствии с Международной конвенцией электросвязи возложены обязанности "... по изучению технических и эксплуатационных вопросов, относящихся в особенности к радиосвязи без ограничения диапазона частот, и представлению рекомендаций по ним. ..." (Международная конвенция электросвязи, Найроби, 1982 г., Первая часть, Глава I, Ст. 11, п. 83). *

2. Цели МККР состоят, в частности, в том, чтобы:

- a) обеспечивать технические основы для применения административными радиоконференциями и службами радиосвязи в интересах эффективного использования радиочастотного спектра и геостационарной орбиты с учетом потребностей различных радиослужб;
- b) рекомендовать нормы на характеристики радиосистем и технических устройств, которые гарантируют их эффективное взаимодействие и совместимость в международной электросвязи;
- c) осуществлять сбор, обмен, анализ и распространение технической информации, получаемой в результате исследований МККР, и другой имеющейся информации в интересах развития, планирования и эксплуатации радиосистем, включая любые необходимые специальные меры, требующиеся для облегчения использования такой информации в развивающихся странах.

* См. также Устав МСЭ, Ницца, 1989 г., Глава 1, Ст. 11, п. 84.



XVII ПЛЕНАРНАЯ АССАМБЛЕЯ
ДЮССЕЛЬДОРФ, 1990



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

РЕКОМЕНДАЦИИ МККР, 1990

(ВКЛЮЧАЯ РЕЗОЛЮЦИИ И МНЕНИЯ)

ТОМ V

РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН В НЕИОНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ

МККР

МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНСУЛЬТАТИВНЫЙ КОМИТЕТ ПО РАДИО

92-61-04214-7

ПЛАН ТОМОВ I—XV XVII ПЛЕНАРНОЙ АССАМБЛЕИ МККР

(Дюссельдорф, 1990 г.)

ТОМ I (Рекомендации) <i>Приложение к т. I (Отчеты)</i>	Использование спектра и контроль
ТОМ II (Рекомендации) <i>Приложение к т. II (Отчеты)</i>	Служба космических исследований и радиоастрономическая служба
ТОМ III (Рекомендации) <i>Приложение к т. III (Отчеты)</i>	Фиксированная служба на частотах ниже приблизительно 30 МГц
ТОМ IV-1 (Рекомендации) <i>Приложение к т. IV-1 (Отчеты)</i>	Фиксированная спутниковая служба
ТОМА IV/IX-2 (Рекомендации) <i>Приложение к тт. IV/IX-2 (Отчеты)</i>	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и радиорелейными системами
ТОМ V (Рекомендации) <i>Приложение к т. V (Отчеты)</i>	Распространение радиоволн в неионизированной среде
ТОМ VI (Рекомендации) <i>Приложение к т. VI (Отчеты)</i>	Распространение радиоволн в ионизированной среде
ТОМ VII (Рекомендации) <i>Приложение к т. VII (Отчеты)</i>	Стандартные частоты и сигналы времени
ТОМ VIII (Рекомендации) <i>Приложение 1 к т. VIII (Отчеты)</i> <i>Приложение 2 к т. VIII (Отчеты)</i> <i>Приложение 3 к т. VIII (Отчеты)</i>	Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская служба и соответствующие спутниковые службы Сухопутная подвижная служба — Любительская служба — Любительская спутниковая служба Морская подвижная служба Подвижные спутниковые службы (воздушная, сухопутная, морская, подвижная и радиоопределения) — Воздушная подвижная служба
ТОМ IX-1 (Рекомендации) <i>Приложение к т. IX-1 (Отчеты)</i>	Фиксированная служба, использующая радиорелейные системы
ТОМ X-1 (Рекомендации) <i>Приложение к т. X-1 (Отчеты)</i>	Радиовещательная служба (звуковая)
ТОМА X/XI-2 (Рекомендации) <i>Приложение к тт. X/XI-2 (Отчеты)</i>	Радиовещательная спутниковая служба (звуковая и телевизионная)
ТОМА X/XI-3 (Рекомендации) <i>Приложение к тт. X/XI-3 (Отчеты)</i>	Запись звуковых и телевизионных сигналов
ТОМ XI-1 (Рекомендации) <i>Приложение к т. XI-1 (Отчеты)</i>	Радиовещательная служба (телевизионная)
ТОМ XII (Рекомендации) <i>Приложение к т. XII (Отчеты)</i>	Передача телевизионных и звуковых сигналов (СМТТ)
ТОМ XIII (Рекомендации)	Словарь (CCV)
ТОМ XIV	Административные тексты МККР
ТОМ XV-1 (Вопросы)	1, 12, 5, 6, 7-я Исследовательские комиссии
ТОМ XV-2 (Вопросы)	8-я Исследовательская комиссия
ТОМ XV-3 (Вопросы)	10, 11-я Исследовательские комиссии и СМТТ
ТОМ XV-4 (Вопросы)	4, 9-я Исследовательские комиссии

Все ссылки в текстах на Рекомендации, Отчеты, Резолюции, Мнения, Решения и Вопросы МККР относятся, если не оговорено иначе, к изданию 1990 г., то есть указывается только основной номер.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕКСТОВ XVII ПЛЕНАРНОЙ АССАМБЛЕИ МККР В ТОМАХ I–XV

Томы I–XV и Приложения к ним XVII Пленарной Ассамблеи содержат все действующие тексты МККР и заменяют аналогичные тома XVI Пленарной Ассамблеи, Дубровник, 1986 г.

1. Рекомендации, Резолюции, Мнения содержатся в томах I–XIV, а Отчеты, Решения – в Приложениях к томам I–XII.

1.1 Нумерация текстов

Если какой-либо текст Рекомендации, Отчета, Резолюции или Мнения изменяется, он сохраняет свой номер, к которому добавляется дефис и цифра, указывающая на количество произведенных пересмотров текста. Однако в самих текстах Рекомендаций, Отчетов, Резолюций, Мнений и Решений даются ссылки только на основной номер (например, Рекомендация 253). Такие ссылки, если не указано иначе, следует рассматривать как ссылки на последний вариант текста.

В представленных ниже таблицах приведены только первоначальные номера действующих текстов без указания последующих изменений, которые могли иметь место. Более подробная информация о данной системе нумерации содержится в томе XIV.

1.2 Рекомендации

Номер	Том	Номер	Том	Номер	Том
48	X-1	368–370	V	479	II
80	X-1	371–373	VI	480	III
106	III	374–376	VII	481–484	IV-1
139	X-1	377, 378	I	485, 486	VII
162	III	380–393	IX-1	487–493	VIII-2
182	I	395–405	IX-1	494	VIII-1
215, 216	X-1	406	IV/IX-2	496	VIII-2
218, 219	VIII-2	407, 408	X/XI-3	497	IX-1
239	I	411, 412	X-1	498	X-1
240	III	415	X-1	500	XI-1
246	III	417	XI-1	501	X/XI-3
257	VIII-2	419	XI-1	502, 503	XII
265	X/XI-3	428	VIII-2	505	XII
266	XI-1	430, 431	XIII	508	I
268	IX-1	433	I	509, 510	II
270	IX-1	434, 435	VI	513–517	II
275, 276	IX-1	436	III	518–520	III
283	IX-1	439	VIII-2	521–524	IV-1
290	IX-1	441	VIII-3	525–530	V
302	IX-1	443	I	531–534	VI
305, 306	IX-1	444	IX-1	535–538	VII
310, 311	V	446	IV-1	539	VIII-1
313	VI	450	X-1	540–542	VIII-2
314	II	452, 453	V	546–550	VIII-3
326	I	454–456	III	552, 553	VIII-3
328, 329	I	457, 458	VII	555–557	IX-1
331, 332	I	460	VII	558	IV/IX-2
335, 336	III	461	XIII	559–562	X-1
337	I	463	IX-1	565	XI-1
338, 339	III	464–466	IV-1	566	X/XI-2
341	V	467, 468	X-1	567–572	XII
342–349	III	469	X/XI-3	573, 574	XIII
352–354	IV-1	470–472	XI-1	575	I
355–359	IV/IX-2	473, 474	XII	576–578	II
362–364	II	475, 476	VIII-2	579, 580	IV-1
367	II	478	VIII-1	581	V

IV

1.2 Рекомендации (продолжение)

Номер	Том	Номер	Том	Номер	Том
582, 583	VII	625–631	VIII-2	676–682	V
584	VIII-1	632, 633	VIII-3	683, 684	VI
585–589	VIII-2	634–637	IX	685, 686	VII
591	VIII-3	638–641	X-1	687	VIII-1
592–596	IX-1	642	X-1	688–693	VIII-2
597–599	X-1	643, 644	X-1	694	VIII-3
600	X/XI-2	645	X-1 + XII	695–701	IX-1
601	XI-1	646, 647	X-1	702–704	X-1
602	X/XI-3	648, 649	X/XI-3	705	X-1 ⁽¹⁾
603–606	XII	650–652	X/XI-2	706–708	X-1
607, 608	XIII	653–656	XI-1	709–711	XI-1
609–611	II	657	X/XI-3	712	X/XI-2
612, 613	III	658–661	XII	713–716	X/XI-3
614	IV-1	662–666	XIII	717–721	XII
615	IV/IX-2	667–669	I	722	XII
616–620	V	670–673	IV-1	723, 724	XII
622–624	VIII-1	674, 675	IV/IX-2		

1.3 Отчеты

Номер	Том	Номер	Том	Номер	Том
19	III	319	VIII-1	472	X-1
122	XI-1	322	VI ⁽¹⁾	473	X/XI-2
137	IX-1	324	I	476	XI-1
181	I	327	III	478	XI-1
183	III	336*	V	481–485	XI-1
195	III	338	V	488	XII
197	III	340	VI ⁽¹⁾	491	XII
203	III	342	VI	493	XII
208	IV-1	345	III	496, 497	XII
209	IV/IX-2	347	III	499	VIII-1
212	IV-1	349	III	500, 501	VIII-2
214	IV-1	354–357	III	509	VIII-3
215	X/XI-2	358	VIII-1	516	X-1
222	II	363, 364	VII	518	VII
224	II	371, 372	I	521, 522	I
226	II	375, 376	IX-1	525, 526	I
227*	V	378–380	IX-1	528	I
228, 229	V	382	IV/IX-2	533	I
238, 239	V	384	IV-1	535, 536	II
249–251	VI	386–388	IV/IX-2	538	II
252	VI ⁽¹⁾	390, 391	IV-1	540, 541	II
253–255	VI	393	IV/IX-2	543	II
258–260	VI	395	II	546	II
262, 263	VI	401	X-1	548	II
265, 266	VI	404	XI-1	549–551	III
267	VII	409	XI-1	552–558	IV-1
270, 271	VII	411, 412	XII	560, 561	IV-1
272, 273	I	430–432	VI	562–565	V
275–277	I	435–437	III	567	V
279	I	439	VII	569	V
285	IX-1	443	IX-1	571	VI
287*	IX-1	445	IX-1	574, 575	VI
289*	IX-1	448, 449	IV/IX-2	576–580	VII
292	X-1	451	IV-1	584, 585	VIII-2
294	X/XI-3	453–455	IV-1	588	VIII-2
300	X-1	456	II	607	IX-1
302–304	X-1	458	X-1	610*	IX-1
311–313	XI-1	463, 464	X-1	612–615	IX-1
314	XII	468, 469	X/XI-3	622	X/XI-3

* Не пересиздается, см. Дубровник, 1986 г.

⁽¹⁾ Издан отдельно.

1.3 Отчеты (продолжение)

Номер	Том	Номер	Том	Номер	Том
624–626	XI-1	790–793	IV/IX-2	972–979	I
628, 629	XI-1	795	X-1	980–985	II
630	X/XI-3	798, 799	X-1	987, 988	II
631–634	X/XI-2	801, 802	XI-1	989–996	III
635–637	XII	803	X/XI-3	997–1004	IV-1
639	XII	804, 805	XI-1	1005, 1006	IV/IX-2
642, 643	XII	807–812	X/XI-2	1007–1010	V
646–648	XII	814	X/XI-2	1011, 1012	VI
651	I	815, 816	XII	1016, 1017	VII
654–656	I	818–823	XII	1018–1025	VIII-1
659	I	826–842	I	1026–1033	VIII-2
662–668	I	843–854	II	1035–1039	VIII-2
670, 671	I	857	III	1041–1044	VIII-2
672–674	II	859–865	III	1045	VIII-3
676–680	II	867–870	IV-1	1047–1051	VIII-3
682–685	II	872–875	IV-1	1052–1057	IX-1
687	II	876, 877	IV/IX-2	1058–1061	X-1
692–697	II	879, 880	V	1063–1072	X-1
699, 700	II	882–885	V	1073–1076	X/XI-2
701–704	III	886–895	VI	1077–1089	XI-1
706	IV-1	896–898	VII	1090–1092	XII
709	IV/IX-2	899–904	VIII-1	1094–1096	XII
710	IV-1	908	VIII-2	1097–1118	I
712, 713	IV-1	910, 911	VIII-2	1119–1126	II
714–724	V	913–915	VIII-2	1127–1133	III
725–729	VI	917–923	VIII-3	1134–1141	IV-1
731, 732	VII	925–927	VIII-3	1142, 1143	IV/IX-2
735, 736	VII	929	VIII-3 ⁽¹⁾	1144–1148	V
738	VII	930–932	IX-1	1149–1151	VI
739–742	VIII-1	934	IX-1	1152	VII
743, 744	VIII-2	936–938	IX-1	1153–1157	VIII-1
748, 749	VIII-2	940–942	IX-1	1158–1168	VIII-2
751	VIII-3	943–947	X-1	1169–1186	VIII-3
760–764	VIII-3	950	X/XI-3	1187–1197	IX-1
766	VIII-3	951–955	X/XI-2	1198	X-1 ⁽¹⁾
770–773	VIII-3	956	XI-1	1199–1204	X-1
774, 775	VIII-2	958, 959	XI-1	1205–1226	XI-1
778	VIII-1	961, 962	XI-1	1227, 1228	X/XI-2
780*	IX-1	963, 964	X/XI-3	1229–1233	X/XI-3
781–789	IX-1	965–970	XII	1234–1241	XII

* Не переиздается, см. Дубровник, 1986 г.

⁽¹⁾ Издан отдельно.

1.3.1 Примечание к Отчетам

Отдельное примечание "Принят единодушно" во всех Отчетах исключено. Отчеты, опубликованные в Приложениях к томам, были приняты единодушно, за исключением тех случаев, когда имели место оговорки, которые воспроизводятся как отдельные примечания.

1.4 Резолюции

Номер	Том	Номер	Том	Номер	Том
4	VI	62	I	86, 87	XIV
14	VII	63	VI	88	I
15	I	64	X-1	89	XIII
20	VIII-1	71	I	95	XIV
23	XIII	72, 73	V	97–109	XIV
24	XIV	74	VI	110	I
33	XIV	76	X-1	111, 112	VI
39	XIV	78	XIII	113, 114	XIII
61	XIV	79–83	XIV		

1.5 Мнения

Номер	Том	Номер	Том	Номер	Том
2	I	45	VI	73	VIII-1
11	I	49	VIII-1	74	X-1 + X/XI-3
14	IX-1	50	IX-1	75	XI-1 + X/XI-3
15	X-1	51	X-1	77	XIV
16	X/XI-3	56	IV-1	79–81	XIV
22, 23	VI	59	X-1	82	VI
26–28	VII	63	XIV	83	XI-1
32	I	64	I	84	XIV
35	I	65	XIV	85	VI
38	XI-1	66	III	87, 88	XIV
40	XI-1	67–69	VI	89	IX-1
42	VIII-1	71–72	VII	90	X/XI-3
43	VIII-2				

1.6 Решения

Номер	Том	Номер	Том	Номер	Том
2	IV-1	60	XI-1	87	IV/IX-2
4, 5	V	63	III	88, 89	IX-1
6	VI	64	IV-1	90, 91	XI-1
9	VI	65	VII	93	X/XI-2
11	VI	67, 68	XII	94	X-1
18	X-1 + XI-1 +	69	VIII-1	95	X-1 + XI-1
27	XII	70	IV-1	96, 97	X-1
42	I	71	VIII-3	98	X-1 + XII
43	XI-1	72	X-1 + XI-1	99	X-1
51	X/XI-2		IV-1 + X-1 +	100	I
53, 54	X/XI-2	76	XI-1 + XII	101	II
56	I	77	XII	102	V
57	I	78, 79	X-1	103	VIII-3
58	VI	80	XI-1	105	XIV
59	XI-1	81	VIII-3	106	XI-1
	X/XI-3	83–86	VI		

2. Вопросы (Тома XV-1, XV-2, XV-3, XV-4)

2.1 Нумерация текстов

Вопросы имеют отдельную нумерацию для каждой Исследовательской комиссии: при необходимости после номера Вопроса добавляются дефис и цифра, указывающая количество последующих изменений. После номера Вопроса ставится *арабская цифра, указывающая соответствующую Исследовательскую комиссию*. Например:

- Вопрос 1/10 означает, что это Вопрос 10-й Исследовательской комиссии и что действует его первоначальный текст;
- Вопрос 1-1/10 означает, что это Вопрос 10-й Исследовательской Комиссии с текстом, который был изменен один раз по сравнению с первоначальным; Вопрос 1-2/10 будет Вопросом 10-й Исследовательской Комиссии, текст которого имел два последующих изменения.

Примечание. – Вопросы 7, 9 и 12-й Исследовательских Комиссий начинаются с номера 101. В случаях, относящихся к 7-й и 9-й Исследовательским комиссиям, это вызвано необходимостью объединить Вопросы бывших 2-й и 7-й Исследовательских комиссий, а также 3-й и 9-й Исследовательских комиссий соответственно. В случаях, относящихся к 12-й Исследовательской комиссии, перенумерация связана с необходимостью переноса Вопросов из других Исследовательских комиссий.

2.2 Размещение Вопросов

В плане, представленном на странице II, указывается соответствующая часть тома XV, в которой находятся Вопросы каждой Исследовательской комиссии. Сводная таблица всех Вопросов с их названиями, прежними и новыми номерами, помещена в томе XIV.

2.3 Ссылки на Вопросы

Как подробно изложено в Резолюции 109, Пленарная Ассамблея одобрила Вопросы и разместила их по Исследовательским комиссиям для целей рассмотрения. Пленарная Ассамблея приняла также решение исключить Исследовательские программы. Поэтому в Резолюции 109 отмечены те Исследовательские программы, которые были одобрены для перевода в новые Вопросы или для объединения с действующими Вопросами. Следует иметь в виду, что ссылки на Вопросы и Исследовательские программы, содержащиеся в текстах Рекомендаций и Отчетов в томах I—XIII, остались теми же, что использовались во время исследовательского периода 1986—1990 гг.

При необходимости в Вопросах приводятся ссылки на прежние Исследовательские программы или Вопросы, из которых они возникли. Новые номера присвоены тем Вопросам, которые возникли из Исследовательских программ или переведены в другую Исследовательскую комиссию.

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

ТОМ V

РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН В НЕИОНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ

(5-я Исследовательская Комиссия)

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
План томов I–XV XVII Пленарной Ассамблеи МККР	II
Распределение текстов XVII Пленарной Ассамблеи МККР в томах I–XV	III
Содержание	IX
Перечень текстов в порядке их нумерации	XI
Мандат 5-й Исследовательской Комиссии и введение, представленное Председателем 5-й Исследовательской Комиссии	XIII
 <i>Раздел 5A — Тексты по общим вопросам</i>	
Введение к текстам 5-й Исследовательской Комиссии. <i>Распространение радиоволн в неионизированной среде</i>	1
Рек. 525-1 Расчет ослабления в свободном пространстве	5
Рек. 341-2 Концепция потерь передачи для радиолиний	10
Рек. 311-5 Сбор, представление и анализ данных при исследовании распространения тропосферных волн	16
Рек. 310-7 Определения терминов, относящихся к распространению радиоволн в неионизированной среде	17
 <i>Раздел 5B — Влияние земли (включая распространение земной волны)</i>	
Рек. 368-6 Кривые распространения земной волны для частот между 10 кГц и 30 МГц	21
Рек. 526-1 Распространение радиоволн за счет дифракции	37
Рек. 527-2 Электрические характеристики поверхности Земли	38
 <i>Раздел 5C — Влияние атмосферы (радиометеорология)</i>	
Рек. 369-4 Эталонная атмосфера для рефракции	41
Рек. 453-2 Формула для индекса рефракции радиоволн	42
Рек. 676 Ослабление в атмосферных газах	43
Рек. 677 Радиоизлучение от естественных источников на частотах выше 50 МГц	44
Рек. 678 Оценка природной изменчивости явлений распространения радиоволн	45
Рек. 581-2 Концепция "наихудшего месяца"	46
 <i>Раздел 5D — Аспекты, относящиеся к наземным радиовещательной и подвижной службам</i>	
Рек. 370-5 Кривые распространения ОВЧ и УВЧ для диапазона частот от 30 МГц до 1000 МГц. <i>Радиовещательные службы</i>	47
Рек. 616 Данные о распространении радиоволн для наземных морских подвижных служб, действующих на частотах выше 30 МГц	75
Рек. 528-2 Кривые распространения радиоволн для воздушной подвижной и радионавигационной служб, работающих в диапазонах ОВЧ, УВЧ и СВЧ	76
Рек. 529-1 Данные о распространении радиоволн в диапазонах ОВЧ и УВЧ и методы прогнозирования, необходимые для наземных сухопутных подвижных служб	85

Раздел 5E — Аспекты, относящиеся к наземной фиксированной службе

Рек. 530-3	Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования, необходимые для проектирования наземных систем, работающих в пределах прямой видимости	87
Рек. 617	Данные о распространении радиоволн, необходимые для проектирования тропосферных радиорелейных систем	88

Раздел 5F — Аспекты, относящиеся к космическим системам связи

Рек. 618-1	Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования, необходимые для проектирования систем связи Земля-космос	89
Рек. 679	Данные о распространении радиоволн, необходимые для проектирования радиовещательных спутниковых систем	90
Рек. 680 ^o	Данные о распространении радиоволн, необходимые для проектирования морских подвижных систем связи Земля-космос	91
Рек. 681	Данные о распространении радиоволн, необходимые для проектирования сухопутных подвижных систем связи Земля-космос	92
Рек. 682	Данные о распространении радиоволн, необходимые для проектирования воздушных подвижных систем связи Земля-космос	93

Раздел 5G — Данные о распространении радиоволн, необходимые для определения помех: космические и наземные системы

Рек. 452-4	Данные о распространении радиоволн, необходимые для определения помех между станциями на поверхности Земли	95
Рек. 619	Данные о распространении радиоволн, необходимые для определения помех между станциями, находящимися в космосе и на поверхности Земли	96
Рек. 620	Данные о распространении радиоволн, необходимые для расчета координационных расстояний	97

Резолюции

Резолюция 72-2	Справочник по кривым распространения земной волны	99
Резолюция 73-1	Мировой атлас проводимости почвы	100
Резолюция 79	Исследования по распространению радиоволн в тропических районах (см. том XIV-1)	101

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕКСТОВ В ПОРЯДКЕ ИХ НУМЕРАЦИИ

	Стр.
РАЗДЕЛ 5A:	1
РАЗДЕЛ 5B:	21
РАЗДЕЛ 5C:	41
РАЗДЕЛ 5D:	47
РАЗДЕЛ 5E:	87
РАЗДЕЛ 5F:	89
РАЗДЕЛ 5G:	95

РЕКОМЕНДАЦИИ	Раздел	Стр.
Рекомендация 310-7	5A	17
Рекомендация 311-5	5A	16
Рекомендация 341-2	5A	10
Рекомендация 368-6	5B	21
Рекомендация 369-4	5C	41
Рекомендация 370-5	5D	47
Рекомендация 452-4	5G	95
Рекомендация 453-2	5C	42
Рекомендация 525-1	5A	5
Рекомендация 526-1	5B	37
Рекомендация 527-2	5B	38
Рекомендация 528-2	5D	76
Рекомендация 529-1	5D	85
Рекомендация 530-3	5E	87
Рекомендация 581-2	5C	46
Рекомендация 616	5D	75
Рекомендация 617	5E	88
Рекомендация 618-1	5F	89
Рекомендация 619	5G	96
Рекомендация 620	5G	97
Рекомендация 676	5C	43
Рекомендация 677	5C	44
Рекомендация 678	5C	45
Рекомендация 679	5F	90
Рекомендация 680	5F	91
Рекомендация 681	5F	92
Рекомендация 682	5F	93

Примечание. — В данном перечне не воспроизводятся Резолюции, которые в содержании оказались уже представленными в порядке их нумерации.

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

5-я ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ КОМИССИЯ

РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН В НЕИОНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ

Мандат:

- Изучение в целях улучшения радиосвязи распространения радиоволн (и изучение соответствующих радишумов):
- у поверхности Земли,
 - через неионизированные области атмосферы Земли,
 - и в космосе, где влияние ионизации незначительно.

1986–1990 гг.

Председатель: А. КАЛИНИН (СССР)
 Вице-председатели: Ф. ФЕДИ (Италия)
 И. ХОСОЯ (Япония)

Что касается следующего исследовательского периода, то Резолюцией 61, принятой XVII Пленарной Ассамблеей, Дюссельдорф (май – июнь 1990 г.), определена сфера предстоящей деятельности, а также названы фамилии Председателя и Вице-председателей, которые приводятся ниже:

5-я ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ КОМИССИЯ

РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН В НЕИОНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ

Сфера деятельности:

Распространение радиоволн и соответствующих шумовых явлений в неионизированной среде вблизи и выше поверхности Земли в целях совершенствования систем радиосвязи.

1990–1994 гг.

Председатель: А. КАЛИНИН (СССР)
 Вице-председатели: Ф. ФЕДИ (Италия)
 И. ХОСОЯ (Япония)

ВВЕДЕНИЕ, ПРЕДСТАВЛЕННОЕ ПРЕДСЕДАТЕЛЕМ 5-Й ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ КОМИССИИ

В исследовательский период 1986–1990 гг. 5-я Исследовательская Комиссия продолжала всестороннее изучение различных аспектов распространения радиоволн в неионизированной среде с учетом потребностей наземных и космических служб. Об объеме выполненной работы свидетельствует тот факт, что на Промежуточном и Заключительном собраниях 5-й Исследовательской Комиссии было рассмотрено более 400 документов.

5-я Исследовательская Комиссия продолжала укреплять сотрудничество с другими Исследовательскими Комиссиями в целях удовлетворения практических потребностей Исследовательских Комиссий, ответственных за конкретные службы. В частности, на Заключительном собрании было принято решение, что 5-я Исследовательская Комиссия должна участвовать в двух Объединенных временных рабочих группах, одна из которых занимается подготовкой Отчета МККР к ВАКР-92, а вторая – определением координационной зоны в целях обновления Приложения 28 к Регламенту радиосвязи.

XIV

Работа Временных рабочих групп (ВРГ)

Работа, проведенная после XVI Пленарной Ассамблеи в рамках четырех ВРГ 5-й Исследовательской Комиссии, описывается ниже.

ВРГ 5/1 (Решение 3)

Влияние поверхности Земли и общие вопросы тропосферного распространения

Председатель: А. Бломквист (Швеция)

ВРГ 5/1 провела два собрания и был выполнен значительный объем работы по переписке, а также в Секретариате. Основные направления работы были следующими:

- в соответствии с Резолюцией 72 подготовка Справочника по кривым распространения радиоволн над поверхностью Земли;
- уточнение Рекомендации 368, включая и поправку, учитывающую влияние ближнего поля;
- методы обработки дифракционного распространения над несколькими клиновидными препятствиями и независимые методы прогнозирования для трасс, проходящих над пересеченной местностью;
- рассмотрение текстов по общим вопросам, содержащихся в томе V, в том числе предполагаемый пересмотр "Введения к текстам".

На своем Заключительном собрании Исследовательская Комиссия отметила, что ВРГ успешно выполнила свой мандат и что Решение 3 должно быть аннулировано. В связи с этим ВРГ 5/1 была распущена.

Однако Исследовательская Комиссия признала необходимость проведения некоторых конкретных исследований, относящихся к влиянию местности и индустриальных структур. В частности, такая работа могла бы значительно выиграть от использования цифровых баз данных о местности. В результате Исследовательская Комиссия приняла Решение 102 (Прогнозирование распространения радиоволн, основанное на цифровых базах данных о местности, а также о неровностях местности и об индустриальных структурах), согласно которому для выполнения надлежащих исследований создается новая ВРГ 5/6.

ВРГ 5/2 (Решение 4)

Данные о тропосферном распространении радиоволн для планирования космических и наземных систем связи пункта с пунктом и определение вероятных помех между системами.

Председатель: М.П.М. Холл (Соединенное Королевство)

В течение исследовательского периода было проведено два собрания: работа ВРГ в основном включала в себя:

- рассмотрение и разработку банков данных 5-й Исследовательской Комиссии, выполненные недавно на компьютеризированной системе управления базами данных;
- изучение результатов работы Испытательных групп, отвечающих за проверку методов прогнозирования, изложенных в разделах E, F и G; результатом этой работы стала рекомендация по выбору одного метода оценки ослабления в дожде на линии Земля – космос;
- подготовку ответов на вопросы, поставленные перед 5-й Исследовательской Комиссией другими Исследовательскими Комиссиями.

На Заключительном собрании было пересмотрено Решение 4, в котором дополнительно к охвату более широких аспектов проблем, изложенных в разделах E, F и G, особое значение придается:

- данным о распространении радиоволн, относящимся к прогнозированию уровней помех и определению координационного расстояния;
- действию новых данных, полученных в тропических районах, на рекомендуемые в Отчетах 338 и 564 методы прогнозирования ослабления в дожде.

ВРГ 5/3 (Решение 5)

Влияние неионизированных областей атмосферы на распространение радиоволн

Председатель: Ф. Феди (Италия)

ВРГ в течение исследовательского периода собиралась дважды и подготовила проекты существенных изменений ко многим основным текстам по радиометеорологии. Кроме того, статистической оценке данных посвящен Отчет 1147 и этот Отчет имеет особое отношение к текущей работе Исследовательской Комиссии, связанной с проверкой методов прогнозирования сравнительно с данными измерений.

Другими темами исследований являлись:

- вертикальная и горизонтальная структуры дождя;
- изменение высоты изотермы нулевого градуса по широте;
- пересчет частот;

- изучение данных об интенсивности дождей на низких широтах и создание банка данных МККР об интенсивности дождей;
- влияние облаков и тумана на частотах выше примерно 20 ГГц;
- моделирование тропосферного мерцания и соответствующие данные измерений.

В дополнение к общим исследованиям радиометеорологических явлений во вновь пересмотренном Решении 5 предлагаются следующие конкретные исследования по

- климатологии и естественной изменчивости дождя, а также их воздействиям;
- метеорологическим данным и моделям прогнозирования ослабления на линии Земля–космос для процентов времени от 0,1 до 10%.

ВРГ 5/5 (Решение 50)

Данные о тропосферном распространении радиоволн для радиовещательной и подвижной служб

Председатель: Х. Бертод (Франция)

Было проведено два собрания; в работе ВРГ основное место занимала межсессионная работа для РАКР АФРВ. При подготовке главы по распространению радиоволн для Отчета МККР ко второй сессии Конференции использовались соответствующие данные измерений, полученные из Буркина-Фасо, Тель-Авива и Южной Африки, а также исследования, проведенные с учетом данных о преломляющей способности; был также подготовлен материал, касающийся совместного использования частот в ТВ диапазоне V и использования круговой поляризации в телевизионном радиовещании.

Кроме того, ВРГ провела значительную переоценку метода прогнозирования, приведенного в Рекомендации 370 для радиовещательной службы в диапазонах ОВЧ и УВЧ, в целях разработки универсального метода для всех трасс распространения радиоволн из пункта в зону, учитывая при этом подвижные системы. ВРГ было также поручено произвести полный пересмотр Отчета 567, касающегося данных о распространении радиоволн для сухопутной подвижной службы и методов прогнозирования.

На Заключительном собрании Исследовательской Комиссии было решено аннулировать Решение 50 и в связи с этим ВРГ 5/5 распустить. Однако было признано, что требуется дополнительная работа по вопросам наземных радиовещательной и сухопутной подвижной служб, и в результате после консультации с Директором МККР Исследовательская Комиссия предложила Председателю определить необходимые исследования, которые должна впоследствии провести новая ВРГ. Основное внимание в мандате этой новой Рабочей группы (ВРГ 5/7) уделяется, в частности, характеристикам единого метода прогнозирования, пригодного как для радиовещательной, так и для сухопутной подвижной служб.

ОВРГ ОРБ (2) (Исследования МККР, которые должны быть проведены в межсессионный период для представления на вторую сессию ВАКР ОРБ-88)

Вклад 5-й Исследовательской Комиссии в ОВРГ был подготовлен Специальным Докладчиком, который еще до собрания просмотрел информацию о распространении радиоволн, помещенную в томе V и относящуюся к межсессионным исследованиям, и обобщил эту информацию для последующей передачи в ОВРГ.

ОВРГ АФРВ (2) (Работа МККР по подготовке к РАКР АФРВ (2))

В течение исследовательского периода данная ОВРГ провела два собрания. Основной вклад от 5-й Исследовательской Комиссии был сделан ВРГ 5/5, которая подготовила для включения в Отчет МККР главу, касающуюся распространения радиоволн.

Основные результаты

На Промежуточном и Заключительном собраниях 5-й Исследовательской Комиссии были внесены дополнения и уточнения к большинству текстов Исследовательской Комиссии, были подготовлены новые Рекомендации и Отчеты, а также много времени было уделено обновлению Вопросов и Исследовательских Программ. Ниже приводится краткий обзор дополнений и поправок, сделанных к текстам всех разделов тома V.

Раздел 5А — Тексты по общим вопросам

Подготовлен Отчет 1144 по проблемам создания банков данных о распространении радиоволн, необходимых для обновления существующих методов прогнозирования и разработки новых методов. В Отчете приводятся формы для представления данных по различным аспектам распространения радиоволн. С учетом нового Отчета были внесены поправки в Рекомендацию 311. Обновлено введение к текстам 5-й Исследовательской Комиссии. Внесены дополнения и поправки к Рекомендации 310 "Определения терминов, относящихся к распространению радиоволн в неионизированной среде" и к Отчету 1007 "Распределения вероятности в распространении радиоволн". Было решено не переиздавать Отчет 227 "Основные методы измерений напряженности поля и связанных с ней параметров" в новом издании тома V, поскольку по существу это текст справочного характера. Достаточно будет дать перекрестные ссылки на том V XVI Пленарной Ассамблеи МККР, где приведен этот Отчет.

Раздел 5B – Влияние земли (включая распространение земной волны)

Подготовлен Отчет 1145, озаглавленный "Распространение радиоволн над пересеченной местностью, покрытой растительностью и без нее", в котором изучаются различные модели аппроксимации неровностей местности и методы прогнозирования потерь передачи над пересеченной местностью, а также приводятся оценки величин ослабления из-за влияния лесов и кустарников. Внесены дополнения и поправки к Отчету 715 "Распространение радиоволн за счет дифракции" и к Отчету 1008 "Отражение от поверхности Земли". Что касается Отчета 227, Исследовательская Комиссия приняла решение не переиздавать Отчет 336, а сделать ссылку на вариант текста, приведенный в томе V (Дубровник, 1986 г.).

Раздел 5C – Влияние атмосферы (радиометеорология)

Подготовлены три новых Рекомендации: Рекомендация 676 "Ослабление в атмосферных газах", Рекомендация 677 "Радиоизлучение от естественных источников на частотах выше 50 МГц" и Рекомендация 678 "Оценка природной изменчивости явлений распространения радиоволн". Подготовлен также Отчет 1147, озаглавленный "Статистическая оценка данных", в котором предлагаются конкретные модели для оценки изменчивости данных о распространении радиоволн. Были сделаны дополнения и поправки к Отчету 563 "Радиометеорологические данные"; к Отчету 721 "Ослабление в гидрометеорах, в частности в осадках и в других атмосферных частицах"; к Отчету 718 "Влияние тропосферной рефракции на распространение радиоволн"; к Отчету 723 "Статистика наихудшего месяца"; к Отчету 722 "Кросс-поляризация, обусловленная атмосферой"; к Отчету 719 "Ослабление в атмосферных газах"; и к Отчету 882 "Рассеяние осадками".

Раздел 5D – Аспекты, относящиеся к наземным радиовещательной и подвижной службам

Внесены дополнения и поправки в Отчет 567 "Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования для наземной сухопутной подвижной службы, использующей полосу частот от 30 МГц до 3 ГГц", касающиеся явления деполяризации, влияния растительности и зданий на напряженность поля и определения структуры многолучевого сигнала. Некоторые новые данные включены в текст Отчета 239 "Статистика распространения радиоволн, необходимая для радиовещательных служб, использующих полосу частот от 30 до 1000 МГц" и в Отчет 562 "Данные о распространении радиоволн, необходимые для наземного радиовещания и систем связи пункта со многими пунктами в полосах частот выше 10 ГГц".

Раздел 5E – Аспекты, относящиеся к наземной фиксированной службе

Внесены существенные поправки в текст Рекомендации 530 "Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования, необходимые для проектирования наземных систем прямой видимости". В этой Рекомендации теперь приводятся подробные данные об аспектах распространения радиоволн, рассматриваемых в Отчете 338 и применимые к таким системам. Отчет 338 дополнен новой информацией. Новые данные включены в Отчет 238 "Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования, необходимые для наземных тропосферных систем".

Раздел 5F – Аспекты, относящиеся к космическим системам связи

Подготовлены четыре новые Рекомендации. Первая из них – "Данные о распространении радиоволн, необходимые для проектирования радиовещательных спутниковых систем" предлагает, чтобы для этих систем использовались данные, приведенные в Отчете 565. Вторая – "Данные о распространении радиоволн, необходимые для проектирования морских подвижных систем связи Земля–космос" предлагает, чтобы для этих систем использовались данные, приведенные в Отчете 884. Рекомендация 681 "Данные о распространении радиоволн, необходимые для проектирования сухопутных подвижных систем связи Земля–космос" предлагает, чтобы для этих систем использовались методы, изложенные в Отчете 1009. Рекомендация 682 "Данные о распространении радиоволн, необходимые для проектирования воздушных подвижных систем связи Земля–космос" предлагает, чтобы для этих систем использовались данные, приведенные в Отчете 1148; в новом Отчете описываются специфические явления распространения радиоволн при полете воздушного судна на больших высотах и с высокими скоростями. Поправки внесены в Рекомендацию 618 "Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования, необходимые для проектирования систем связи Земля–космос". Новыми данными дополнены все Отчеты Раздела 5F.

Раздел 5G – Данные о распространении радиоволн, необходимые для определения помех: космические и наземные системы

Подготовлен Отчет 1146 "Рассеяние радиоволн местностью как фактор помех". Сделаны дополнения к Отчету 569 "Определение факторов распространения радиоволн в проблеме помех между станциями на поверхности Земли на частотах выше примерно 0,5 ГГц" и к Отчету 885 "Данные о распространении радиоволн, необходимые для определения помех между станциями, находящимися в космосе и на поверхности Земли".

Вопросы и Исследовательские Программы

Прodelана большая работа по обновлению Вопросы и Исследовательских Программ. При этом основное внимание уделялось формулировке Вопросы таким образом, чтобы дать достаточно подробные указания по исследованию аспектов распространения радиоволн, имеющих отношение к потребностям различных служб. На основе существующих Вопросы и Исследовательских Программ были подготовлены 13 новых и два пересмотренных Вопросы:

- Вопрос 1-4/5 Влияние земли на распространение радиоволн на частотах ниже 30 МГц
- Вопрос 2-5/5 Радиометеорологические данные, необходимые для планирования наземных и космических систем связи и для использования в космических исследованиях
- Вопрос 9/5 Прогнозирование распространения радиоволн с учетом подробных характеристик местности и цифровых баз данных о местности
- Вопрос 10/5 Влияние неровностей местности, растительности и зданий на тропосферное распространение радиоволн
- Вопрос 11/5 Данные о распространении радиоволн, необходимые для наземной радиовещательной службы в полосе частот от 30 МГц до 10 ГГц
- Вопрос 12/5 Данные о распространении радиоволн, необходимые для сухопутной (наземной) подвижной службы в полосе частот от 30 МГц до 10 ГГц
- Вопрос 13/5 Данные о распространении радиоволн, необходимые для наземного радиовещания на частотах выше 10 ГГц
- Вопрос 14/5 Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования, необходимые для систем прямой видимости
- Вопрос 15/5 Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования, необходимые для тропосферных систем
- Вопрос 16/5 Данные о распространении радиоволн и о шумах и методы прогнозирования, необходимые для космических систем связи
- Вопрос 17/5 Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования, необходимые для радиовещательной спутниковой службы в полосах частот выше примерно 0,5 ГГц
- Вопрос 18/5 Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования, необходимые для подвижной спутниковой службы и службы радиоопределения в полосах частот выше примерно 0,5 ГГц
- Вопрос 19/5 Факторы распространения радиоволн, влияющие на совместное использование частот
- Вопрос 20/5 Рассеяние радиоволн осадками как фактор помех между наземными и космическими системами
- Вопрос 21/5 Рассеяние радиоволн местностью как фактор помех

Основные задачи на следующий исследовательский период

Наиболее срочной задачей на следующий исследовательский период является разработка стандартных методов прогнозирования статистических характеристик сигналов для различных служб. В настоящее время во многих Отчетах тома V приводятся, к сожалению, альтернативные методы, основанные, как правило, на национальных данных. Необходимо продолжать сравнение этих методов друг с другом и с совокупностью экспериментальных данных, находящихся в банках данных. Такие сравнения должны показать, каковы наиболее приемлемые методы, обеспечивающие необходимую точность прогнозирования для самого широкого разнообразия климатических и топографических условий, с тем чтобы эти методы можно было рекомендовать для всемирного применения.

Текущей задачей, которая все еще остается важной, является сбор дополнительных экспериментальных данных о распространении радиоволн в различных природных условиях и для различных диапазонов частот и относящихся к конкретным эксплуатационным особенностям различных радиосистем.

Интенсивное развитие подвижных спутниковых систем (сухопутной, морской, воздушной, навигационной) делает крайне необходимым проведение исследований по влиянию окружающей среды на характеристики сигналов в этих системах: ослабление сигналов, обусловленное неровностями местности, растительностью и зданиями, рассеяние и отражение радиоволн и их многолучевость.

Возрастающая популярность цифровых радиорелейных систем прямой видимости с высокой скоростью передачи в битах приводит к необходимости проводить экспериментальное и теоретическое изучение амплитудно-частотных и фазочастотных искажений сигналов, которые крайне неблагоприятно влияют на работу этих систем. Особенно важно провести изучение таких искажений на ровных трассах, где значительное влияние оказывают отражения от поверхности Земли и где для описания процессов должна использоваться трехлучевая модель статистического сигнала.

Как и ранее, необходимо будет продолжить усилия по определению точной зависимости уровней мешающего сигнала от расстояния, высоты антенны, частоты, а также от климатических и топографических условий.

РАЗДЕЛ 5А: ТЕКСТЫ ПО ОБЩИМ ВОПРОСАМ

ВВЕДЕНИЕ К ТЕКСТАМ 5-й ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ КОМИССИИ

РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН В НЕИОНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ

5-я Исследовательская Комиссия ответственна за изучение распространения радиоволн (включая радишумы):

- у поверхности Земли,
- через неионизированные области атмосферы Земли,
- в космическом пространстве, где влияние ионизации незначительно,

в целях улучшения связи. Влияние местности обусловлено топографией или электрическими характеристиками поверхности Земли, и такое влияние наблюдается по всему радиочастотному спектру. Тропосфера является наиболее важной частью неионизированной атмосферы. Ее влияние на распространение радиоволн наибольшее для частот выше примерно 30 МГц, но оно становится слабее для более низких частот. Распространение радиоволн в космическом пространстве связано, в основном, с развитием концепции свободного пространства, широко применяемой в обычных расчетах. Поэтому данные факторы определяют основные сферы деятельности Исследовательской Комиссии.

Главная проблема, с которой сталкивается инженер радиосвязи при организации работы службы, заключается в том, что он должен добиться удовлетворительного отношения полезного сигнала к мешающему в аналоговых системах или очень малого коэффициента ошибок в цифровых системах. В этой связи мешающий сигнал может включать в себя:

- шумы, возникающие в оконечном оборудовании или присущие системе из-за многолучевого распространения радиоволн (например, интермодуляционный шум в линиях связи ЧМ с частотным уплотнением);
- промышленные помехи или, другими словами, промышленные радиопомехи в отличие от других источников излучений;
- шумы естественного происхождения, включая внеземные шумы;
- эхо-сигналы, обусловленные многолучевостью;
- мешающие сигналы от других систем радиосвязи.

Инженер должен обеспечить уровень сигнала, достаточный для удовлетворения требований рассматриваемой службы к качеству работы, определяемых условиями, в которых эта служба будет функционировать. Для решения данной проблемы требуется знать уровень и изменения полезного сигнала, с одной стороны, и мешающего сигнала – с другой. Уровень мешающего сигнала может быть как контролируемым, так и неконтролируемым.

Данные об ожидаемых потерях и замирании сигналов используются для определения мощности, характеристик антенны, зоны обслуживания или длины пролета, на основании которых могут определяться характеристики обслуживания для конкретного процента времени (например, 99%) в данном пункте приема или для конкретного процента мест (например, 50%) в зоне приема. Такие данные о распространении радиоволн необходимы также для определения уровня мешающих сигналов, превышаемого только в течение некоторого небольшого процента времени (например, 0,1%) опять же в пункте приема или в рассматриваемых пунктах приема.

Наиболее эффективно информация о распространении радиоволн может быть получена путем сбора и анализа долгосрочных данных измерений. Например, измерения напряженности поля сигналов, принимаемых в ходе передач на требуемой частоте, могут дать статистический материал об ожидаемом уровне сигнала. Можно значительно повысить полезность таких данных, если производить одновременные измерения основных характеристик, влияющих на распространение радиоволн, например, одновременные измерения интенсивности дождей и уровня принимаемого сигнала при передачах со спутников на гигагерцовых частотах. В свою очередь, эти две совокупности данных могут создать основу для метода прогнозирования распространения радиоволн, который затем можно будет использовать в других районах, где имеют место аналогичные характеристики распространения (например, аналогичная интенсивность дождей). Точность такого метода прогнозирования в значительной степени зависит от объема и качества данных, на которых он базировался, и во многих районах мира разработка удовлетворительного метода прогнозирования требует получения соответствующего большого объема данных измерений.

В Рекомендациях с достаточной надежностью представлены данные и методы, которые должны использоваться для планирования или организации служб. В Отчетах представлены дополнительная информация и данные или же описываются предварительные методы, которые, возможно, станут Рекомендациями. В ряде Отчетов дается выбор методов, ни один из которых нельзя считать предпочтительным.

Один из Отчетов – Мировой атлас проводимости почвы (Отчет 717) публикуется отдельно. 5-я Исследовательская Комиссия также подготовила Справочник кривых распространения радиоволн над поверхностью Земли. 5-я Исследовательская Комиссия составила банки данных измерений, произведенных для проверки методов прогнозирования, содержащихся в томе V. Подробная информация о банках данных приведена в Отчете 1144.

1. Типы служб

В общем, службы могут быть классифицированы по двум категориям:

- службы связи пункта с пунктом; и
- службы связи пункт – зона, например звуковое радиовещание, телевидение и подвижные службы.

Две вышеназванные категории служб можно, в принципе, опять подразделить следующим образом:

- службы, для которых трассы распространения радиоволн являются исключительно наземными; и
- службы, для которых трассами распространения радиоволн являются Земля – космос или космос – космос.

Наземные службы связи пункта с пунктом планируются при должном учете топографических характеристик трассы распространения между рассматриваемыми пунктами. В случае наземных служб связи пункт – зона можно считать, что распространение радиоволн происходит вдоль множества отдельных трасс, но до сих пор проблема определения качества работы службы рассматривалась, в основном, исходя из статистической зоны охвата в связи с практической невозможностью произвести анализ всех этих отдельных трасс. Тем не менее последние разработки соответствующих компьютерных методов совместно с усовершенствованной оценкой характеристик распространения радиоволн вдоль типовых трасс, возможно, обеспечат более строгий подход к проблеме связи пункт – зона.

2. Характеристики распространения радиоволн

2.1 Частотные вопросы

На распространение радиоволн вдоль трасс передачи влияет множество факторов, относительная важность которых зависит, в основном, от частоты. На распространение радиоволн в диапазонах НЧ и СЧ большое влияние оказывают электрические характеристики почвы и, в зависимости от времени дня и от сезона, ионосфера. При распространении радиоволн в диапазоне ВЧ преобладает ионосферная рефракция, хотя на коротких расстояниях в случае прямых трасс между передатчиком и приемником влияет закрытие трассы неровностями местности. При повышении частоты до диапазона ОВЧ ионосферные явления уменьшаются по своей значимости, так что на ОВЧ и УВЧ распространение радиоволн, в основном, зависит от особенностей местности и метеорологических характеристик нижней атмосферы или тропосферы. Два последних фактора являются исключительно важными также на частотах микроволнового диапазона, но на частотах выше примерно 6 ГГц нужно учитывать к тому же влияние дождя; например, на частотах выше примерно 12 ГГц дождь может стать преобладающим фактором.

2.2 Влияние местности

Когда радиоволны распространяются над или по Земле, характеристики распространения определяются:

- электрическими свойствами поверхности Земли;
- физической конфигурацией поверхности Земли, включая растительность и промышленные сооружения различных размеров.

На частотах выше примерно 30 МГц наибольшее значение имеет именно физическая конфигурация. Общие потери передачи соответствующим образом зависят от рассматриваемой частоты, электрических характеристик и/или топографии местности. Следует отметить, что в случае тропосферного распространения радиоволн вблизи поверхности Земли большое значение всегда имеют неровности местности.

2.3 Влияние тропосферы

На радиоволны, распространяемые через неионизированные области атмосферы, оказывают влияние газообразные составляющие атмосферы, а также все виды облаков и осадков. Относительная значимость этих факторов зависит от климата и от частоты.

Газообразные составляющие атмосферы влияют на распространение радиоволн как посредством поглощения энергии, так и посредством изменения индекса рефракции, что приводит к явлениям отражения, рефракции и рассеяния радиоволн. Поглощение, в основном, происходит из-за присутствия кислорода, водяных паров и жидкой воды и оно незначительно на частотах ниже примерно 3 ГГц. Однако, хотя известно, что явления, связанные с изменениями индекса рефракции, наблюдаются на частотах ниже 30 МГц, в первую очередь такие явления важно учитывать в системах планирования на частотах выше примерно 30 МГц.

Облака и осадки влияют на распространение радиоволн двумя основными способами:

- посредством поглощения части энергии, проходящей через них;
- посредством рассеяния и изменения поляризации радиоволн.

Рассеяние, несомненно, способствует ослаблению излучения в прямом направлении, но также оказывает влияние и на преломление энергии в других направлениях, включая прямо противоположное, от передатчика. Эти явления, опять же, имеют значение на частотах выше примерно 3 ГГц.

Изменения в поляризации наблюдаются в случаях, когда рассеивающие частицы имеют несферическую форму. При рассеивании водяными каплями происходит значительное ослабление, в то время как ослабление частицами льда обычно незначительно.

Изменчивость характеристик распространения радиоволн за счет влияния атмосферы имеет первостепенное значение при определении помех, которые, возможно, будут возникать в радиосистемах, особенно для тех видов распространения, которые связаны с передачей сигналов далеко за пределы радиогоризонта.

2.4 Многолучевость

Этот термин охватывает все случаи, когда результирующий принимаемый сигнал состоит из нескольких составляющих, которые поступают на приемную антенну по различным трассам передачи. Эти составляющие могут иметь разные фазы и разные амплитуды, и их соотношение друг с другом может постоянно меняться во времени. Это явление происходит из-за разнообразия трасс передачи в тропосфере, отражений от объектов, например воздушных судов и зданий, зеркального и диффузного отражения от поверхности Земли и от горизонтальных поверхностей раздела между различными слоями атмосферы. Такая многолучевость (которая является причиной всех быстрых замираний, наблюдаемых на радиоприемах) может значительно ухудшить качество обслуживания, особенно в отношении ширины полосы частот.

2.5 Радиошум

5-я Исследовательская Комиссия рассматривает вопросы, касающиеся естественного радиошума на частотах выше примерно 50 МГц, который ограничивает или ухудшает работу систем, с применением тропосферного распространения радиоволн. Особое значение придается радиошуму, излучаемому кислородом и молекулами водяного пара в атмосфере, внеземному шуму от Солнца, от планетарных, галактических и космических источников, а также тепловому шуму, излучаемому Землей. (Относительно других видов радиошума см. том VI.)

3. Расположение текстов

Считается, что наиболее удобным для практического использования данных о распространении радиоволн является нижеследующее расположение текстов. Однако важно учитывать взаимосвязь между многими характеристиками распространения. Во многих случаях друг на друга налагается влияние нескольких видов распространения радиоволн и при определении общего воздействия на конкретную систему требуется ясное понимание отдельных явлений и вероятности их возникновения.

Раздел 5A: Тексты по общим вопросам

Этот раздел состоит из Рекомендаций по определению терминов, относящихся к распространению радиоволн, общих концепций распространения, включая концепцию потерь передачи, по расчету ослабления в свободном пространстве и представлению данных при исследовании тропосферного распространения радиоволн. Представлены Отчеты по статистическим распределениям, используемым в распространении радиоволн, и по измерениям напряженности поля и связанным с ней параметрам.

Раздел 5B: Влияние земли (включая распространение земной волны)

В этом разделе помещены Рекомендации, касающиеся кривых распространения земной волны для частот ниже 30 МГц и распространения радиоволн за счет дифракции. Вопросы электрических характеристик поверхности Земли, а также влияние Земли на тропосферное распространение радиоволн рассматриваются в соответствующих Отчетах.

Раздел 5C: Влияние атмосферы (радиометеорология)

В этом разделе содержится информация о метеорологических и физических характеристиках атмосферы, влияющих на распространение радиоволн. Приводятся статистическая информация об этих атмосферных факторах, а также об их связи с рядом явлений распространения радиоволн без обсуждения воздействия этих явлений на конкретные системы или службы.

Раздел 5D: Аспекты, относящиеся к наземным радиовещательной и подвижной службам

Этот раздел посвящен исследованиям и измерениям в целях разработки статистических методов и кривых распространения радиоволн, необходимых для прогнозирования полезных и мешающих уровней напряженности поля, которые должны быть известны для эффективной работы наземных радиовещательной и подвижной служб и, если необходимо, для планирования этих служб.

В данном разделе также рассматриваются условия, необходимые для интерпретации и использования этих кривых и методов при изменениях определенных параметров, которые могут оказывать существенное влияние на практическое применение, например высоты приемной антенны, характера трассы распространения радиоволн, условий окружающей среды в пункте приема и т.д., с учетом к тому же параметров, которые независимо от того, изменяется или не изменяется уровень напряженности поля, могут воздействовать на качество работы служб как в аналоговых, так и в цифровых системах.

Раздел 5E: Аспекты, относящиеся к наземной фиксированной службе

В этом разделе приводится информация, относящаяся к этой службе, для планирования наземных трасс прямой видимости (радиорелейных) и загоризонтных (тропосферных) трасс.

В Отчете 338 рассматриваются аспекты распространения радиоволн, оказывающие влияние на наземные трассы прямой видимости, и, где это возможно, приводятся подробные методы прогнозирования. Наиболее важными являются прогнозирование значительных потерь распространения радиоволн и улучшений, которых можно достичь посредством систем разнесения, хотя также рассматриваются уменьшение кросс-поляризационной развязки и искажения, обусловленные явлениями распространения радиоволн.

Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования, необходимые для проектирования тропосферных радиорелейных систем, представлены в Отчете 238. Наиболее важным является прогнозирование значительных потерь распространения радиоволн как для годовой статистики, так и для наихудшего месяца. И в этом случае рассматриваются улучшения за счет разнесения.

Раздел 5F: Аспекты, относящиеся к космическим системам связи

В Отчете 564 рассматриваются данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования для систем связи Земля-космос. В первую очередь Отчет касается применений для спутниковых фиксированных служб, хотя некоторые из методов применимы и для других служб. Ослабление может быть вызвано атмосферными газами, осадками, облаками, а также песчаными и пыльными бурями. По мере возможности приводятся методы прогнозирования с последовательным приближением. Описываются также явления мерцания и многолучевости. Важным является также прогнозирование параметров кросс-поляризации и приводятся методы такого прогнозирования. Кроме того, рассматриваются вопросы задержек при распространении радиоволн и ограничения ширины полосы.

Оставшиеся четыре Отчета посвящены конкретным проблемам, относящимся к радиовещению со спутников (Отчет 565), морским подвижным спутниковым системам (Отчет 884), сухопутным подвижным спутниковым системам (Отчет 1009) и воздушным подвижным спутниковым системам (Отчет 1148). В каждом случае рассматриваются определенные проблемы в дополнение к тем, которые упоминаются в Отчете 564. Приводятся методы прогнозирования.

Раздел 5G: Факторы распространения радиоволн при определении помех: космические и наземные системы

Отчеты в этом разделе посвящены прогнозированию возможного появления уровней сигналов, которые могут привести к увеличению помех в совмещенном канале, а также информации о распространении радиоволн для расчета координационных расстояний. Первый вопрос рассматривается в Отчете 569 по прогнозированию помех, которые могут возникать между земными и наземными станциями. В Отчете 885 рассматриваются помехи между космическими станциями и станциями на поверхности Земли. Данные о распространении радиоволн для расчета координационных расстояний приводятся в Отчете 724 по координации между земными и наземными станциями. В Отчете 1010 рассматриваются вопросы координации между земными станциями (которые могут располагаться довольно близко друг от друга и использовать небольшие антенны). Вообще, в рамках этих Отчетов признано целесообразным разделить рассмотрение прогнозирования для условий распространения радиоволн в чистой атмосфере и для условий, при которых рассеяние от гидрометеоров может стать источником помех.

РЕКОМЕНДАЦИЯ 525-1

РАСЧЕТ ОСЛАБЛЕНИЯ В СВОБОДНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

(1978–1982)

МККР,

УЧИТЫВАЯ,

что распространение радиоволн в свободном пространстве является основным эталонным понятием в радиотехнике,

ЕДИНОДУШНО РЕКОМЕНДУЕТ,

чтобы для расчета ослабления в свободном пространстве использовались методы, изложенные в Приложении I.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

1. Введение

Поскольку распространение радиоволн в свободном пространстве часто используется как эталонное понятие в других текстах МККР, в данном Приложении приведены соответствующие формулы, а также номограммы для приближенных графических расчетов, которые во многих случаях могут оказаться полезными.

2. Основные формулы для линий электросвязи

Расчеты, связанные с распространением радиоволн в свободном пространстве, можно провести двумя различными способами, каждый из которых применяется к определенному типу обслуживания.

2.1 Линии связи пункт – зона

Если имеется передатчик, обслуживающий несколько приемников, размещенных по закону случайного распределения (радиовещание, подвижная служба), то в точке, расположенной на некотором расстоянии от передатчика и в заданном направлении, поле рассчитывается по формуле:

$$E = \frac{\sqrt{30 p}}{d} \quad (1)$$

в которой:

E : средне-квадратичное значение напряженности поля в вольтах на метр (примечание 1)

p : эквивалентная изотропно-излучаемая мощность (э.и.м.) передатчика в направлении рассматриваемой точки (примечание 2), в ваттах

d : расстояние от передатчика до рассматриваемой точки, в метрах.

Формула (1) часто заменяется формулой (2), в которой используются практические единицы:

$$E_{\text{мВ/м}} = 173 \frac{\sqrt{p_{\text{кВт}}}}{d_{\text{км}}} \quad (2)$$

Эти два соотношения показаны на рис. 1.

Для антенн, излучающих в условиях свободного пространства, волнодвижущая сила может быть рассчитана путем перемножения E и d в формуле (1). Она измеряется в вольтах.

Примечание 1. – Если волна является эллиптически поляризованной и нелинейной и если составляющие электрического поля вдоль двух ортогональных осей обозначаются в виде E_x и E_y , то левая часть уравнения (1) должна быть заменена на $\sqrt{E_x^2 + E_y^2}$. E_x и E_y можно рассчитать, только если известен осевой коэффициент. В случае круговой поляризации E должна быть заменена на $E \sqrt{2}$.

Примечание 2. – В случае антенн, расположенных на уровне земли и работающих на относительно низких частотах при вертикальной поляризации, обычно рассматривается излучение только в верхнем полупространстве. Это должно учитываться при определении э.и.м. (см. Рекомендацию 368).

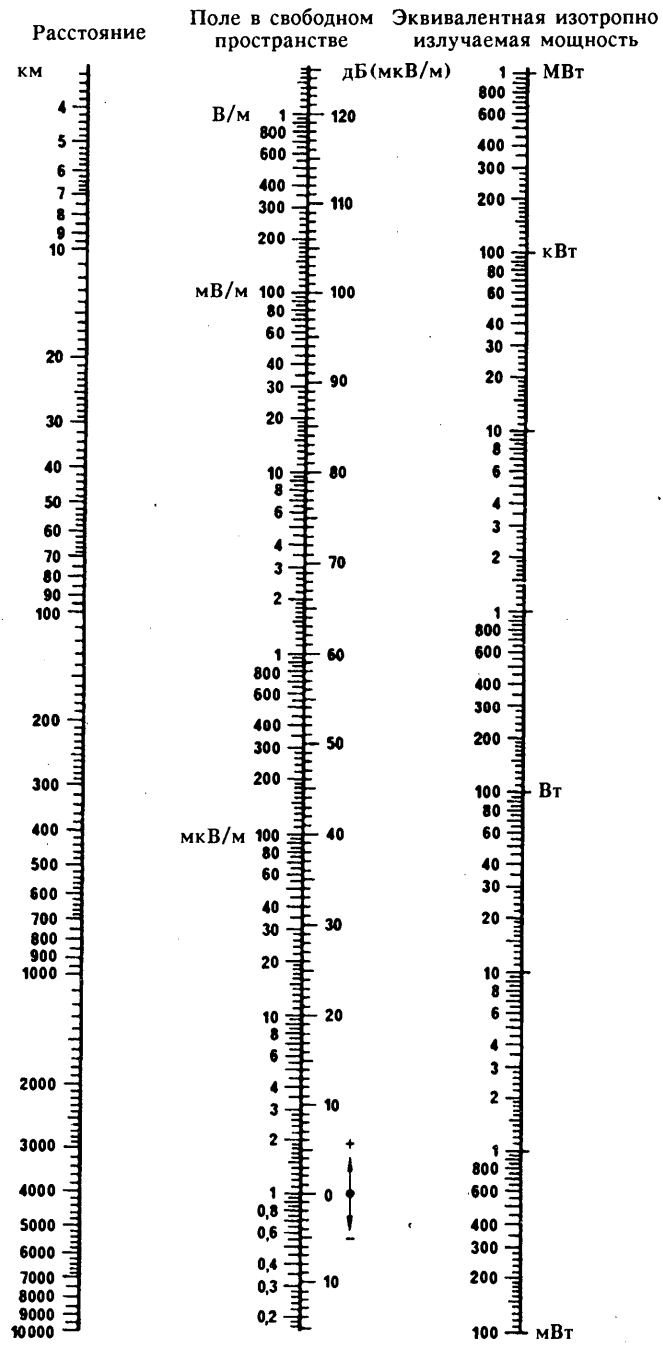


РИСУНОК 1 — Электромагнитное поле в свободном пространстве

2.2 Линии связи пункта с пунктом

Для линии связи пункта с пунктом ослабление в свободном пространстве между изотропными антеннами, называемое также основными потерями передачи в свободном пространстве (обозначения: L_{bf} или A_o) целесообразно рассчитывать следующим образом:

$$L_{bf} = 20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) \quad \text{дБ} \quad (3)$$

в которой:

L_{bf} : основные потери передачи в свободном пространстве в дБ,

d : расстояние,

λ : длина волны.

d и λ выражаются в одинаковых единицах.

Выражение (3) можно также записать, используя частоту вместо длины волны.

$$L_{bf} = 32,5 + 20 \log f_{\text{МГц}} + 20 \log d_{\text{км}} \quad \text{дБ} \quad (4)$$

Выражения (3) и (4) показаны на рис. 2.

2.3 Соотношения между характеристиками плоской волны

Существуют также соотношения между характеристиками плоской волны (или волны, которую можно считать в качестве плоской волны) в точке:

$$S = \frac{E^2}{120\pi} = \frac{4\pi p_r}{\lambda^2} \quad (5)$$

в которых:

S : плотность потока мощности в ваттах на квадратный метр,

E : среднеквадратичное значение напряженности поля в вольтах на метр,

p_r : мощность в ваттах, излучаемая изотропной антенной, расположенной в этой точке,

λ : длина волны в метрах.

Выражение (5) показано на рис. 3.

3. Основные потери передачи в свободном пространстве для радиолокационной системы (обозначения: L_{br} или A_{or})

Радиолокационные системы представляют собой особый случай, поскольку сигнал испытывает потери при распространении как от передатчика до цели, так и от цели до приемника. В случае радиолокаторов, применяющих и для передатчика, и для приемника общую антенну, основные потери передачи радиолокационной системы в свободном пространстве, L_{br} , можно записать следующим образом:

$$L_{br} = 103,4 + 20 \log f + 40 \log d - 10 \log \sigma \quad \text{дБ}, \quad (6)$$

где:

σ : поперечное сечение радиолокационной цели в м^2 ,

d : расстояние от радиолокатора до цели в км, и

f : частота системы в МГц.

Поперечное сечение объекта, являющегося радиолокационной целью, представляет собой отношение общей изотропной эквивалентной рассеиваемой мощности к падающей плотности потока мощности.

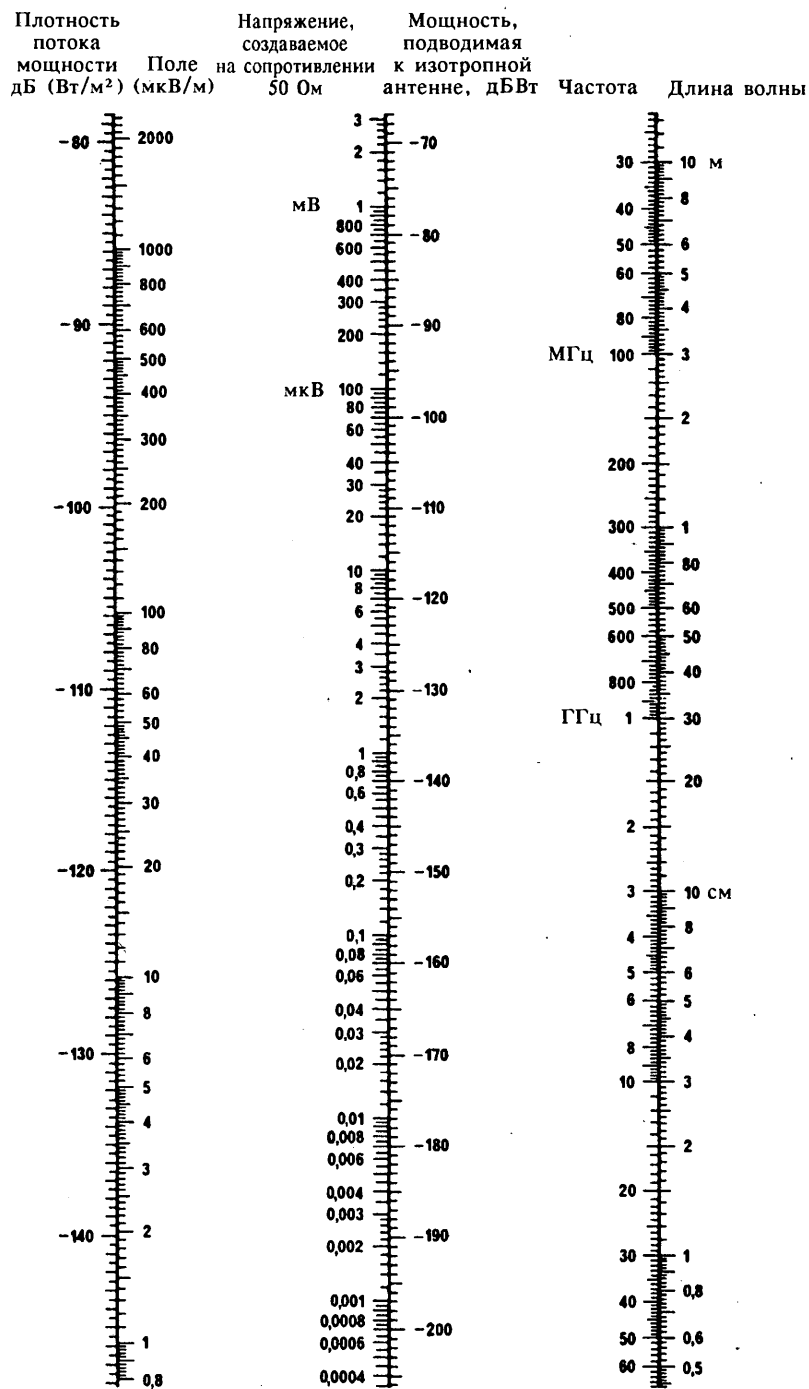


РИСУНОК 3 — Характеристики плоской волны

ЛИТЕРАТУРА

BOITHIAS, L. [1972] *Calcul par nomogrammes de la propagation des ondes*. Four-language edition. Eyrolles, Paris.

РЕКОМЕНДАЦИЯ 341-2 *

КОНЦЕПЦИЯ ПОТЕРЬ ПЕРЕДАЧИ ДЛЯ РАДИОЛИНИЙ**

(1959–1982–1986)

МККР,

УЧИТЫВАЯ,

- (a) что в радиолинии между передатчиком и приемником отношение мощности на выходе передатчика к мощности на входе приемника определяется несколькими факторами, такими как потери в антеннах или в фидерных линиях, ослабление за счет механизмов распространения радиоволн, потери из-за неточной настройки импедансов или поляризации и т.д.;
- (b) что желательно стандартизировать терминологию и системы обозначений, используемые для описания потерь передачи и их компонентов;
- (c) что в Рекомендации 525 описаны эталонные условия распространения радиоволн в свободном пространстве,

ЕДИНОДУШНО РЕКОМЕНДУЕТ,

чтобы для описания характеристик радиолиний, включающих в себя передатчик, приемник, их антенны, связанные с ними цепи и среду распространения радиоволн, использовались следующие термины, определения и обозначения:

1. Общие потери (радиолинии) *** (обозначения: L_I или A_I)

Отношение, обычно выраженное в децибелах, мощности на выходе передатчика радиолинии к мощности, поступающей на соответствующий приемник, в реальных условиях размещения оборудования, распространения радиоволн и работы радиолинии.

Примечание. — Необходимо в каждом случае указывать точки, в которых определяются значения мощности на выходе передатчика и мощности, поступающей в приемник, например:

- до или после радиочастотных фильтров или мультиплексоров, которые могут применяться на передающем или приемном концах,
- на входе или на выходе фидерных линий передающих и приемных антенн.

2. Потери в системе (обозначения: L_S или A_S)

Применяемое для радиолинии отношение, обычно выраженное в децибелах, мощности радиочастотного сигнала на входе передающей антенны к мощности результирующего радиочастотного сигнала на входе приемной антенны.

Примечание 1. — Согласованная мощность представляет собой максимальную активную мощность, которая может быть передана от источника в нагрузку, то есть мощность, которая была бы передана в нагрузку, если бы имело место сопряженное согласование импедансов.

Примечание 2. — Потери в системе могут быть определены следующим образом:

$$L_S = 10 \log (P_t/P_a) = P_t - P_a \quad \text{дБ}, \quad (1)$$

где

P_t : мощность радиочастотного сигнала на входе передающей антенны и

P_a : согласованная мощность результирующего радиочастотного сигнала на входе приемной антенны.

Примечание 3. — К потерям в системе не относятся потери в фидерных линиях, но относятся все потери в радиочастотных цепях, связанных с антенной, например потери в земле, диэлектрические потери, потери в нагрузочной катушке антенны и потери в нагрузочном сопротивлении.

* Данную Рекомендацию необходимо довести до сведения СМV.

** В данной Рекомендации прописные буквы используются для обозначения отношений, выраженных в децибелах, для тех соответствующих величин, которые обозначены строчными буквами, например, $P_t = 10 \log P_t \cdot P_t$ — это мощность на входе передающей антенны, выраженная в децибелах относительно 1 Вт, в то время как P_t — это входная мощность в ваттах.

*** Графическое изображение этих потерь и соответствующие определения приведены на рис. 1.

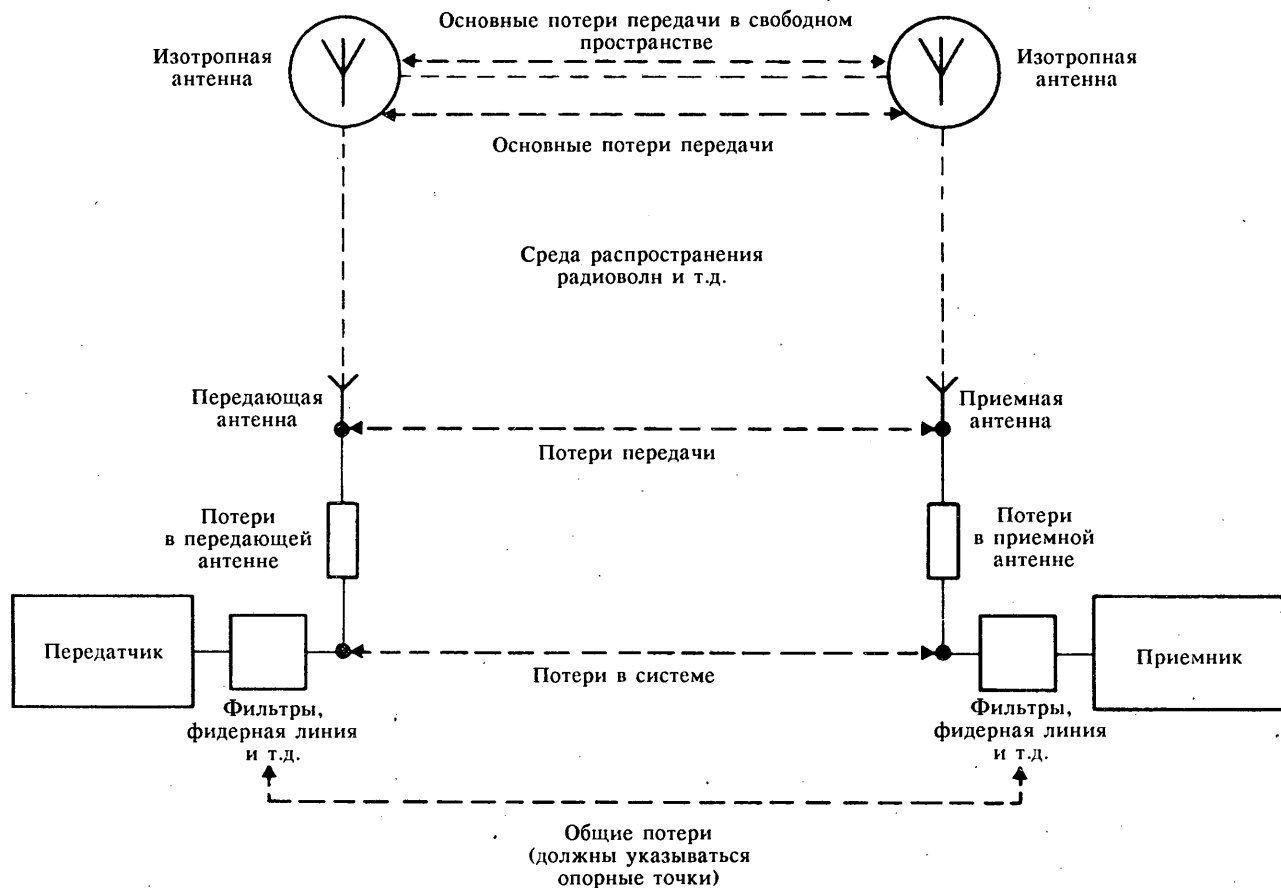


РИСУНОК 1 – Графическое изображение терминов, используемых для представления о потерях передачи

3. Потери передачи (в радиолинии) (обозначения: L или A)

Применяемое для радиолинии отношение, обычно выраженное в децибелах, мощности, излучаемой передающей антенной, к мощности, которая была бы получена на выходе приемной антенны, если бы не было никаких потерь в радиочастотных цепях, предполагая те же самые диаграммы излучения антенн.

Примечание 1. – Потери передачи могут быть определены следующим образом:

$$L = L_S - L_{tc} - L_{rc} \quad \text{дБ}, \quad (2)$$

где L_{tc} и L_{rc} – потери, выраженные в децибелах, в цепях передающей и приемной антенн соответственно, за исключением потерь, связанных с излучением антенн, то есть L_{tc} и L_{rc} определяются как $10 \log(r'/r)$, где r' – резистивная составляющая антенной цепи и r – сопротивление излучения.

Примечание 2. – Потери передачи равны потерям в системе за вычетом потерь в радиочастотных цепях, связанных с антеннами.

4. Основные потери передачи (в радиолинии) (обозначения: L_b или A_i)

Потери передачи, которые имели бы место, если бы антенны были заменены изотропными антеннами с той же поляризацией, что и у реальных антенн, причем трасса распространения радиоволн сохраняется той же, но влияние препятствий, расположенных вблизи от антенн, не учитывается.

Примечание 1. – Основные потери передачи равны отношению эквивалентной изотропно излучаемой мощности передатчика к мощности, полученной от изотропной приемной антенны.

Примечание 2. – Влияние земли вблизи антенны учитывается при расчете усиления антенны, но не при определении основных потерь передачи.

5. Основные потери передачи в свободном пространстве (обозначения: L_{bf} или A_0)

Потери передачи, которые имели бы место, если бы антенны были заменены на изотропные, расположенные в идеальной, диэлектрической, однородной, изотропной и неограниченной среде, причем расстояние между антеннами сохраняется тем же (см. Рекомендацию 525).

Примечание. — Если расстояние d между антеннами намного превышает длину волны λ , то ослабление в свободном пространстве в децибелах будет определяться следующим образом:

$$L_{bf} = 20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) \quad \text{дБ} \quad (3)$$

6. Потери передачи по траектории луча (обозначения: L_t или A_t)

Потери передачи для конкретной трассы распространения луча равны основным потерям передачи за вычетом усиления передающей и приемной антенн в направлениях траектории луча (см. Приложение I.).

Примечание. — Потери передачи по траектории луча могут быть определены следующим образом:

$$L_t = L_b - G_t - G_r \quad \text{дБ}, \quad (4)$$

где G_t и G_r — коэффициенты направленного действия плоской волны (см. Приложение I) передающей и приемной антенн для рассматриваемых направлений распространения радиоволн и поляризации.

7. Потери относительно свободного пространства (обозначения: L_m или A_m)

Выраженная в децибелах разность между основными потерями передачи и основными потерями передачи в свободном пространстве.

Примечание 1. — Потери относительно свободного пространства могут быть определены как:

$$L_m = L_b - L_{bf} \quad \text{дБ} \quad (5)$$

Примечание 2. — Потери относительно свободного пространства (L_m) можно разделить на потери различных видов, такие как:

- *потери поглощения* (в ионосфере, атмосферных газах или в осадках);
- *дифракционные потери* в случае земных волн;
- *эквивалентные потери на отражение или на рассеяние*, например при ионосферном распространении радиоволн, с учетом влияния всех фокусирований или дефокусирований из-за кривизны отражающего слоя;
- *потери за счет поляризационных связей*; они могут возникать при любых поляризационных рассогласованиях между антеннами для рассматриваемой конкретной траектории луча;
- *потери за счет связи раскрыта антенны со средой* или уменьшение усиления антенны, что может быть вызвано наличием на траектории луча явлений значительных величин рассеяния;
- *влияние интерференции волн между прямым лучом и лучами, отраженными от земли, от других препятствий или от слоев атмосферы.*

ПРИЛОЖЕНИЕ I

1. Коэффициент направленного действия

Коэффициент направленного действия в заданном направлении определяется как отношение угловой плотности мощности излучения (мощность на единицу пространственного угла (стерадиан)) в этом направлении, к угловой плотности мощности излучения, усредненной по всем направлениям.

При пересчете потерь передачи или в определенных случаях потерь передачи по траектории луча в основные потери передачи плоской волны необходимо учитывать коэффициенты направленного действия передающей и приемной антенн в заданном направлении, а также поляризацию. В тех случаях, когда на характеристики антенны оказывают влияние близлежащие участки земли или другие препятствия (не влияющие на траекторию луча), коэффициент направленного действия представляет собой величину, полученную в месте нахождения антенны.

В конкретном случае распространения земной волны при расположении антенн на поверхности Земли или вблизи от нее, хотя коэффициент направленного действия приемной антенны G_r определяется в соответствии с вышесказанным, раскрыв антенны для приема сигналов и, следовательно, согласованная мощность уменьшается по сравнению со значением для свободного пространства. Таким образом, величина, которую следует использовать для G_r , должна быть снижена (см. Приложение II).

2. Эталонные стандартные антенны

При изучении распространения волн на радиолиниях в различных диапазонах частот используется ряд эталонных антенн или же делаются ссылки на тексты МККР. В соответствии с Рекомендацией 311 в каждом случае эту эталонную антенну необходимо четко определять относительно изотропной антенны.

Коэффициент усиления антенны по мощности определяется как отношение, обычно выраженное в децибелах, мощности, требуемой на входе свободной от потерь эталонной антенны, к мощности, подводимой ко входу данной антенны, для того чтобы получить в заданном направлении одинаковую напряженность поля или одинаковую плотность потока мощности на том же расстоянии. Если не оговорено особо, коэффициент усиления относится к направлению максимального излучения. Коэффициент усиления может рассматриваться для определенной поляризации.

В зависимости от выбора эталонной антенны различаются:

- максимальный или изотропный коэффициент усиления (G_i), когда эталонная антенна является изотропной антенной, изолированной в пространстве;
- коэффициент усиления относительно полуволнового диполя (G_d), когда эталонная антенна является полуволновым диполем, изолированным в пространстве, в экваториальной плоскости которого находится заданное направление;
- коэффициент усиления относительно короткой вертикальной антенны (G_v), когда эталонная антенна является линейным проводником, длина которого намного меньше одной четверти длины волны, перпендикулярным поверхности идеально проводящей плоскости, содержащей заданное направление.

(Коэффициент усиления по мощности соответствует максимальному коэффициенту направленного действия для антенн без потерь.)

В таблице I приведены значения коэффициента направленного действия G_t для некоторых типичных эталонных антенн. Даны также соответствующие значения волноводящей силы для излучаемой мощности 1 кВт.

ТАБЛИЦА I — Коэффициент направленного действия
для типичных эталонных антенн и его соотношение с волноводящей силой

Эталонная антенна	g_t	$G_t^{(1)}$ (дБ)	Волноводящая сила для излучаемой мощности 1 кВт (В)
Изотропная в свободном пространстве	1	0	173
Диполь Герца в свободном пространстве	1,5	1,75	212
Полуволновый диполь в свободном пространстве	1,65	2,15	222
Диполь Герца или короткий вертикальный несимметричный вибратор на идеально проводящей поверхности земли ²⁾	3	4,8	300
Четвертьволновый несимметричный вибратор на идеально проводящей поверхности земли	3,3	5,2	314

- (1) $G_t = 10 \log g_t$

Значения $G_t(g_r)$ равны значениям $G_t(g_r)$ для антенн в свободном пространстве. См. Приложение II для значений G_r , относящихся к антеннам на поверхности идеально проводящей земли.

- (2) В случае применения диполя Герца предполагается, что антенна находится вблизи поверхности идеально проводящей земли.

ПРИЛОЖЕНИЕ II

Влияние окружающей среды на антенны

Когда антенны установлены на поверхности земли или вблизи нее и используется вид распространения посредством земной волны (то есть $h < \lambda$, особенно при использовании частот ниже 30 МГц), величина сопротивления излучения антенны для свободного пространства меняется из-за влияния земли. Следовательно, плотность потока мощности в приемной антенне (результатирующее значение векторной суммы прямого и отраженного лучей) зависит от высоты передающей антенны, а эффективная площадь захвата приемной антенны зависит от высоты антенны над землей.

Влияние окружающей среды на работу антенной пары (образующей элементарную цепь) иллюстрируется рассмотрением потерь передачи между двумя вертикальными короткими симметричными вибраторами без потерь с высотами h_t и h_r над плоской идеально проводящей поверхностью земли. Разнос, d , по поверхности земли очень велик по сравнению с длиной волны. Плотность потока мощности S в Вт/м² при высоте h_r определяется как:

$$S = \frac{p'_i \cos^4 \psi}{4\pi d^2 (1 + \Delta_r)} \times 1.5 \left[2 \cos(kh_r \sin \psi) \right]^2 \quad (6)$$

Необходимо обратить внимание на следующие моменты:

- расстояние между антеннами увеличивается до $d \sec \psi$,

где

$$\psi = \arctan \frac{h_r - h_t}{d}$$

- электрическое поле, излучаемое диполем, изменяется как $\cos \psi$;
- сопротивление излучения в свободном пространстве умножается на $(1 + \Delta_r)$,

где

$$\Delta_r = \frac{3}{(2kh_r)^2} \left[\frac{\sin 2kh_r}{2kh_r} - \cos 2kh_r \right] \quad (7)^*$$

где

$$k = 2\pi/\lambda,$$

когда

$$h_t = 0, \Delta_t = 1; \quad \text{когда } h_t > \lambda, \Delta_t \rightarrow 0;$$

- из-за сложения векторов прямого и отраженного лучей значение потока мощности для свободного пространства умножается на:

$$\frac{\left[2 \cos(kh_r \sin \psi) \right]^2}{(1 + \Delta_r)}$$

Это эквивалентно изменению коэффициента направленного действия из-за влияния отражающей поверхности. Коэффициент умножения равен 2 при $h_t = h_r = 0$.

Эффективная площадь захвата приемной антенны определяется как:

$$a_e = \frac{1.5 \lambda^2 \cos^2 \psi}{4\pi (1 + \Delta_r)} \quad (8)$$

Необходимо обратить внимание на следующие моменты:

- площадь захвата в направлении передающей антенны уменьшается на $\cos^2 \psi$;
- изменение сопротивления излучения определяется уравнением (7), где Δ_t и h_t заменяются Δ_r и h_r ;
- величина площади захвата для свободного пространства умножается на $\frac{\cos^2 \psi}{(1 + \Delta_r)}$; таким образом, из-за влияния отражающей поверхности площадь захвата при $h_t = h_r = 0$ уменьшается в 2 раза по сравнению с ее значением для свободного пространства;
- поскольку g_t составляет величину $2 \times 1,5$ (по определению) при $h_t = h_r = 0$, важно отметить, что эта величина не подходит для применения к g_r ; подходящим для g_r является значение $1,5/2 = g_t/4$.

* Это соотношение получено С.А. Щелкуновым в главах VI и IX книги *Electromagnetic Waves*, D. Van Nostrand Co., 1943.

Поскольку $p_a = S a_e$, выражения (6) и (8) можно объединить, для того чтобы получить выражение для потерь передачи между двумя короткими вертикальными симметричными диполями без потерь над плоской идеально проводящей поверхностью.

$$L = L_{bf} - 6.0 - 10 \log \left[(1.5 \cos^2 \psi)^2 \frac{(\cos^2 kh_t \sin \psi)}{(1 + \Delta_r)(1 + \Delta_t)} \right] \quad \text{дБ} \quad (9)$$

Рассмотрим два случая.

$$h_t = h_r = 0; \quad \Delta_t = \Delta_r = 1; \quad \psi = 0$$

$$L = L_{bf} - 3,5 \quad \text{дБ}$$

Таким образом, величина L равняется ее величине для свободного пространства.

$$h_t = h_r \gg \lambda; \quad \Delta_t = \Delta_r \rightarrow 0; \quad \psi \rightarrow 0$$

$$L = L_{bf} - 3,5 - 6,0 \quad \text{дБ}$$

РЕКОМЕНДАЦИЯ 311-5

**СБОР, ПРЕДСТАВЛЕНИЕ И АНАЛИЗ ДАННЫХ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ
РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТРОПОСФЕРНЫХ ВОЛН**

(1953—1956—1959—1970—1974—1978—1982—1990)

МККР,

УЧИТЫВАЯ,

что для облегчения сравнения результатов желательно собирать и представлять данные о распространении радиоволн в сопоставимом виде,

ЕДИНОДУШНО РЕКОМЕНДУЕТ,

1. чтобы информация, помещенная в Отчете 1144, использовалась
 - при выборе соответствующих параметров для измерения или расчета данных о распространении радиоволн,
 - для представления результатов;
 2. чтобы для анализа данных использовались распределения вероятностей, приведенные в Отчете 1007.
-

РЕКОМЕНДАЦИЯ 310-7*

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМИНОВ, ОТНОСЯЩИХСЯ К РАСПРОСТРАНЕНИЮ РАДИОВОЛН
В НЕИОНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ

(1951–1959–1966–1970–1974–1978–1982–1986–1990)

МККР,

УЧИТЫВАЯ,

что важно иметь согласованные определения терминов по распространению радиоволн, используемых в томе V,

ЕДИНОДУШНО РЕКОМЕНДУЕТ,

чтобы прилагаемый список определений был принят для включения в словарь;

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ РАДИОВОЛН
В НЕИОНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ

Термин	Определение
A. Термины, относящиеся к радиоволнам	
A1. Кросс-поляризация	Появление в процессе распространения поляризационной составляющей, ортогональной к ожидаемой поляризации.
A2. Избирательность по кросс-поляризации	Для радиоволн, передаваемых с заданной поляризацией, отношение в точке приема мощности, принимаемой с ожидаемой поляризацией, к мощности, принимаемой с ортогональной поляризацией. <i>Примечание.</i> – Избирательность по кросс-поляризации зависит как от характеристик антенн, так и от среды распространения.
A3. Развязка по кросс-поляризации	Для двух радиоволн, передаваемых на одной и той же частоте с одинаковой мощностью и при ортогональной поляризации, отношение мощности кополярного сигнала в данном приемнике к мощности кросс-поляризованного сигнала в этом же приемнике.
A4. Деполяризация	Явление, в результате которого вся или часть мощности радиоволны, передаваемой с определенной поляризацией, может уже не иметь этой поляризации после процесса распространения.
B. Термины, относящиеся к влиянию земли на распространение радиоволн	
B1. Распространение радиоволн в свободном пространстве	Распространение электромагнитной волны в однородной идеальной диэлектрической среде, которую можно считать бесконечной во всех направлениях. <i>Примечание.</i> – При распространении радиоволн в свободном пространстве величина каждого вектора электромагнитного поля в любом заданном направлении от источника на соответствующем расстоянии, определяемом размерами источника и длиной волны, обратно пропорциональна расстоянию от источника сигнала.
B2. Распространение радиоволн в пределах прямой видимости	Распространение радиоволн между двумя точками, для которых прямой луч в достаточной степени свободен от препятствий, дифракция на которых является незначительной.
B3. Радиогоризонт	Геометрическое место точек, в которых прямые лучи от точечного источника излучения радиоволн касательны к поверхности Земли. <i>Примечание.</i> – Как правило, радиогоризонт и геометрический горизонт отличаются друг от друга из-за атмосферной рефракции.
B4. Глубина проникновения	Глубина проникновения внутрь Земли, при которой амплитуда радиоволны, падающей на поверхность, уменьшается до уровня $1/e$ (0,368) от ее значения на поверхности.
B5. Гладкая поверхность; зеркальная поверхность	Поверхность раздела двух сред, которая велика по сравнению с длиной падающей волны, а неровности которой достаточно малы для образования зеркального отражения.

* Эту Рекомендацию необходимо довести до сведения CCV.

- B6. *Неровная поверхность* Поверхность раздела двух сред, которая велика по сравнению с длиной падающей волны, а неровности которой распределены случайным образом и вызывают диффузное отражение.
- B7. *Коэффициент диффузного отражения* Отношение амплитуды некогерентной волны, отраженной от неровной поверхности, к амплитуде падающей волны.
- B8. *Измерение неровности местности; Δh* Статистический параметр, который характеризует изменения высоты неровностей Земли на части или на всей трассе распространения радиоволны.
Примечание. — Например, Δh часто определяется как разность между высотами, превышаемыми соответственно для 10% и 90% высот неровностей местности, измеренных с регулярными интервалами (диапазон высот с децильными интервалами) на заданной части трассы распространения радиоволны.
- B9. *Усиление за счет препятствия* Отношение электромагнитного поля, вызванного дифракцией на краю отдельного препятствия, к полю, которое возникло бы только из-за сферической дифракции при отсутствии препятствия.
- C. *Термины, относящиеся к влиянию тропосферы на распространение радиоволн*
- C1. *Тропосфера* Нижняя часть атмосферы Земли, простирающаяся вверх от поверхности Земли, в которой температура уменьшается с высотой, за исключением локальных слоев с температурной инверсией. Эта часть атмосферы простирается до высоты примерно 9 км на полюсах Земли и 17 км на экваторе.
- C2. *Температурная инверсия (в тропосфере)* Увеличение в тропосфере температуры с высотой.
- C3. *Коэффициент смешения* Отношение массы водяных паров к массе сухого воздуха в данном объеме воздуха (обычно выраженное в г/кг).
- C4. *Индекс рефракции; n* Отношение скорости распространения радиоволн в вакууме к скорости в рассматриваемой среде.
- C5. *Рефракция; N* Величина в один миллион раз превышающая ту, на которую индекс рефракции n в атмосфере превышает единицу:
$$N = (n - 1) 10^6$$
- C6. *Единица N* Безразмерная единица, в которой выражается рефракция.
- C7. *Модифицированный индекс рефракции* Сумма индекса рефракции n воздуха на высоте h и отношения этой высоты к радиусу Земли, a :
$$n + \frac{h}{a}$$
- C8. *Модуль рефракции; M* Величина, в один миллион раз превышающая ту, на которую модифицированный индекс рефракции превышает единицу:
$$M = \left(n + \frac{h}{a} - 1 \right) 10^6 = N + 10^6 \frac{h}{a}$$
- C9. *Единица M* Безразмерная единица, в которой выражается модуль рефракции M .
- C10. *Стандартный градиент модуля рефракции* Стандартное значение вертикального градиента модуля рефракции, используемое при исследовании рефракции, а именно $-40 N/\text{км}$. Это соответствует приблизительно медианному значению градиента модуля на первом километре высоты в районах с умеренным климатом.
- C11. *Стандартная радиоатмосфера* Атмосфера, имеющая стандартный градиент модуля рефракции.
- C12. *Основная исходная модель атмосферы для рефракции* Атмосфера, в которой $n(h)$ уменьшается с высотой в соответствии с уравнением (2) Рекомендации 369.

- C13. Субрефракция** Рефракция, для которой градиент модуля рефракции превышает стандартный градиент модуля рефракции.
- C14. Суперрефракция** Рефракция, для которой градиент модуля рефракции меньше стандартного градиента модуля рефракции.
- C 15. Эквивалентный радиус Земли** Радиус гипотетической сферической Земли без атмосферы, для которой траектории распространения радиоволн являются прямыми линиями, причем высоты и земные расстояния те же, что и для реальной Земли, окруженной атмосферой с постоянным вертикальным градиентом модуля рефракции.
- Примечание 1.* — Концепция эквивалентного радиуса Земли предполагает, что углы, образуемые с горизонтальными плоскостями во всех точках трассы передачи, не слишком велики.
- Примечание 2.* — Для атмосферы со стандартным градиентом модуля рефракции эквивалентный радиус Земли равен $4/3$ действительного радиуса, который равен приблизительно 8500 км.
- C16. Коэффициент эквивалентного радиуса Земли; k** Отношение эквивалентного радиуса Земли к действительному радиусу Земли.
- Примечание.* — Этот коэффициент k связан с вертикальным градиентом dn/dh индекса рефракции n и с действительным радиусом Земли a уравнением:
- $$k = \frac{1}{1 + a \frac{dn}{dh}}$$
- C17. Волноводный слой** Тропосферный слой, характеризуемый отрицательным градиентом модуля M , в результате которого может образоваться тропосферный волновод.
- C18. Тропосферный радиоволновод** Квазигоризонтальный слой в тропосфере, между границами которого сосредоточена энергия радиоволн достаточно высокой частоты и которая распространяется с гораздо меньшим ослаблением, чем это было бы в однородной атмосфере.
- Примечание.* — Тропосферный радиоволновод состоит из волноводного слоя и, в случае приподнятого волновода, из части лежащей ниже атмосферы, в которой модуль рефракции превышает минимальное значение для волноводного слоя.
- C19. Приземный волновод (поверхностный волновод)** Тропосферный радиоволновод, имеющий поверхность Земли в качестве своей нижней границы.
- C20. Приподнятый волновод** Тропосферный радиоволновод, нижняя граница которого расположена выше поверхности Земли.
- C21. Толщина волновода** Разность по высоте между верхней и нижней границами тропосферного радиоволновода.
- C 22. Высота волновода** Высота над поверхностью Земли нижней границы приподнятого волновода.
- C23. Интенсивность волновода** Разность между максимальным и минимальным значениями модуля рефракции в тропосферном радиоволноводе.
- Примечание.* — Интенсивность волновода равна интенсивности его волноводного слоя.
- C24. Волноводное распространение** Волноводное распространение радиоволн внутри тропосферного радиоволновода.
- Примечание.* — На достаточно высоких частотах в одном и том же тропосферном радиоволноводе могут сосуществовать несколько электромагнитных волн волноводного распространения.
- C25. Тропосферное распространение** Тропосферное распространение радиоволн между точками, находящимися поблизости от Земли, причем точка приема расположена за пределами радиогоризонта относительно точки передачи.
- Примечание.* — Тропосферное распространение радиоволн может быть обусловлено разнообразием тропосферных механизмов, таких как дифракция, рассеяние, отражение от тропосферных слоев. Однако волноводное распространение не учитывается, так как радиогоризонт в волноводе отсутствует.
- C26. Распространение за счет тропосферного рассеяния** Тропосферное распространение радиоволн, обусловленное рассеянием от множества неоднородностей индекса рефракции атмосферы.

- C27. *Гидрометеоры* Концентрация водяных капель или частиц льда, которая может существовать в атмосфере или в виде осадков, выпадающих на поверхность Земли.
- Примечание.* — Основными гидрометеорами являются дождь, туман, облака, снег и град.
- C28. *Аэрозоли* Небольшие частицы в атмосфере (кроме тумана или водяных капель в облаках), которые не могут быстро падать под действием силы тяжести.
- C29. *Распространение за счет рассеяния от осадков* Тропосферное распространение радиоволн за счет рассеяния от гидрометеоров, в основном от дождя.
- C30. *Многолучевое распространение* Распространение одного и того же радиосигнала между точкой передачи и точкой приема по нескольким отдельным трассам распространения.
- C31. *Мерцание* Быстрые и случайные флуктуации одной или нескольких характеристик (амплитуды, фазы, поляризации, направления прихода) принимаемого сигнала, вызванные флуктуациями индекса рефракции в передающей среде.
- C32. *Уменьшение усиления; потери за счет связи антенны со средой* Заметное снижение суммарного усиления (выраженного в децибелах) передающей и приемной антенн, когда на трассе распространения радиоволн наблюдаются значительные явления рассеяния.
- C33. *Интенсивность осадков; интенсивность выпадения дождей; интенсивность дождей* Мера интенсивности осадков, выраженная через высоту слоя воды, достигающей Земли за единицу времени.

Примечание. — Интенсивность дождей обычно выражается в миллиметрах в час.

РАЗДЕЛ 5В: ВЛИЯНИЕ ЗЕМЛИ (ВКЛЮЧАЯ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗЕМНОЙ ВОЛНЫ)

РЕКОМЕНДАЦИЯ 368-6*

КРИВЫЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗЕМНОЙ ВОЛНЫ ДЛЯ ЧАСТОТ
МЕЖДУ 10 кГц и 30 МГц

(1951–1959–1963–1970–1974–1978–1982–1986–1990)

МККР,

УЧИТЫВАЯ,

что ввиду сложности расчетов целесообразно иметь семейство кривых распространения земной волны для ряда типичных значений частот и характеристик поверхности Земли,

ЕДИНОДУШНО РЕКОМЕНДУЕТ,

1. чтобы для определения напряженности поля земной волны на частотах между 10 кГц и 30 МГц использовались кривые, приведенные в Приложении I и применяемые при указанных ниже условиях;
2. чтобы эти кривые, как правило, использовались для определения напряженности поля только в тех случаях, когда известно, что отражения от ионосферы будут незначительны по амплитуде. Ионосферное распространение радиоволн рассматривается в томе VI;
3. чтобы эти кривые не использовались в тех случаях, когда приемная антенна расположена довольно высоко над поверхностью Земли;

Примечание. — То есть когда $\epsilon_r \ll 60 \lambda_0$, кривые можно применять до высоты $h = 1,2 \sigma^{1/2} \lambda^{3/2}$.

4. чтобы эти кривые, приведенные для однородных трасс при условиях, указанных в Приложении I, могли также использоваться для определения напряженности поля на смешанных трассах, как это показано в Приложении II.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ (ОДНОРОДНЫЕ ТРАССЫ)

Кривые распространения радиоволн, приведенные в данной Рекомендации, рассчитываются при следующих предположениях:

- они относятся к гладкой однородной сферической Земле;
- индекс рефракции в тропосфере уменьшается с высотой экспоненциально, как это указано в Рекомендации 369;
- передающая и приемная антенны расположены на уровне земли;
- излучающим элементом является короткий вертикальный несимметричный вибратор. (Эквивалентный дипольный момент равен $5\lambda/2\pi$, см. Отчет 714.) Предполагая, что такая вертикальная антенна находится на поверхности идеально проводящей плоской Земли и излучает мощность 1 кВт, напряженность поля на расстоянии 1 км составит 300 мВ/м; это соответствует величине волнодвижущей силы 300 В (см. Рекомендацию 525);
- кривые даются для расстояний, измеренных по искривленной поверхности Земли;
- на кривых приведены значения вертикальной составляющей напряженности излучаемого поля, то есть той составляющей, которую можно эффективно измерить в дальней зоне излучения антенны.

* Данную Рекомендацию следует довести до сведения 8-й и 10-й Исследовательских Комиссий.

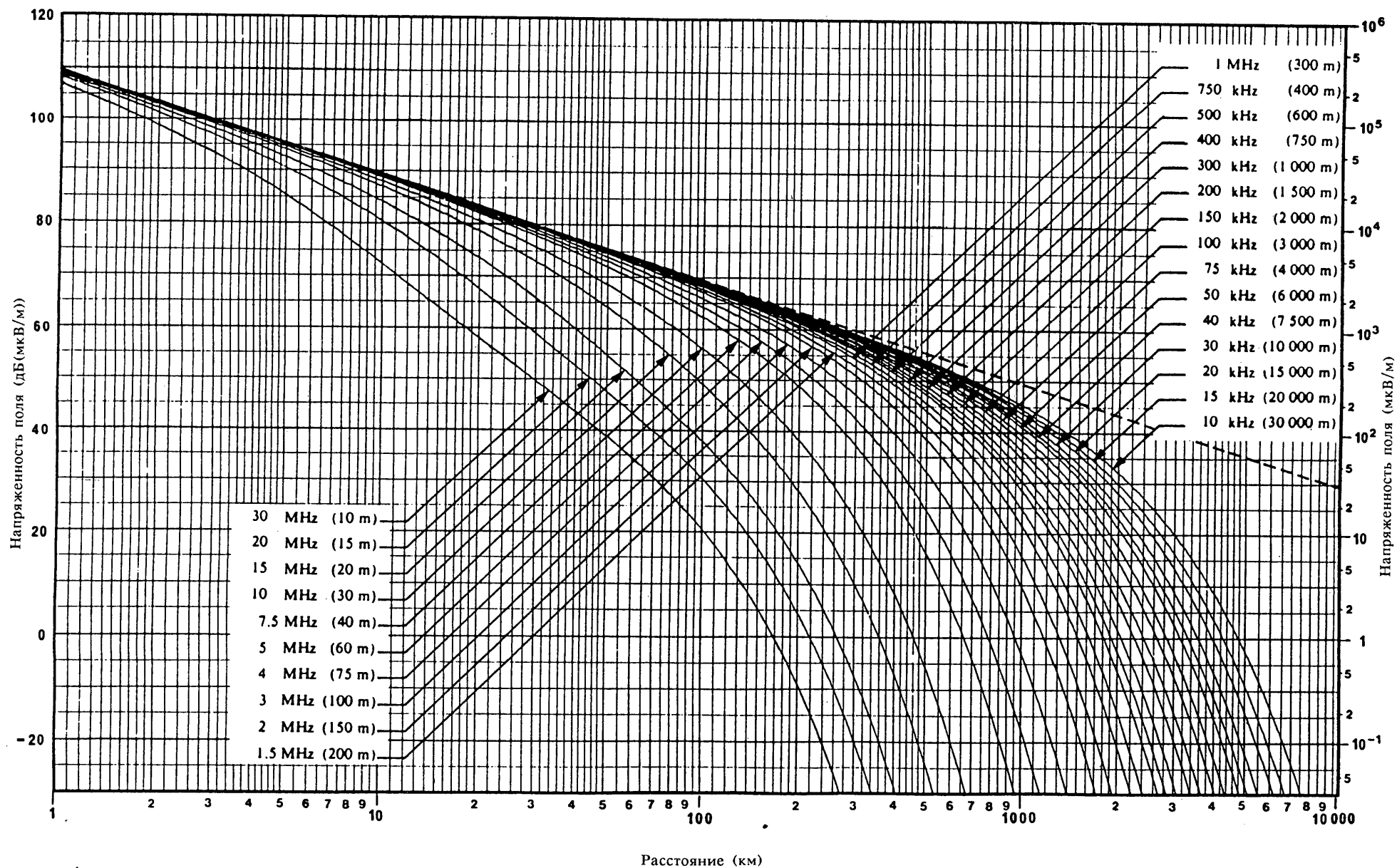


РИСУНОК 1 — Кривые распространения земной волны; морская вода с низкой соленостью, $\sigma = 1 \text{ С/м}$, $\epsilon = 80$

----- Кривая, обратно пропорциональная расстоянию

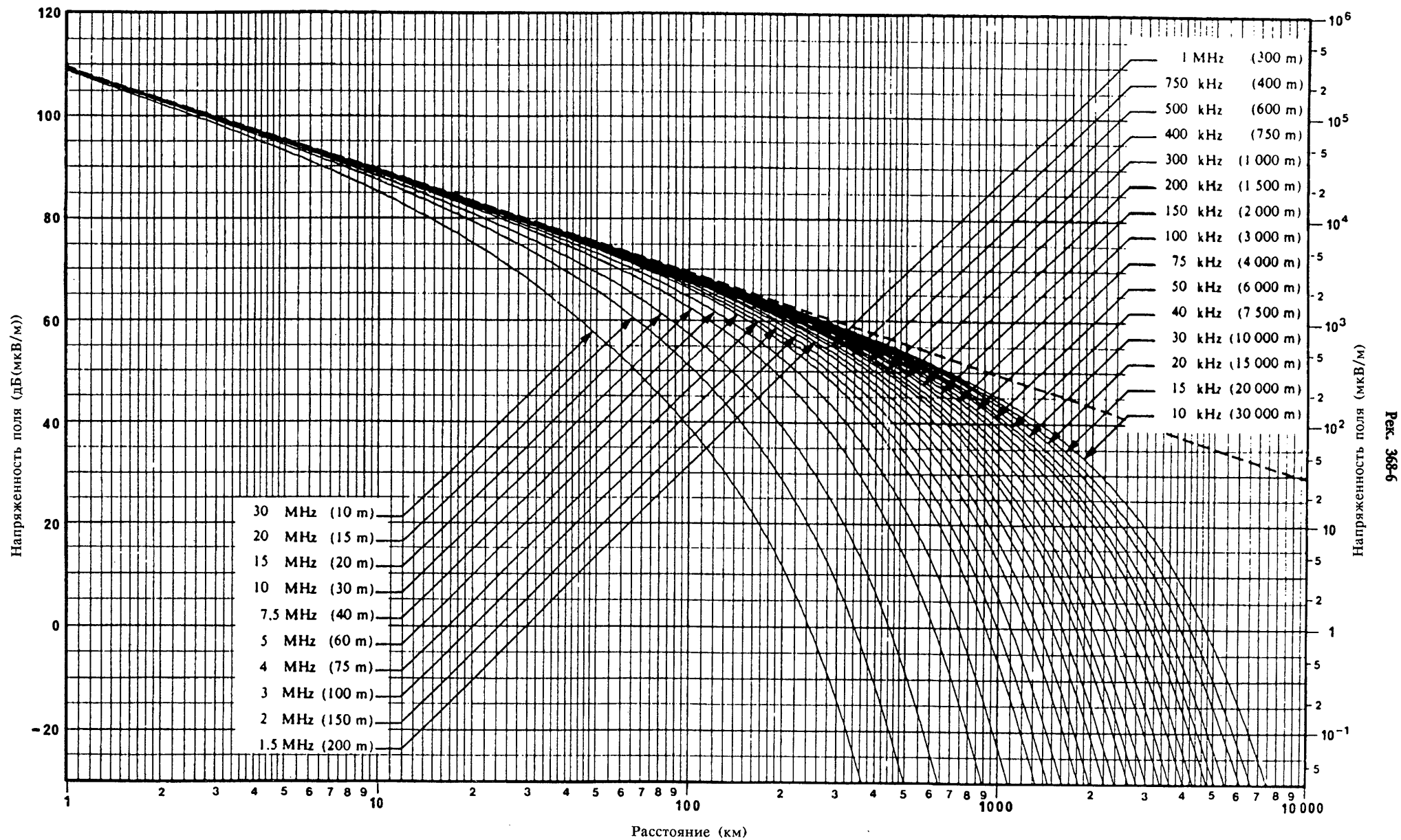
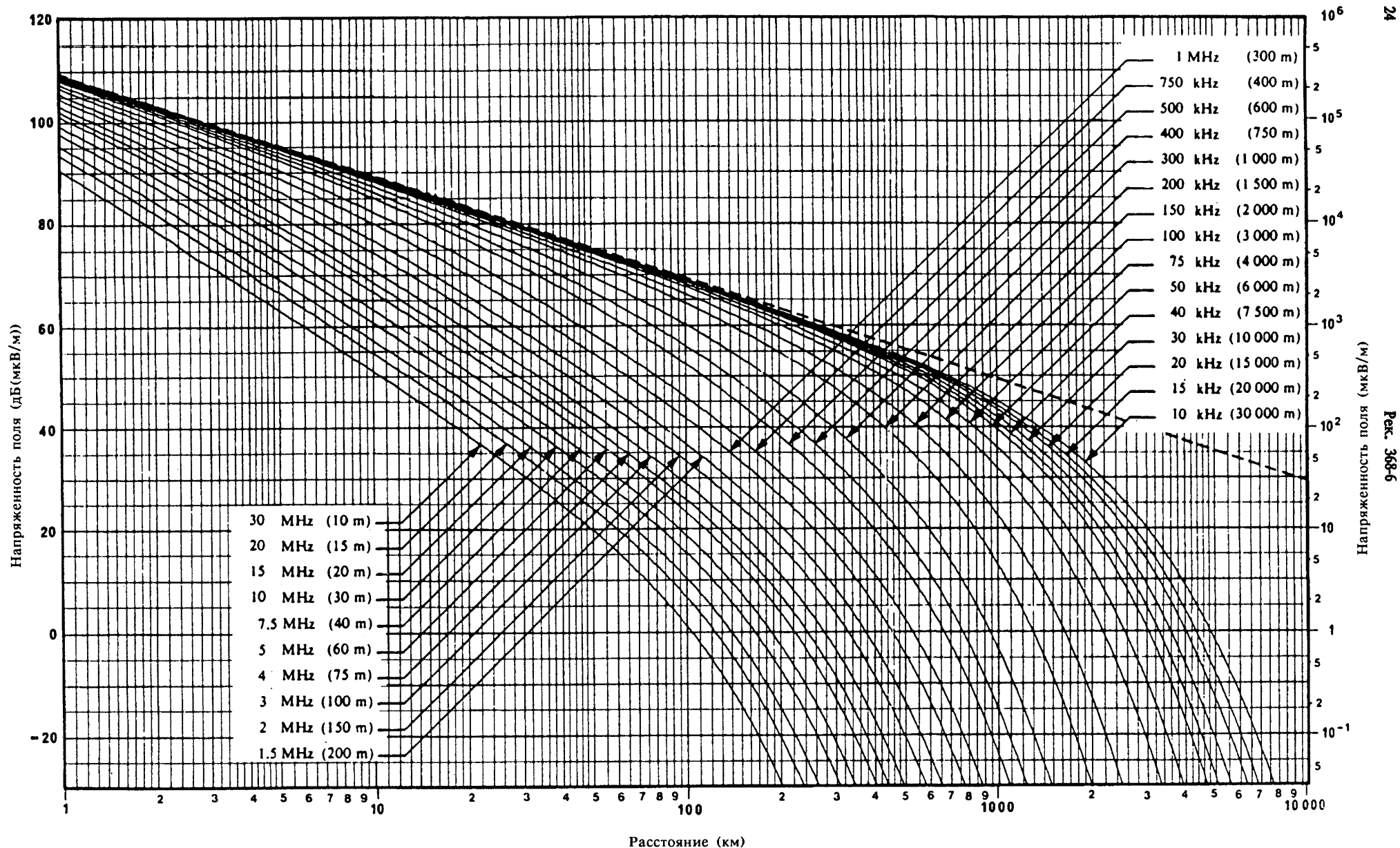


РИСУНОК 2 — Кривые распространения земной волны; морская вода средней солености, $\sigma = 5 \text{ С/м}$, $\epsilon = 70$

--- Кривая, обратно пропорциональная расстоянию



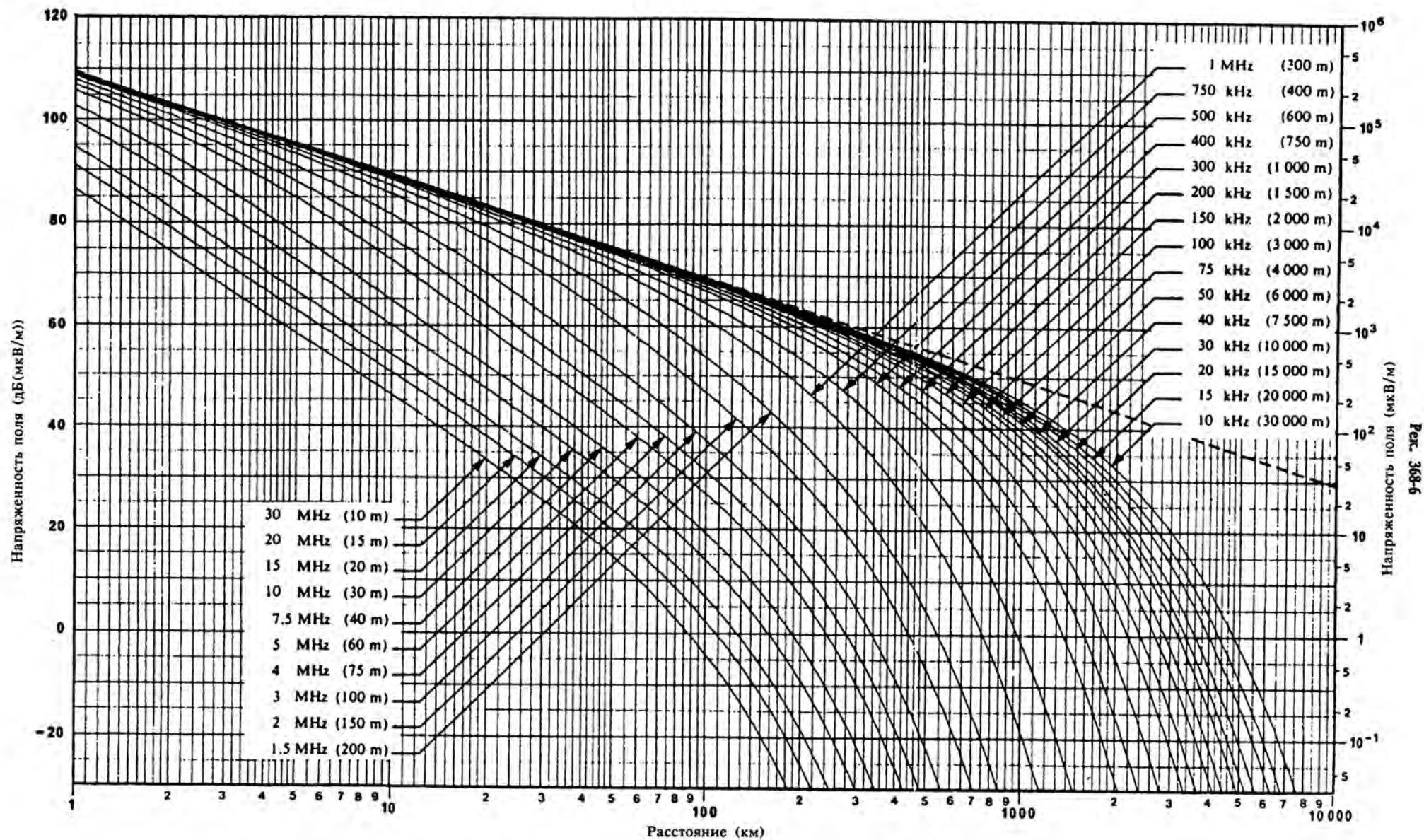


РИСУНОК 4 — Кривые распространения земной волны; суша, $\sigma = 3 \times 10^{-2} \text{ С/м}$, $\epsilon = 40$

--- Кривая, обратно пропорциональная расстоянию

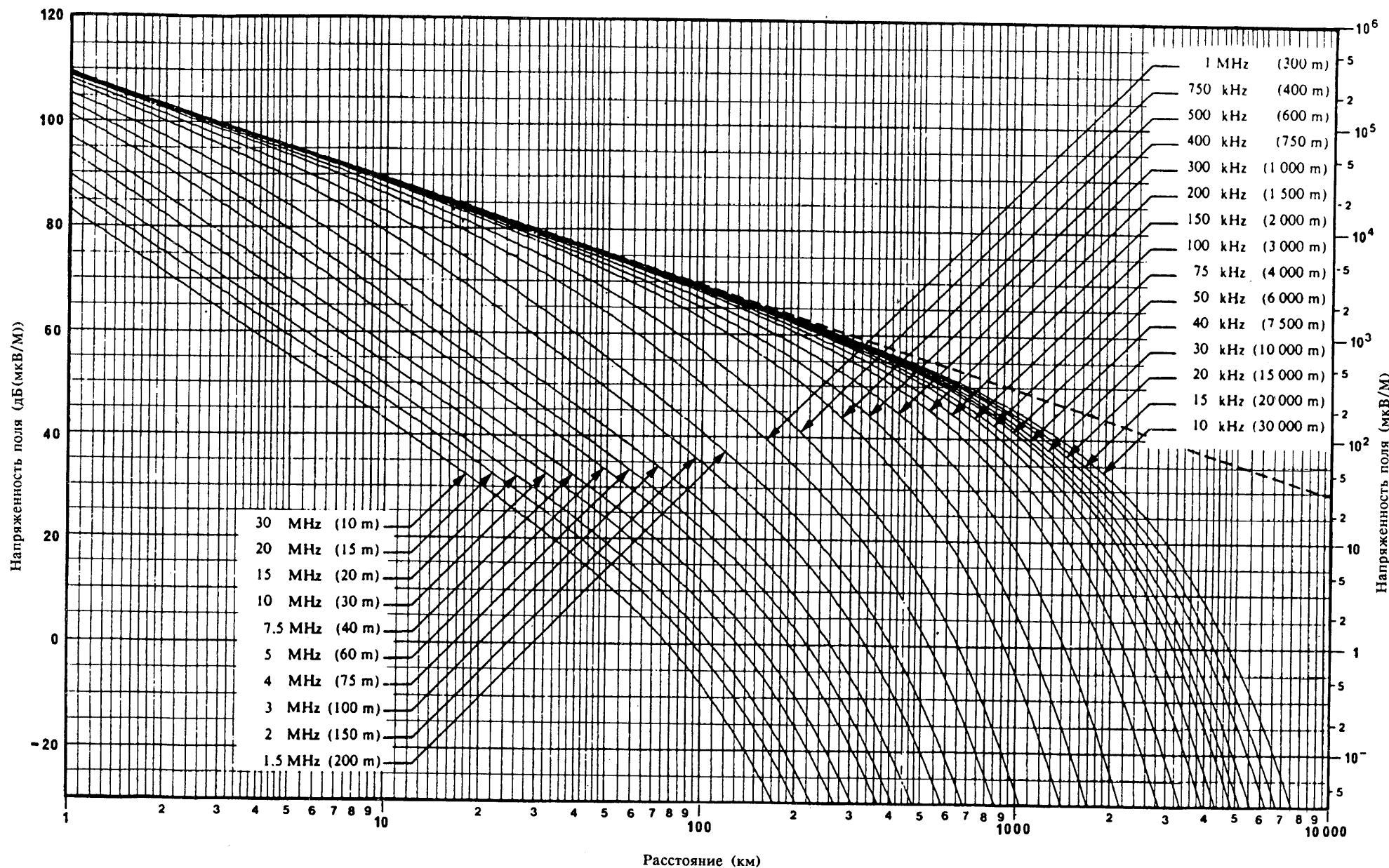


РИСУНОК 5 — Кривые распространения земной волны; влажная почва, $\sigma = 10^{-2}$ С/м, $\epsilon = 30$

--- Кривая, обратно пропорциональная расстоянию

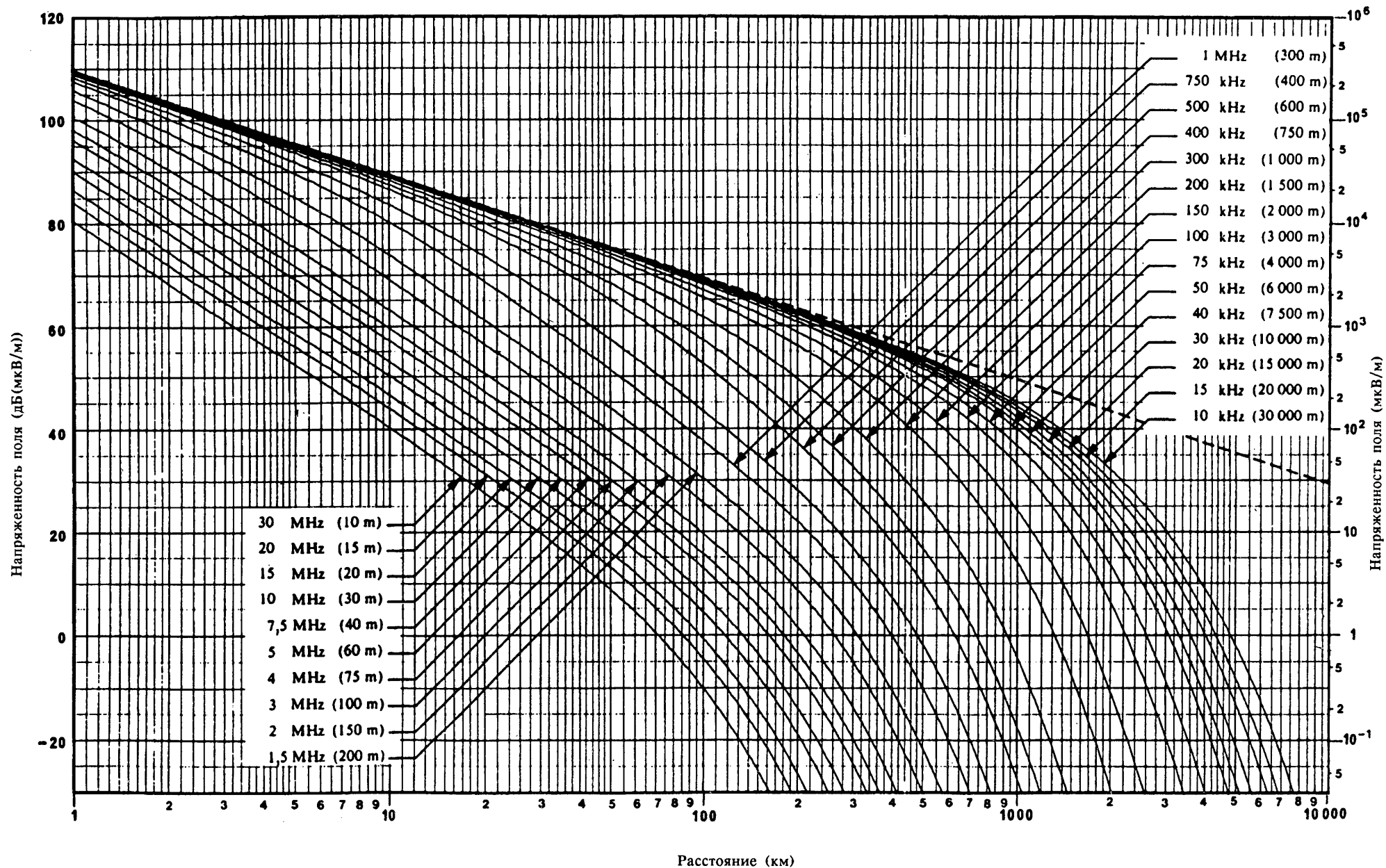


РИСУНОК 6 – Кривые распространения земной волны; суша, $\sigma = 3 \times 10^{-3}$ С/м, $\epsilon = 22$

--- Кривая, обратно пропорциональная расстоянию

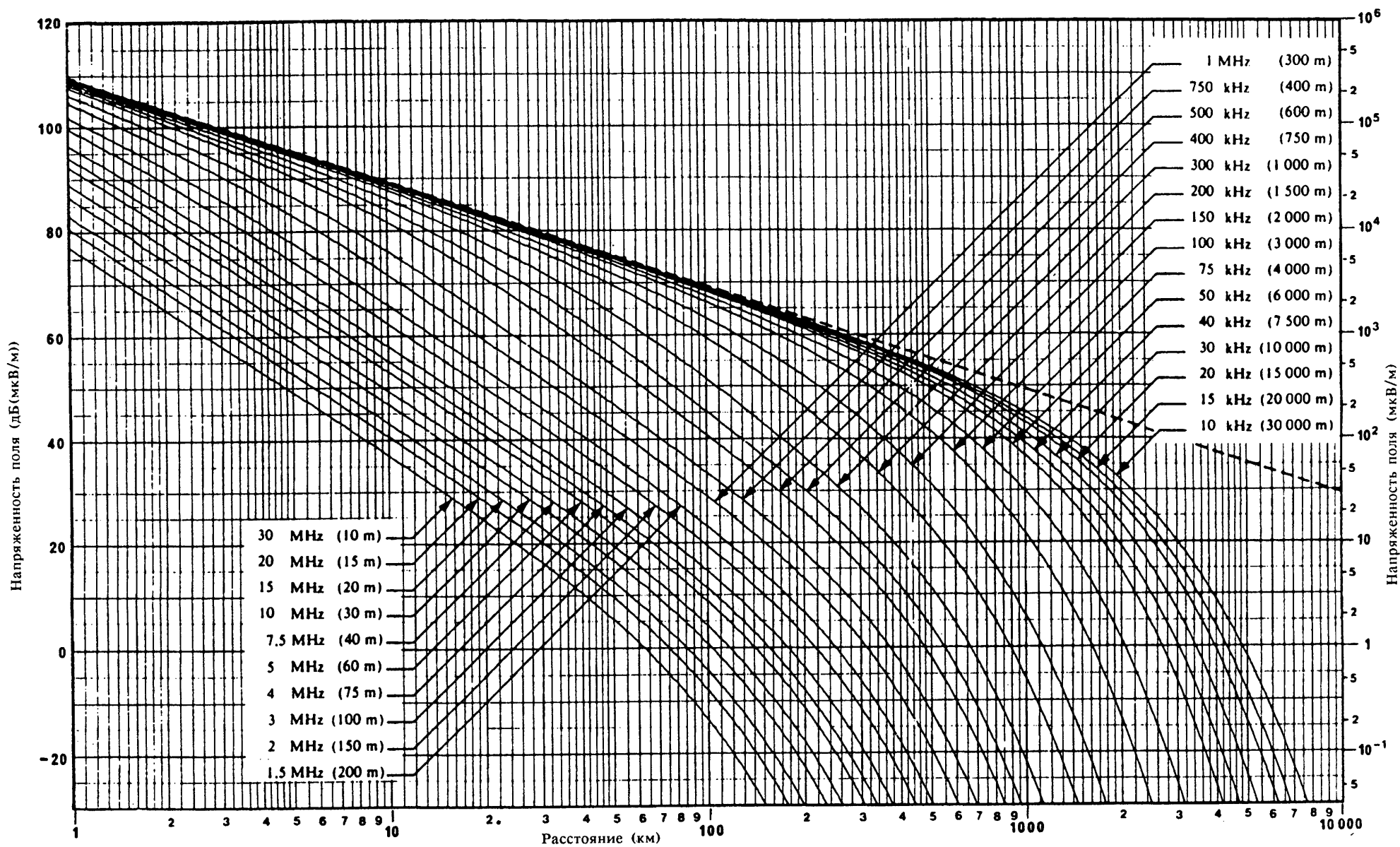
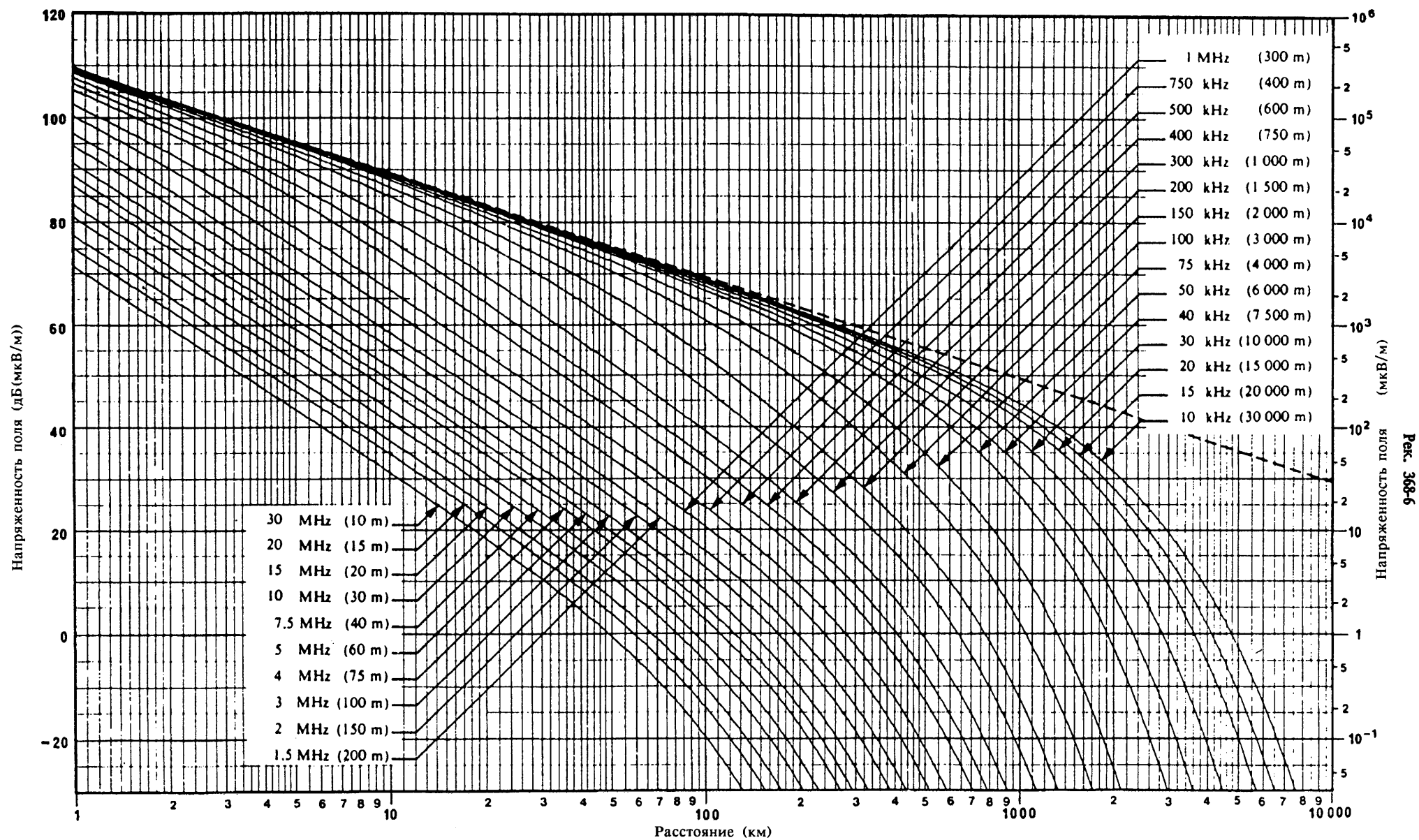


РИСУНОК 7 — Кривые распространения земной волны; почва средней сухости, $\sigma = 10^{-3}$ С/м, $\epsilon = 15$

----- Кривая, обратно пропорциональная расстоянию



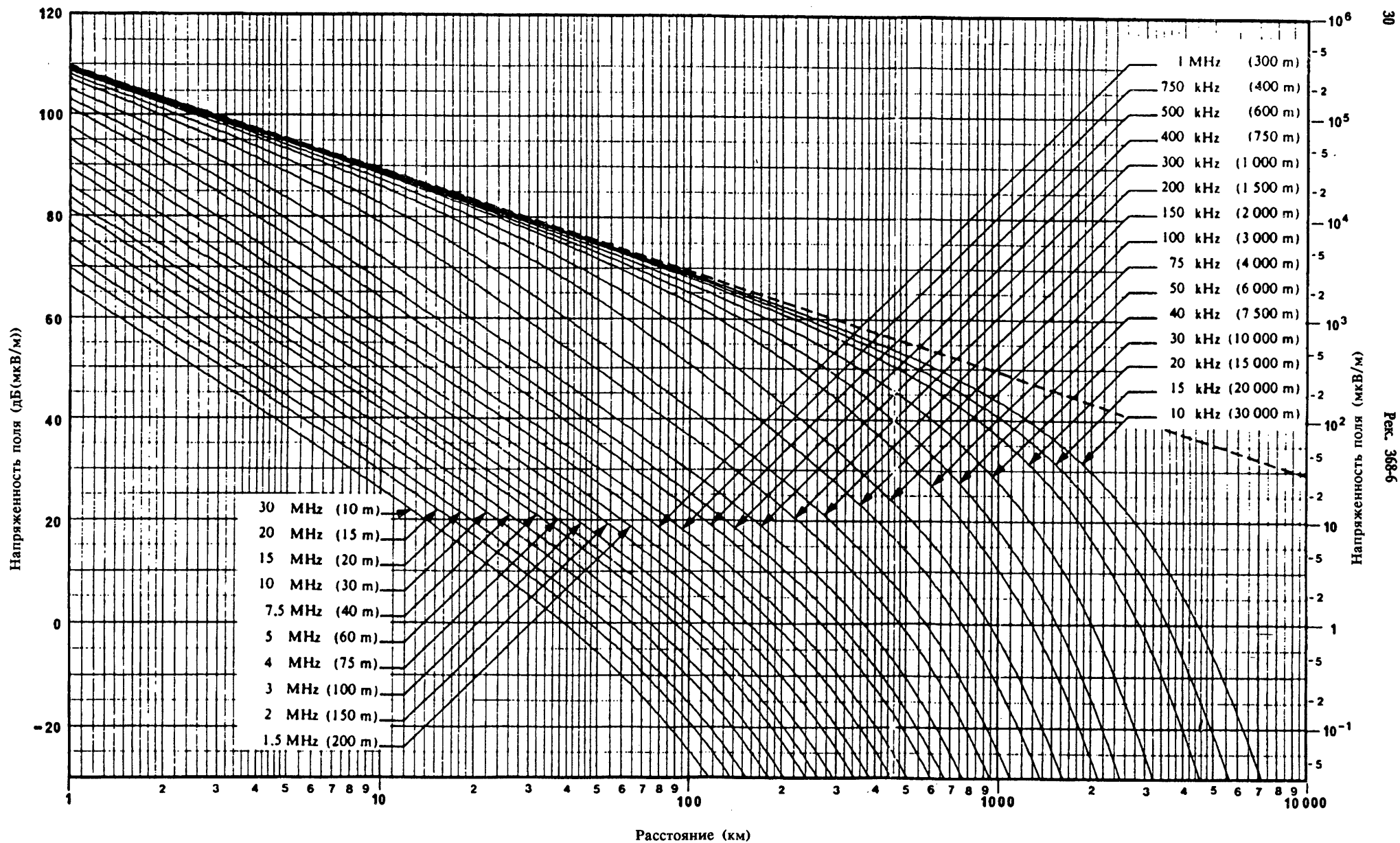


РИСУНОК 9 — Кривые распространения земной волны; сухая почва, $\sigma = 10^{-4}$ С/м, $\epsilon = 3$

--- Кривая, обратно пропорциональная расстоянию

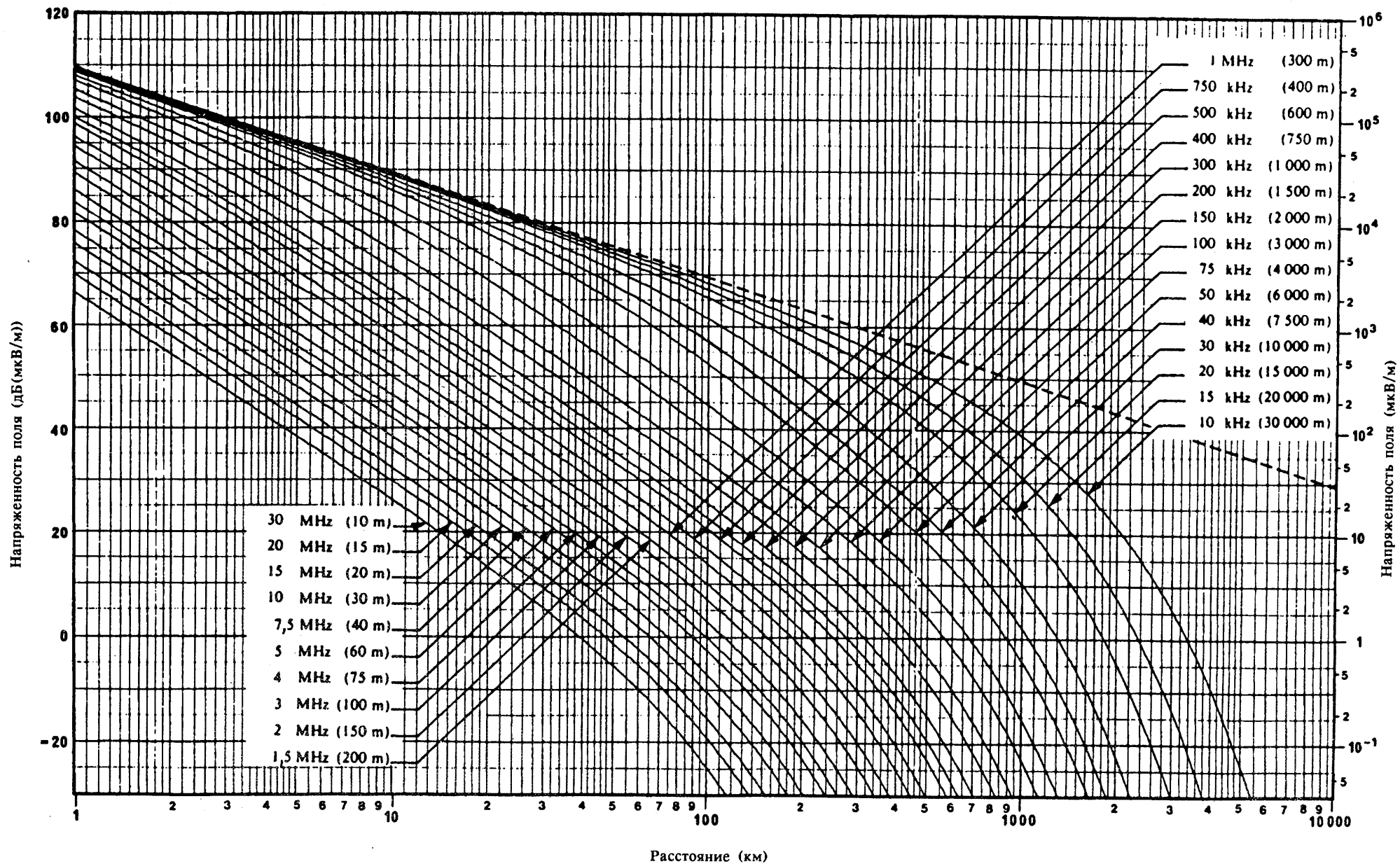


РИСУНОК 10 — Кривые распространения земной волны; пресный лед, -1°C , $\sigma = 3 \times 10^{-5} \text{ С/м}$, $\epsilon = 3$

--- Кривая, обратно пропорциональная расстоянию

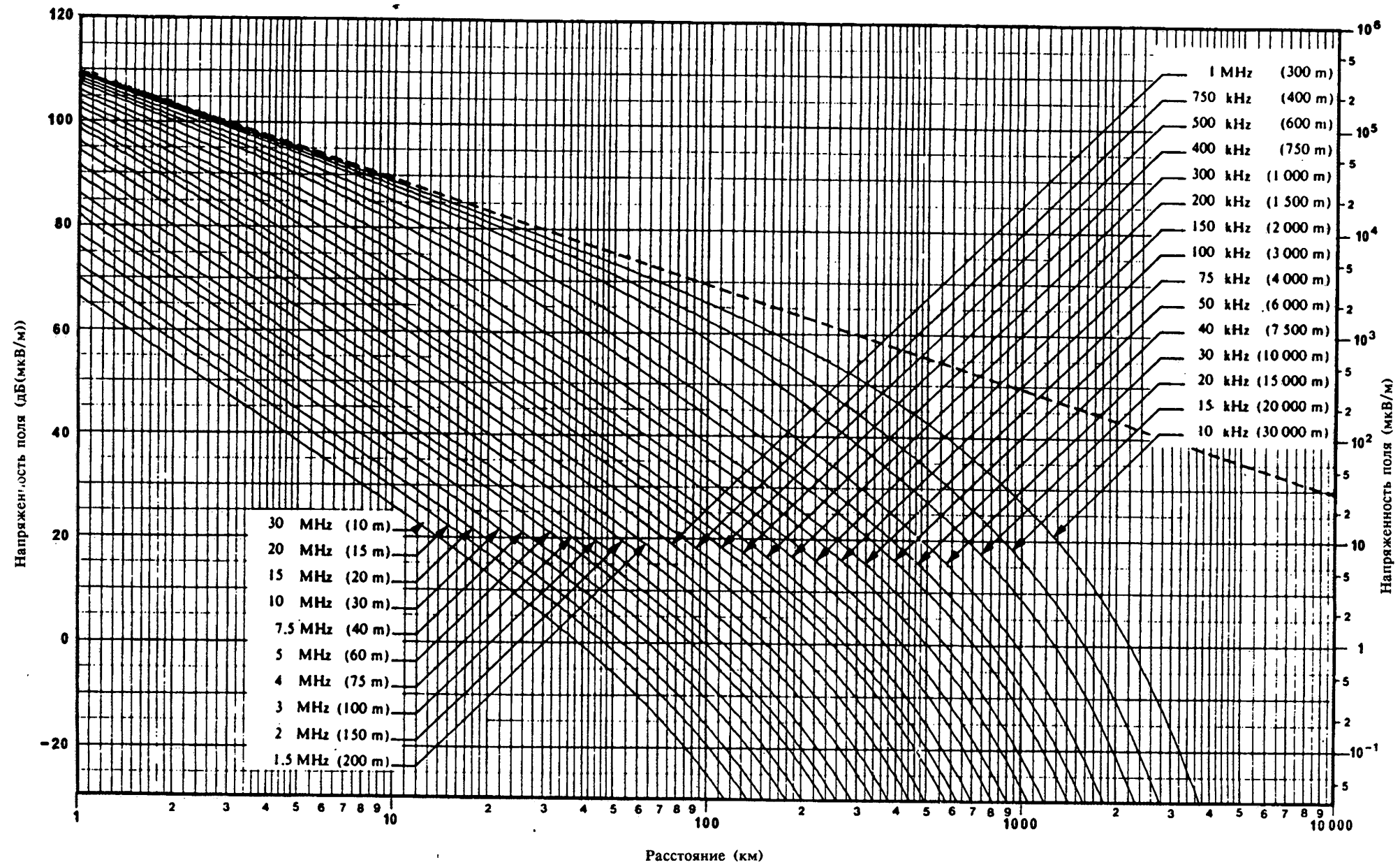


РИСУНОК 11 — Кривые распространения земной волны; пресный лед, -10°C , $\sigma = 10^{-5} \text{ С/м}$, $\epsilon = 3$

--- Кривая, обратно пропорциональная расстоянию.

Примечание 1. — Кривая, обратно пропорциональная расстоянию, показанная на рисунках, к которой для коротких расстояний асимптотически стремятся другие кривые, проходит через точку со значением напряженности поля 300 мВ/м на расстоянии 1 км. Для приведения данных кривых к другим эталонным антеннам см. таблицу I в Рекомендации 341.

Примечание 2. — Для этих расчетов использовались программа GRWAVE и методы, изложенные в Отчете 714.

Примечание 3. — Основные потери передачи, соответствующие тем же условиям, для которых были рассчитаны данные кривые, можно получить из значений напряженности поля E (дБ(мкВ/м)) при использовании следующего уравнения:

$$L_b = A_i = 142,0 + 20 \log f_{\text{МГц}} - E \quad \text{дБ}$$

Влияние окружающей среды как на передающую, так и на приемную антенны рассмотрено в Рекомендации 341.

Примечание 4. — Кривые показывают общее поле на расстоянии, r , с погрешностью менее 1 дБ, когда kr превышает величину примерно равную 10, где $k = 2\pi/\lambda$. Влияние ближнего поля (то есть поле в зоне индукции и статическое поле) можно учесть, если увеличить напряженность поля (в децибелах) на:

$$10 \log \left\{ 1 - \frac{1}{(kr)^2} + \frac{1}{(kr)^4} \right\}$$

При этом можно получить общее поле с точностью $\pm 0,1$ дБ для моря и влажной почвы и с точностью ± 1 дБ для любой проводимости почвы, превышающей 10^{-3} С/м.

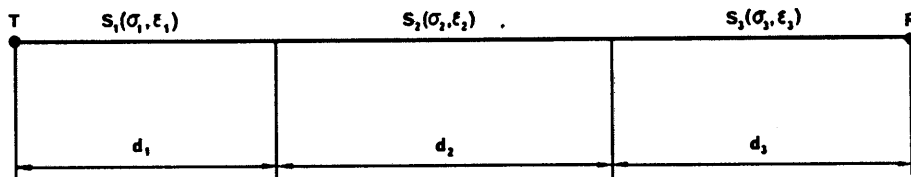
Примечание 5. — Для любой антенны, если место ее расположения превышает по высоте среднее возвышение местности на трассе между антеннами, то в этом случае эффективной высотой антенны является высота антенны относительно среднего возвышения местности на трассе. Это эффективное значение высоты антенны нужно сравнивать с расчетным предельным значением высоты антенны в разделе "РЕКОМЕНДУЕТ 3" для определения того, действительны ли указанные кривые для данной трассы распространения радиоволн.

ПРИЛОЖЕНИЕ II

ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ СМЕШАННЫХ ТРАСС

1. Кривые, приведенные в Приложении I, могут использоваться для определения параметров распространения радиоволн на смешанных трассах (неоднородная гладкая поверхность Земли) следующим образом:

Такие трассы могут быть образованы из участков S_1, S_2, S_3 и т.д. длиной d_1, d_2, d_3 и т.д., имеющих проводимость и диэлектрическую проницаемость $\sigma_1, \epsilon_1, \sigma_2, \epsilon_2, \sigma_3, \epsilon_3$ и т.д., как показано ниже для трех участков:



Существуют различные полуэмпирические методы определения параметров распространения радиоволн на таких трассах, из которых метод Миллингтона [1949] наиболее точен и удовлетворяет условиям взаимности. Метод предполагает, что для участков трассы S_1, S_2, S_3 и т.д., каждый по отдельности считается однородным, используются кривые для различных типов местности в этих участках, причем все уровни поля соответствуют одному и тому же источнику излучения Т и определяются, например, посредством указанной кривой, обратно пропорциональной расстоянию. Значения уровней поля могут быть затем окончательно пересчитаны для любого другого источника излучения.

После этого для данной частоты выбирается кривая, соответствующая участку S_1 , и далее определяется поле $E_1(d_1)$ в дБ(мкВ/м) на расстоянии d_1 . Затем используется надлежащая кривая для участка S_2 при определении полей $E_2(d_1)$ и $E_2(d_1 + d_2)$ и, аналогичным образом, по соответствующим кривым определяем поля $E_3(d_1 + d_2)$ и $E_3(d_1 + d_2 + d_3)$ для участка S_3 и т.д.

Напряженность поля принимаемого сигнала E_R определяется затем как:

$$E_R = E_1(d_1) - E_2(d_1) + E_2(d_1 + d_2) - E_3(d_1 + d_2) + E_3(d_1 + d_2 + d_3) \quad (1)$$

$$E_T = E_3(d_3) - E_2(d_3) + E_2(d_3 + d_2) - E_1(d_3 + d_2) + E_1(d_3 + d_2 + d_1) \quad (2)$$

Требуемое значение поля находится как $^{1/2} [E_R + E_T]$, причем очевидна применимость метода к большому числу участков.

Этот метод можно, в принципе, расширить и использовать при фазовых изменениях, если имеются соответствующие кривые зависимости фаз от расстояний при распространении над однородной поверхностью Земли. Такая информация была бы необходима для применения в навигационных системах. Метод Миллингтона обычно прост в использовании, особенно с привлечением компьютера.

2. Для целей планирования, когда требуется установить величину зоны охвата для определенного передатчика, приближенную и быструю оценку расстояния, на котором создается заданное значение напряженности поля, удобно произвести с помощью *графической процедуры*, основанной на том же методе.

Ниже приводится краткое описание графического метода.

Данные рис. 12 используются для трассы, состоящей из двух различных участков со значениями σ_1, ϵ_1 и σ_2, ϵ_2 и длиной d_1 и d_2 соответственно. Предполагается, что модуль комплексной диэлектрической проницаемости* (диэлектрическая постоянная) $|\epsilon^1(\sigma_1, \epsilon_1)|$ больше, чем $|\epsilon^1(\sigma_2, \epsilon_2)|$. Для расстояний $d > d_1$ кривая напряженности поля, полученная с помощью метода Миллингтона (§ 1), лежит между кривыми, соответствующими двум различным электрическим параметрам $E(\sigma_1, \epsilon_1)$ и $E(\sigma_2, \epsilon_2)$. На расстоянии $d = d_1$, где d_1 — расстояние от передатчика до границы раздела двух участков, кривая Миллингтона проходит через среднюю точку между кривыми для $E(\sigma_1, \epsilon_1)$ и $E(\sigma_2, \epsilon_2)$ при условии, что напряженность поля линейна и обозначается в децибелах. Кроме того, эта же кривая приближается к асимптоте, которая на m дБ отличается от кривой для $E(\sigma_2, \epsilon_2)$, как показано на рис. 12, где m — половина разности в децибелах между двумя кривыми для $E(\sigma_1, \epsilon_1)$ и $E(\sigma_2, \epsilon_2)$ при $d = d_1$. Точка при $d = 2d_1$ и асимптота позволяют легко изобразить результирующую кривую напряженности поля.

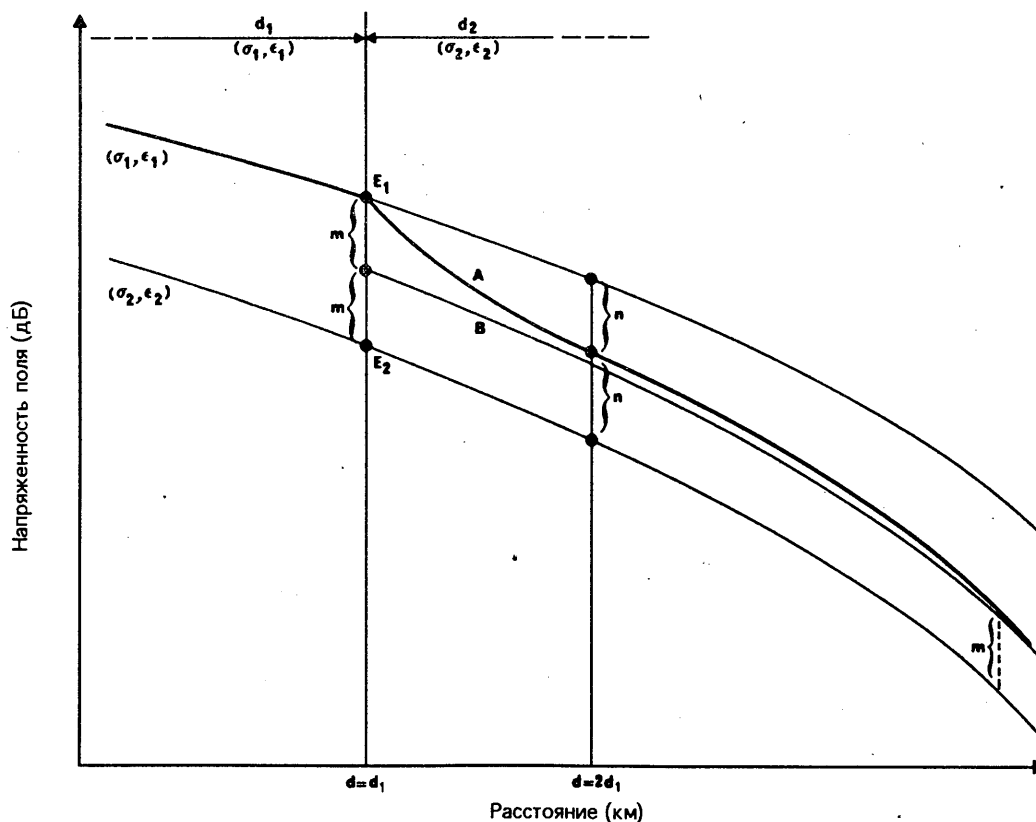


РИСУНОК 12 — Сравнение результатов

А: Кривая Миллингтона значений напряженности поля
В: Асимптота

* См. Отчет 229.

На рис. 13 приведена кривая Миллингтона для трассы, состоящей из двух участков с электрическими постоянными, изменяющимися от σ_2, ϵ_2 до σ_1, ϵ_1 , где модуль комплексной диэлектрической проницаемости $|\epsilon^1(\sigma_1, \epsilon_1)| > |\epsilon^1(\sigma_2, \epsilon_2)|$. Вышеуказанную процедуру можно в данном случае использовать с учетом того, что асимптота теперь параллельна кривой $E(\sigma_1, \epsilon_1)$.

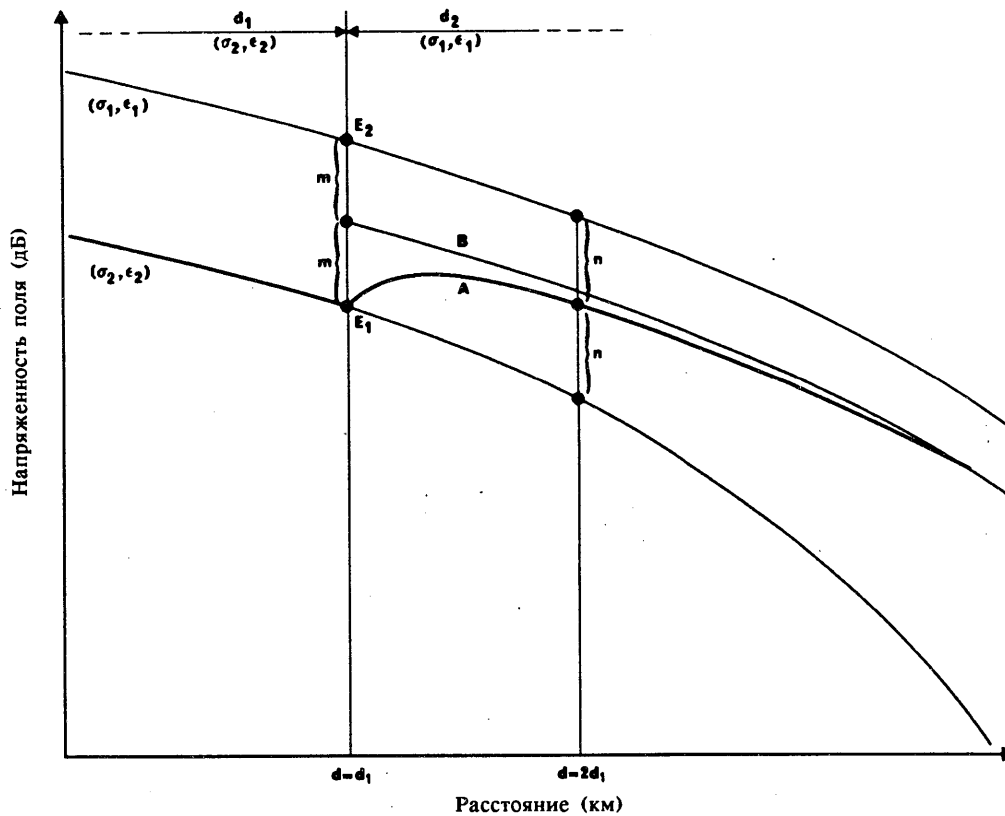


РИСУНОК 13 — Сравнение результатов

- А: Кривая Миллингтона значений напряженности поля
В: Асимптота

Для трасс, состоящих из более чем двух участков, каждое изменение можно рассматривать в отдельности по тому же методу, что и для первого изменения. Результирующая кривая должна быть непрерывной, а участки кривой перемещаются параллельно экстраполированной кривой в конце предыдущего участка.

Для применения графического метода удобно было бы иметь кривые распространения земной волны для ряда различных совокупностей значений электрических постоянных на каждой требуемой частоте. Такие кривые могут быть получены из кривых, приведенных в Приложении I. Однако соответствующие кривые для НЧ и СЧ диапазонов могут быть получены из Отчета 717 (публикуемого отдельно), в котором даны также примеры расчетов для смешанных трасс.

Точность графического метода зависит от крутизны кривых напряженности поля и она поэтому в определенной степени зависит от частоты. Для НЧ диапазона разница между методом, описанным в § 1, и этим приближенным методом обычно незначительна, но для самой верхней части СЧ диапазона разница в большинстве случаев не превысит 3 дБ. Подробное описание графического метода приводится в работе Стокке [1975].

ССЫЛКИ

MILLINGTON, G. [January, 1949] Ground-wave propagation over an inhomogeneous smooth earth. *Proc. IEE*, Part III, Vol. 96, 39, 53-64.

STOKKE, K.N. [1975] Some graphical considerations on Millington's method for calculating field strength over inhomogeneous earth. *Telecomm. J.*, Vol. 42, No. III, 157-163.

БИБЛИОГРАФИЯ

DAMBOLDT, T. [13-16 April, 1981] HF ground-wave field-strength measurements on mixed land-sea paths. IEE Second International Conference on Antennas and Propagation, Heslington, York, UK.

FURUTSU, K. [1955] Propagation of electro-magnetic waves over a flat earth across a boundary separating different media and coastal refraction. *J. Radio Res. Lab.*, Japan, 2, 1.

GROSSKOPF, J. [March, 1950] Zur Ausbreitung von Mittelwellen über inhomogenes Gelände. (On the propagation of medium waves over an inhomogeneous terrain). *Fernmeldetech., FTZ*, Vol. 3, 3, 118-121.

MILLINGTON, G. and ISTEAD, G.A. [July, 1950] Ground-wave propagation over an inhomogeneous smooth earth. Part 2. Experimental evidence and practical implications. *Proc. IEE*, Part III, Vol. 97, 48, 209-222.

SENIOR, T.B.A. [1957] Radio propagation over discontinuity in the earth's electrical properties: II Coastal refraction. *Proc. IEE*, Part C, Vol. 104, 43, 139-147.

WAIT, J.R. [July-August, 1961] On the theory of mixed-path ground-wave propagation on a spherical earth. *NBS J. Res.*, Vol. 65D, 4, 401-410.

РЕКОМЕНДАЦИЯ 526-1

РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН ЗА СЧЕТ ДИФРАКЦИИ

(1978—1982)

МККР,

УЧИТЫВАЯ,

что имеется необходимость в обеспечении инженеров информацией по расчету напряженности поля сигналов на дифракционных трассах,

ЕДИНОДУШНО РЕКОМЕНДУЕТ,

чтобы для расчетов напряженности поля сигналов на дифракционных трассах использовалась информация, приведенная в Отчете 715.

РЕКОМЕНДАЦИЯ 527-2

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ*

(1978–1982–1990)

МККР,

УЧИТЫВАЯ,

- (a) что на распространение земной волны в основном влияют электрические характеристики поверхности Земли, в том числе наличие на ней растительности, а степень влияния нижних слоев почвы на эффективные значения электрических характеристик поверхности Земли зависит от глубины проникновения энергии радиоволн;
- (b) что необходимо знать значения относительной диэлектрической проницаемости и проводимости в зависимости от частоты для различных типов поверхности;
- (c) что требуется информация об изменении глубины проникновения в зависимости от частоты,

ЕДИНОДУШНО РЕКОМЕНДУЕТ,

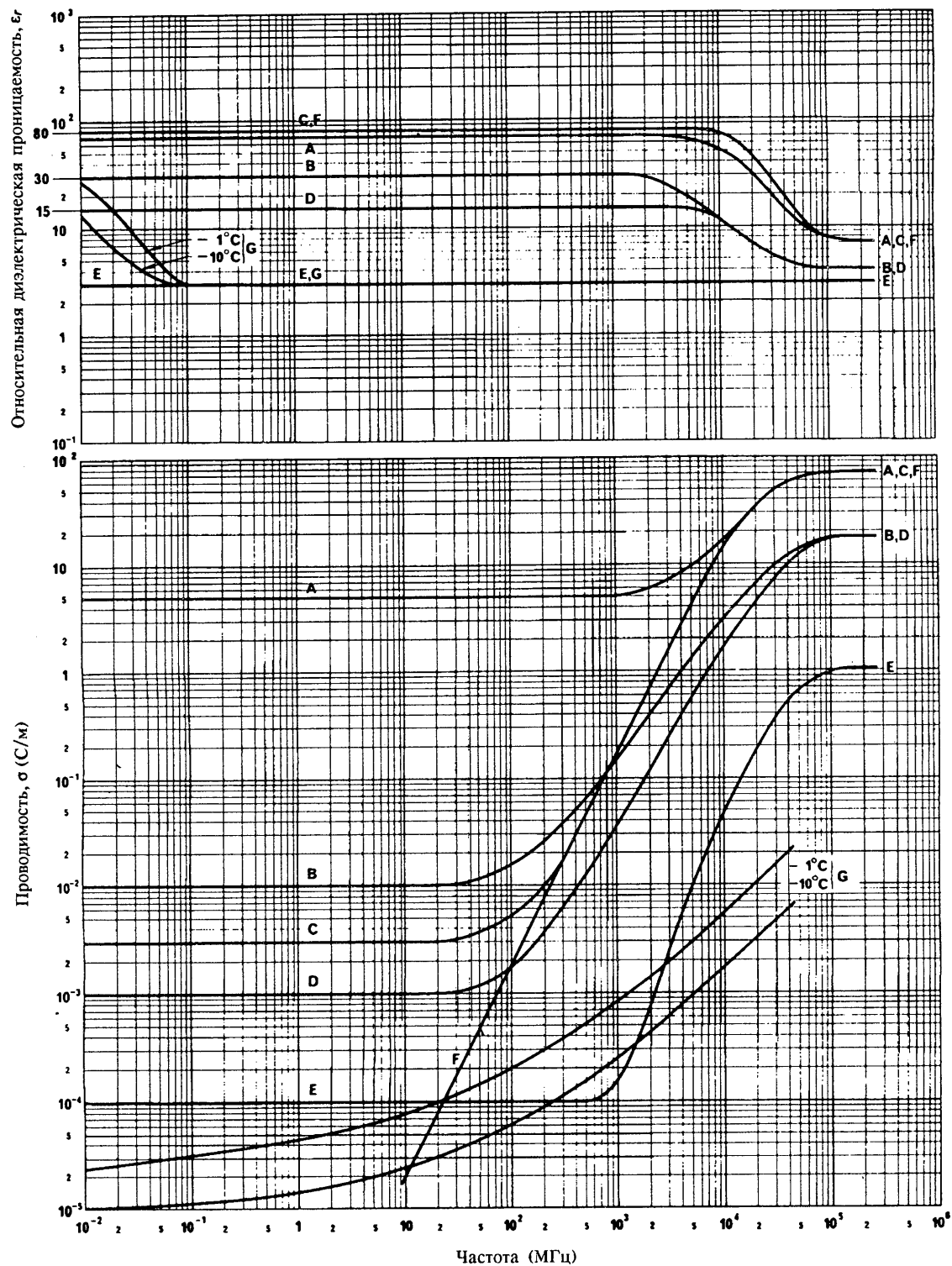
чтобы при расчете напряженности поля земной волны на соответствующих частотах и при указанных условиях использовались кривые, приведенные в Приложении I.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

В отношении кривых следует обратить особое внимание на следующие моменты:

- Значения относительной диэлектрической проницаемости (диэлектрическая постоянная) и проводимости почвы, приведенные на рис. 1 для различных типов поверхности Земли, указывают приблизительный диапазон величин, которые могут встретиться при различных условиях, однако в особых случаях могут наблюдаться значения вне этого диапазона. В очень влажных районах с плодородными почвами будут иметь место более высокие значения проводимости почвы, в то время как в горных и арктических регионах проводимость почвы на частотах ниже 100 МГц может быть довольно низкой, порядка 10^{-5} С/м. В случае, если на земле имеется снежный покров, могут наблюдаться более низкие значения диэлектрической проницаемости, чем это можно получить по кривым E на рис. 1. Вода в озерах и реках имеет проводимость, которая возрастает с увеличением концентрации примесей.
- На низких частотах должны учитываться, за исключением морской воды, слои до глубины 100 м или более, как это показано на рис. 2. Этот факт приобретает особо важное значение в случаях, когда верхние слои имеют меньшую проводимость и энергия радиоволн может поэтому значительно легче проникать в более низкие слои. Такие случаи встречаются, например, в покрытых льдом озерах и океанах.
- Описание явлений затухания, обусловленного растительностью, приводится в Отчете 1145.

* См. также Отчет 229.

РИСУНОК 1 — Относительная диэлектрическая проницаемость, ϵ_r , и проводимость, σ , в зависимости от частоты

- A: морская вода (средней солености), 20°C
- B: влажная почва
- C: пресная вода, 20°C
- D: почва средней сухости
- E: очень сухая почва
- F: чистая вода, 20°C
- G: лед (пресная вода)

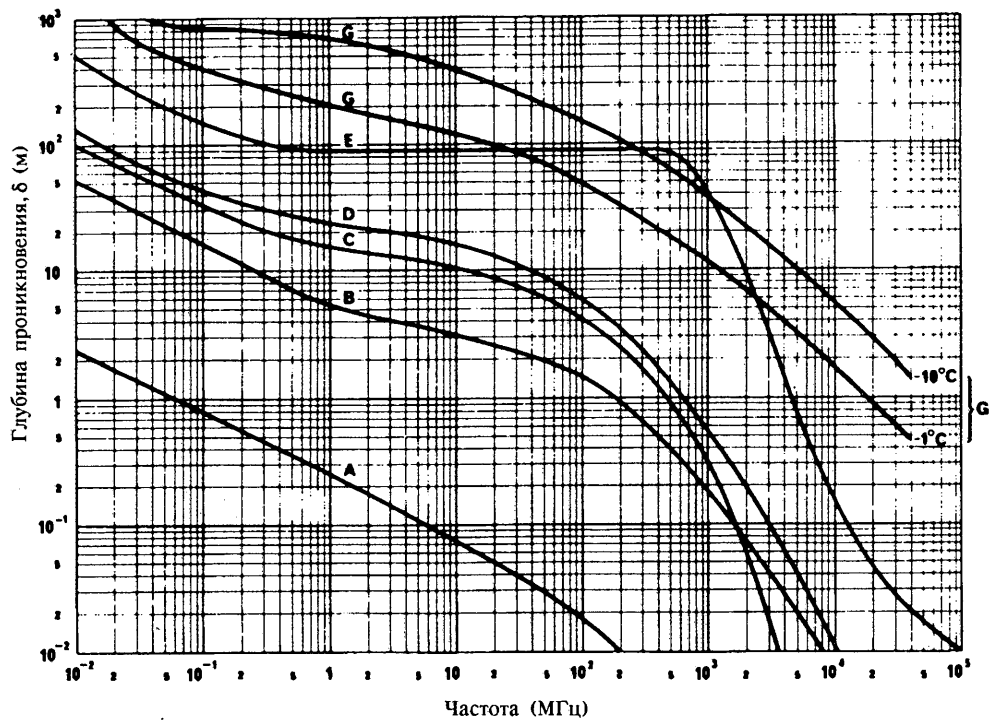


РИСУНОК 2 — Глубина проникновения δ в зависимости от частоты

- A: морская вода
- B: влажная почва
- C: пресная вода
- D: почва средней сухости
- E: очень сухая почва
- G: лед (пресная вода)

РАЗДЕЛ 5С: ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРЫ (РАДИОМЕТЕОРОЛОГИЯ)

РЕКОМЕНДАЦИЯ 369-4

ЭТАЛОННАЯ АТМОСФЕРА ДЛЯ РЕФРАКЦИИ

(Вопрос 2/5)

(1959–1963–1966–1978–1982–1990)

МККР,

УЧИТЫВАЯ,

(a) что зависимость индекса рефракции n в атмосфере на радиочастотах от высоты h хорошо аппроксимируется экспоненциальным законом:

$$n(h) = 1 + a \times \exp(-bh), \quad (1)$$

где a и b — параметры, которые определяются статистически для различных типов климата,

(b) что имеется необходимость в общем эталоне, для того чтобы облегчить сравнение расчетов,

ЕДИНОДУШНО РЕКОМЕНДУЕТ,

чтобы эталонная атмосфера для рефракции определялась по следующей формуле:

$$n(h) = 1 + 315 \times 10^{-6} \times \exp(-0,136h), \quad (2)$$

где h — высота над уровнем моря (км).

РЕКОМЕНДАЦИЯ 453-2

ФОРМУЛА ДЛЯ ИНДЕКСА РЕФРАКЦИИ РАДИОВОЛН

(Вопрос 2/5)

(1970–1986–1990)

МККР,

УЧИТЫВАЯ

необходимость использования только одной формулы для расчета индекса рефракции атмосферы,

ЕДИНОДУШНО РЕКОМЕНДУЕТ,

чтобы индекс рефракции радиоволн в атмосфере, n , определялся по следующей формуле:

$$n = 1 + N \times 10^{-6}, \quad (1)$$

где

 N – это рефракция, определяемая как:

$$N = \frac{77.6}{T} \left(P + 4810 \frac{e}{T} \right) \quad (2)$$

 P : атмосферное давление (мбар)* e : давление водяных паров (мбар)* T : абсолютная температура (К).

* Следует отметить, что Всемирная метеорологическая организация рекомендовала принять в качестве единицы атмосферного давления hPa, которая численно идентична мбар.

РЕКОМЕНДАЦИЯ 676

ОСЛАБЛЕНИЕ В АТМОСФЕРНЫХ ГАЗАХ

(Вопрос 2/5)

(1990)

МККР,

УЧИТЫВАЯ

необходимость производить оценку ослабления в атмосферных газах на наземных и наклонных трассах,

ЕДИНОДУШНО РЕКОМЕНДУЕТ,

чтобы для расчета ослабления в атмосферных газах использовались процедуры, указанные в Отчете 719.

РЕКОМЕНДАЦИЯ 677

РАДИОИЗЛУЧЕНИЕ ОТ ЕСТЕСТВЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ НА ЧАСТОТАХ ВЫШЕ 50 МГц

(Вопрос 2/5)

(1990)

МККР,

УЧИТЫВАЯ,

что для оценки ограничений, налагаемых шумами на параметры системы, необходимо знать яркостную температуру неба,

ЕДИНОДУШНО РЕКОМЕНДУЕТ

для расчета яркостной температуры неба на частотах выше 50 МГц использовать данные Отчета 720.

РЕКОМЕНДАЦИЯ 678

ОЦЕНКА ПРИРОДНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ЯВЛЕНИЙ
РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН

(Вопрос 2/5)

(1990)

МККР,

УЧИТЫВАЯ,

(a) что для использования при проектировании систем связи необходимо знание природной изменчивости явлений распространения радиоволн;

(b) что существует определенная в Рекомендации 581 процедура прогнозирования оценок статистических данных изменений из года в год интервала времени превышения для наихудшего месяца года,

ЕДИНОДУШНО РЕКОМЕНДУЕТ,

1. чтобы для оценки ожидаемых изменений из года в год интервалов времени превышения для наихудшего месяца в году использовался рис. 2 Отчета 723 ;

2. чтобы ожидаемое изменение относительно долгосрочного среднего прогнозированного значения представлялось в функции периода временного ряда.

Примечание. — Период временного ряда определяется как $1/p$, где p — вероятность превышения заданной величины в анализируемом интервале. Например, медианное значение большого числа интервалов времени превышения для наихудшего месяца года будет иметь период временного ряда в 2 года.

РЕКОМЕНДАЦИЯ 581-2

КОНЦЕПЦИЯ "НАИХУДШЕГО МЕСЯЦА"

(Вопрос 2/5)

(1982—1986—1990)

МККР,

УЧИТЫВАЯ,

- (а) что критерии качества работы систем радиосвязи часто относятся к "любому месяцу" в качестве контрольного периода времени;
- (b) что при проектировании таких систем необходимо иметь статистические данные о явлениях распространения радиоволн, соответствующих критериям качества работы в контрольный период времени;
- (с) что, следовательно, имеется необходимость в однозначном определении контрольного периода времени,

ЕДИНОДУШНО РЕКОМЕНДУЕТ,

1. чтобы интервал времени, в течение которого для наихудшего месяца года превышает предварительно выбранная пороговая величина, считался в качестве "годового интервала времени превышения для наихудшего месяца";
2. чтобы статистические данные, соответствующие критериям, относящимся к "любому месяцу", представляли собой долгосрочное среднее значение годового интервала времени превышения для наихудшего месяца;
3. чтобы наихудший месяц года для предварительно выбранной пороговой величины при наличии факторов ухудшения любого параметра качества, был таким месяцем в периоде времени из двенадцати последовательных календарных месяцев, в течение которого пороговая величина превышает самое длительное время. Наихудший месяц не обязательно является одним и тем же для всех пороговых уровней.

Примечание. — В Отчете 723 приводится модель для преобразования среднего годового интервала времени превышения в средний годовой интервал времени превышения для наихудшего месяца. Указываются мировые значения параметров в этой модели, а также дается более детальная информация о значениях параметров для некоторых районов мира.

РАЗДЕЛ 5D: АСПЕКТЫ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К НАЗЕМНЫМ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНОЙ И ПОДВИЖНОЙ СЛУЖБАМ

РЕКОМЕНДАЦИЯ 370-5*

КРИВЫЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОВЧ И УВЧ ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ
ОТ 30 МГц ДО 1000 МГц**

Радиовещательные службы

(Исследовательская Программа 7D/5)

(1951–1953–1956–1959–1963–1966–1974–1978–1982–1986)

МККР,

УЧИТЫВАЯ,

- (a) что имеется необходимость в руководстве для инженеров при планировании радиовещательных служб в диапазонах ОВЧ и УВЧ для всех климатических условий;
- (b) что для станций, работающих в одном и том же или в смежных частотных каналах, очень важно определить минимальный географический территориальный резонанс, необходимый для избежания недопустимых помех, обусловленных тропосферными передачами на большие расстояния;
- (c) что прилагаемые кривые основаны на статистическом анализе значительного объема экспериментальных данных (см. Отчет 239),

ЕДИНОДУШНО РЕКОМЕНДУЕТ,

чтобы кривые, приведенные в Приложении I, были приняты для временного использования при следующих условиях:

1. Рассчитанная напряженность поля соответствует мощности 1 кВт, излучаемой полуволновым симметричным вибратором.
2. Кривые основаны на данных измерений, полученных главным образом в зонах с умеренным климатом, в которые входят "холодные" и "теплые" моря, например Северное море и Средиземное море. Недавно проведенные широкие исследования показывают, что условия распространения радиоволн в определенных зонах суперрефракции, ограниченных "горячими" морями, существенно отличаются. Временные предложения по рассмотрению этой ситуации содержатся в § 3.6 Отчета 239.
3. Высота передающей антенны определяется над средним уровнем земли на расстояниях от 3 до 15 км от передатчика в направлении на приемник.
4. Высота приемной антенны определяется над близлежащей местностью.
5. Параметр Δh (см. Рекомендацию 310) используется для определения степени неровности местности; для радиовещательных служб он применяется на расстояниях от 10 до 50 км от передатчика (см. рис. 6 и Отчет 239).
6. Методы определения величин напряженности поля на смешанных сухопутных и морских трассах рассматриваются в Отчете 239.
7. Напряженность поля зависит от высоты приемной антенны, а также от характера близлежащей местности. Данные, касающиеся усиления за счет высоты антенны, приведены в § 2.4, 3.4 и на рис. 17. Дополнительная информация, связанная с обоими явлениями, дается в Отчетах 239 и 567.
8. Должно учитываться ослабление, обусловленное влиянием лесов и растительности (см. рис. 2 в Отчете 236).

* Данную Рекомендацию необходимо довести до сведения 10-й и 11-й Исследовательских Комиссий.

** Следует отметить, что кривые, приведенные в данной Рекомендации, предназначены для использования при планировании радиовещательных служб для решения проблем, связанных с помехами на больших территориях; эти кривые нельзя использовать для линий связи пункта с пунктом, для которых можно определить реальный профиль местности и применить более точные методы прогнозирования напряженности поля.

9. Можно получить более точные значения прогнозируемой напряженности поля, если учитывать влияние местности вблизи местоположения приемной антенны посредством угла просвета местности. Этот метод рассматривается в Отчете 239. В холмистых и горных районах следует также учитывать влияние рассеяния местностью.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

1. Введение

1.1 Кривые распространения радиоволн представляют собой значения напряженности поля в диапазонах ОВЧ и УВЧ в зависимости от различных параметров; одни кривые относятся к сухопутным трассам, другие — к морским. Кривые для сухопутных трасс построены на основании данных, полученных главным образом в зонах с умеренным климатом, наблюдающимся в Европе и Северной Америке. Кривые для морских трасс построены на основании данных, полученных главным образом в районах Средиземного и Северного морей.

1.2 Кривые распространения радиоволн представляют собой значения напряженности поля, превышаемые в 50% мест для различных процентов времени. Они соответствуют различным высотам передающих антенн и высоте приемной антенны 10 м. Кривые для сухопутных трасс приведены для значения $\Delta h = 50$ м, которое в основном применимо для пересеченной местности, в общем характерной для Европы и Северной Америки.

1.3 В данном Приложении представлены также кривые распределения вероятностей для числа мест, отличающегося от 50%.

1.4 Оценку значений напряженности поля на смешанных трассах следует производить в соответствии с методами, описанными в Отчете 239.

1.5 Поскольку большая часть измерений относится к расстояниям менее 500 км, результаты, получаемые при пользовании этими кривыми, менее надежны на более дальних расстояниях. Отрезки кривых в виде пунктирных линий, полученные путем экстраполяции, служат только в качестве приближенной оценки вероятных значений напряженности поля.

1.6 Все эти кривые основаны на долгосрочных значениях (за несколько лет) и их можно считать как представляющие основные климатические условия, характерные для всех районов с умеренным климатом. Следует отметить, однако, что в короткие промежутки времени (например, в течение нескольких часов или даже дней) могут быть получены напряженности поля, намного превышающие значения, показанные на этих кривых, особенно над относительно ровной местностью.

1.7 Известно, что медианное значение напряженности поля изменяется в разных климатических зонах, а данные для широкого диапазона таких климатических условий в Северной Америке и Западной Европе показывают, что возможна корреляция наблюдаемых значений медианной напряженности поля с градиентом индекса рефракции на первом километре атмосферы над уровнем земли. Если n_s и n_1 — индексы рефракции соответственно у поверхности земли и на высоте 1 км и если ΔN определяется как $(n_1 - n_s) \times 10^6$, то в стандартной атмосфере $\Delta N \approx -40$ и кривые для 50% на рис. 1а и 1б относятся к этому случаю. Если средняя величина ΔN в данном районе заметно отличается от -40 , то, применяя к кривым поправочный коэффициент $-0,5 (\Delta N + 40)$ дБ, получаем соответствующие значения медианной напряженности поля для всех расстояний за пределами горизонта. Если величина ΔN неизвестна, но имеются данные о средней величине N_s , где $N_s = (n_s - 1) \times 10^6$, то можно использовать, по крайней мере для умеренных климатических условий, другой поправочный коэффициент $0,2 (N_s - 310)$ дБ. Несмотря на то что эти поправки определены пока только для вышеуказанных географических зон, их можно использовать в качестве ориентиров для введения необходимых поправок в других географических зонах. Степень надежности применения подобных поправок к кривым для напряженности полей, превышаемых в течение 1% и 10% времени, неизвестна. Предполагается, однако, что значительные поправки потребуются для величин, превышаемых в течение 1% и 10% времени, в тех районах, где в продолжение заметных периодов времени преобладают явления суперрефракции.

2. Диапазон ОВЧ

2.1 На рис. 1а, 2а, 3а и 4а показаны кривые значений напряженности поля, превышаемых в 50% мест и для 50%, 10%, 5% и 1% времени для сухопутных трасс, где можно считать в качестве подходящей величину $\Delta h = 50$ м. Для других значений Δh должны применяться поправки к кривым, приведенные на рис. 7 (см. также Отчет 239). Для числа мест, отличающегося от 50%, поправки можно определить по кривой распределения на рис. 5.

2.2 На рис. 1б, 2б, 2с, 3б, 3с, 4б и 4с показаны кривые значений напряженности поля, превышаемых в 50% мест для 50%, 10%, 5% и 1% времени для морских трасс в холодных и теплых морях, причем климатические характеристики этих зон аналогичны климатическим характеристикам, наблюдаемым соответственно в Северном море и в Средиземном море.

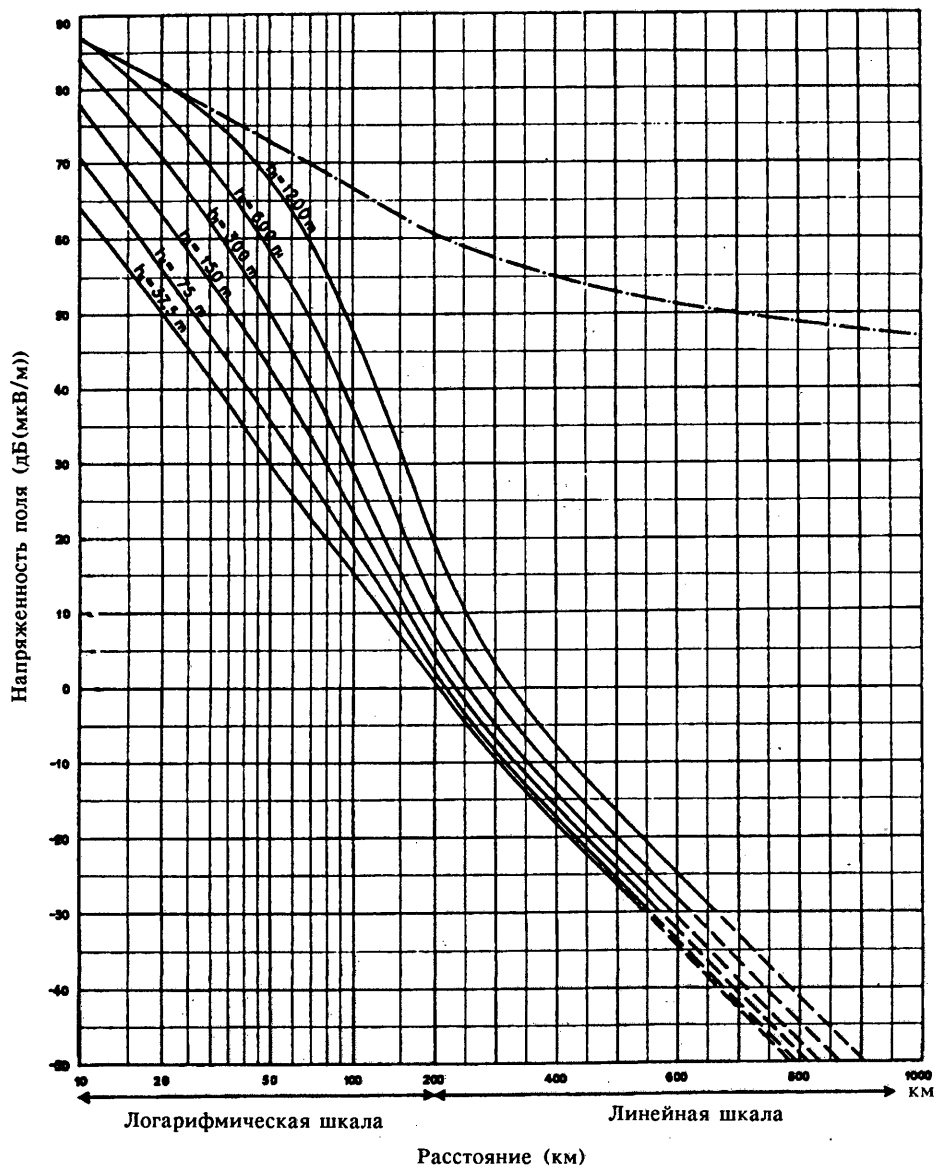


РИСУНОК 1а – Напряженность поля (дБ(мкВ/м)) для 1 кВт э.и.м.

Частота: 30 – 250 МГц (Диапазоны I, II и III) – Суша – 50% времени – 50% мест – $h_2 = 10 \text{ м}$ – $\Delta h = 50 \text{ м}$

— · — Свободное пространство

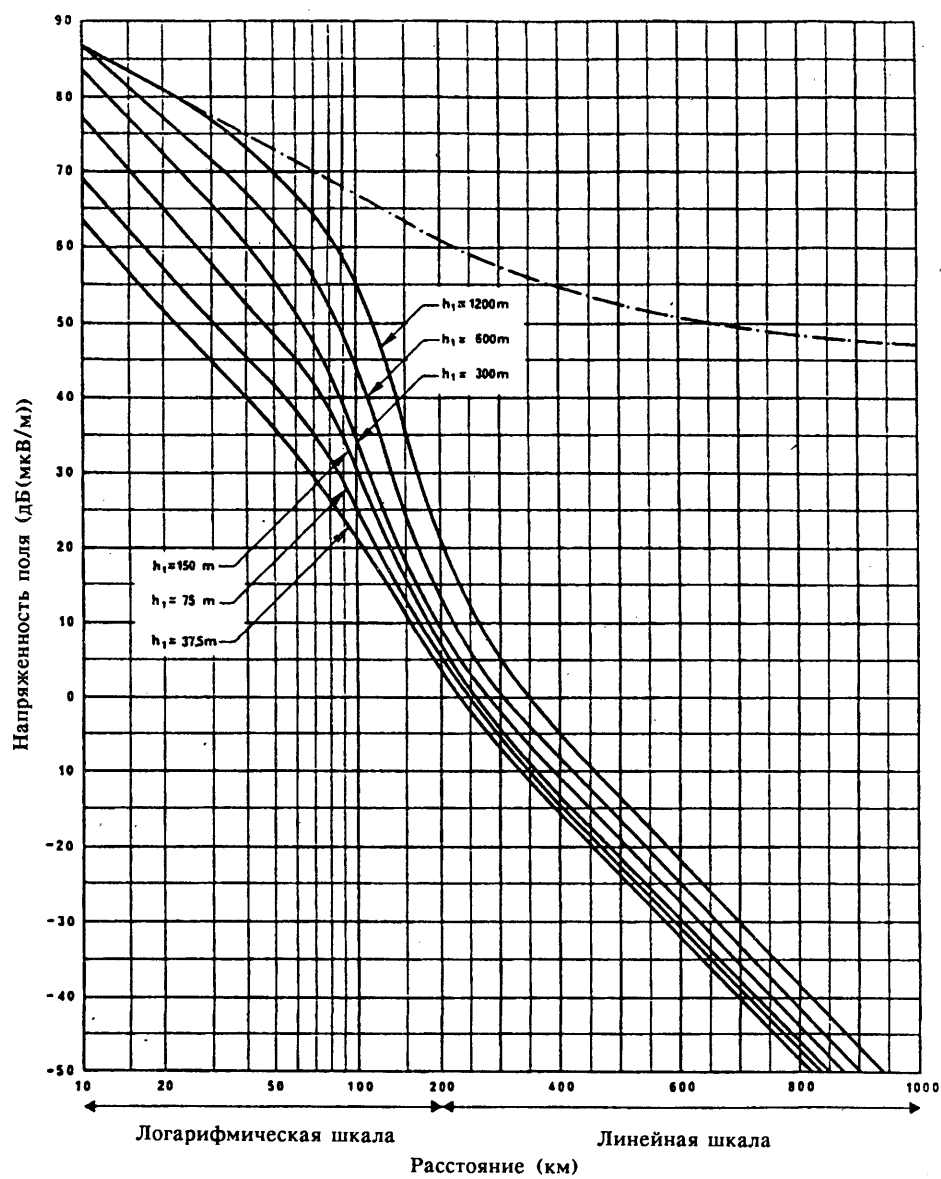


РИСУНОК 1b — Напряженность поля (дБ(мкВ/м)) для 1 кВт э.и.м.

Частота: 30 — 250 МГц (Диапазоны I, II и III) — Море — 50% времени — 50% мест — $h_2 = 10 \text{ м}$

— . — Свободное пространство

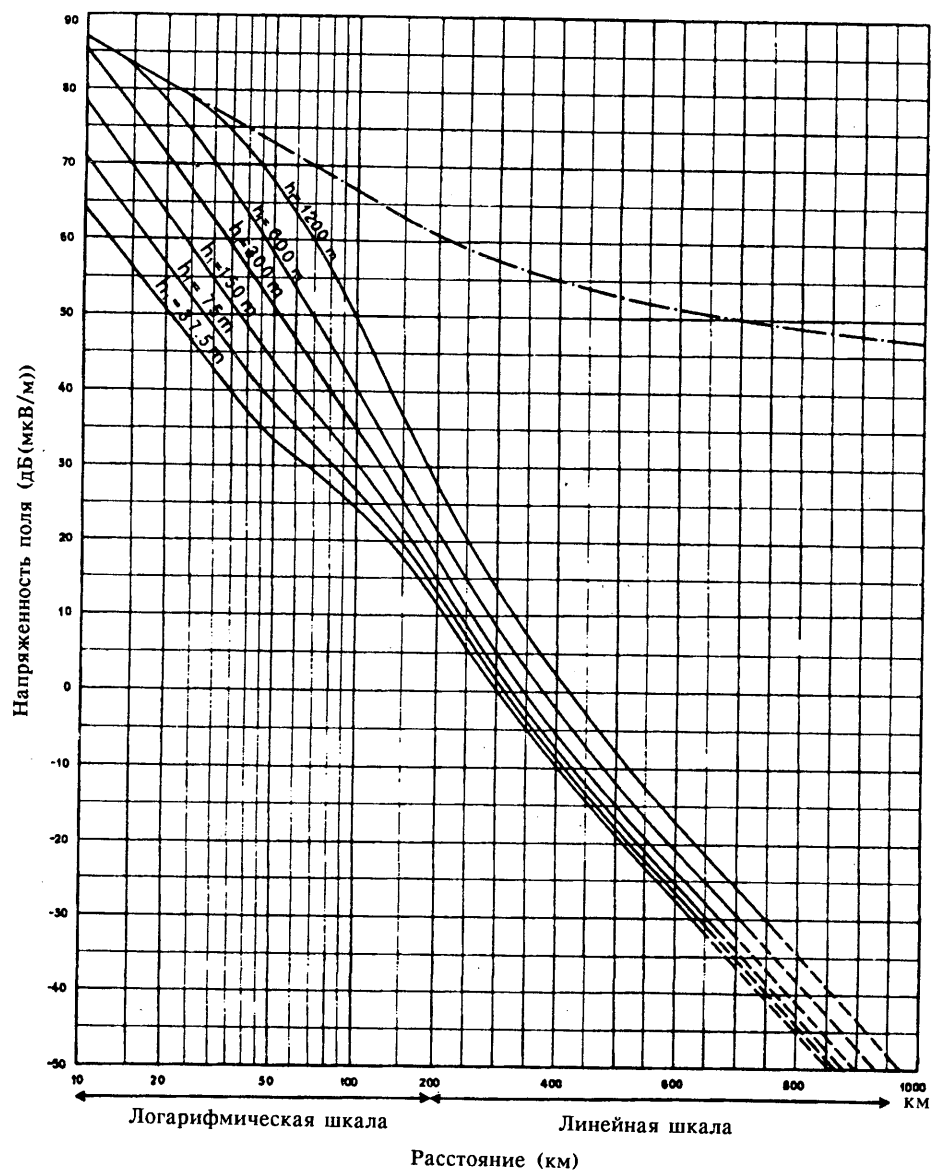


РИСУНОК 2а — Напряженность поля (дБ(мкВ/м)) для 1 кВт э.и.м.

Частота: 30 – 250 МГц (Диапазоны I, II и III) – Суша – 10% времени – 50% мест – $h_2 = 10$ м – $\Delta h = 50$ м

____. ____ Свободное пространство

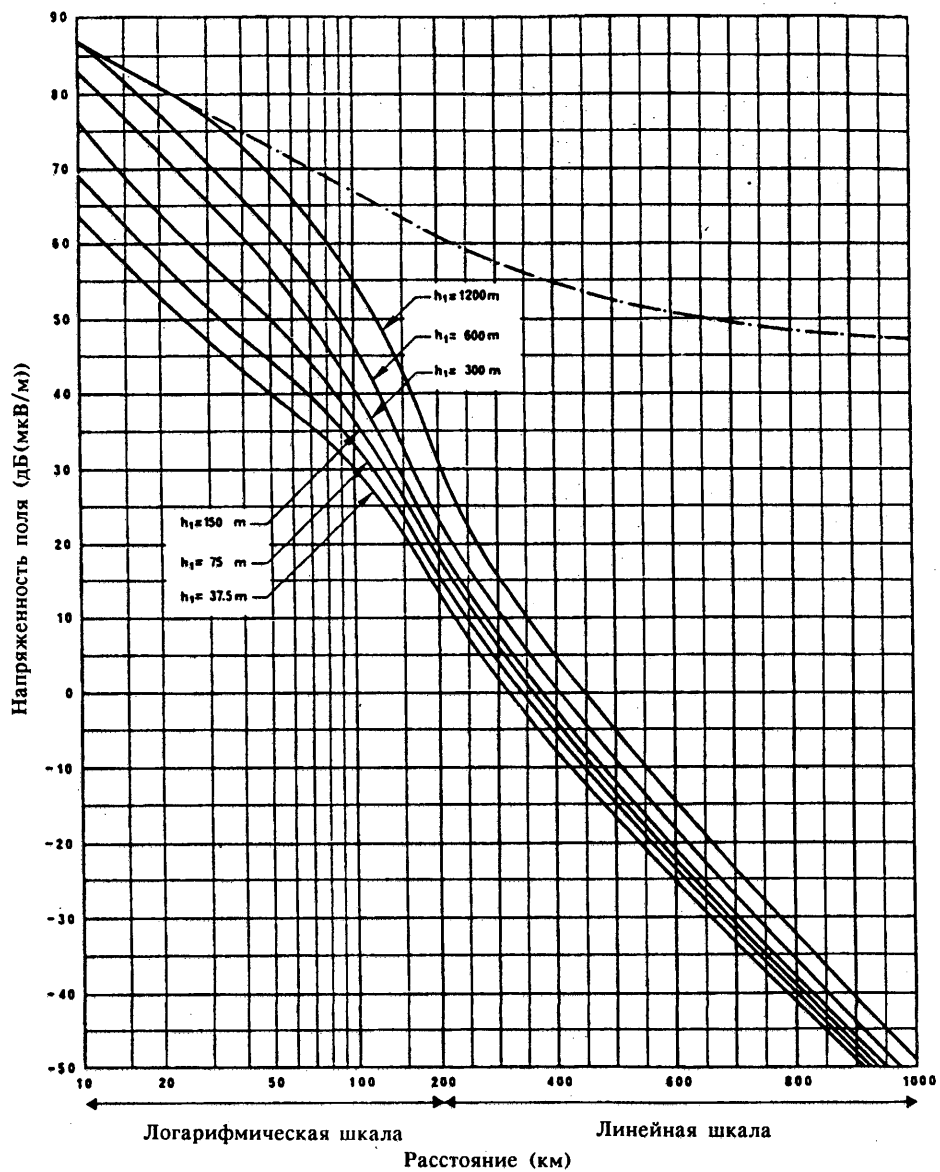


РИСУНОК 2б — Напряженность поля (дБ(мкВ/м)) для 1 кВт э.и.м.

Частота: 30 — 250 МГц (Диапазоны I, II и III) — Холодное море — 10% времени — 50% мест — $h_2 = 10 \text{ м}$

— . — Свободное пространство

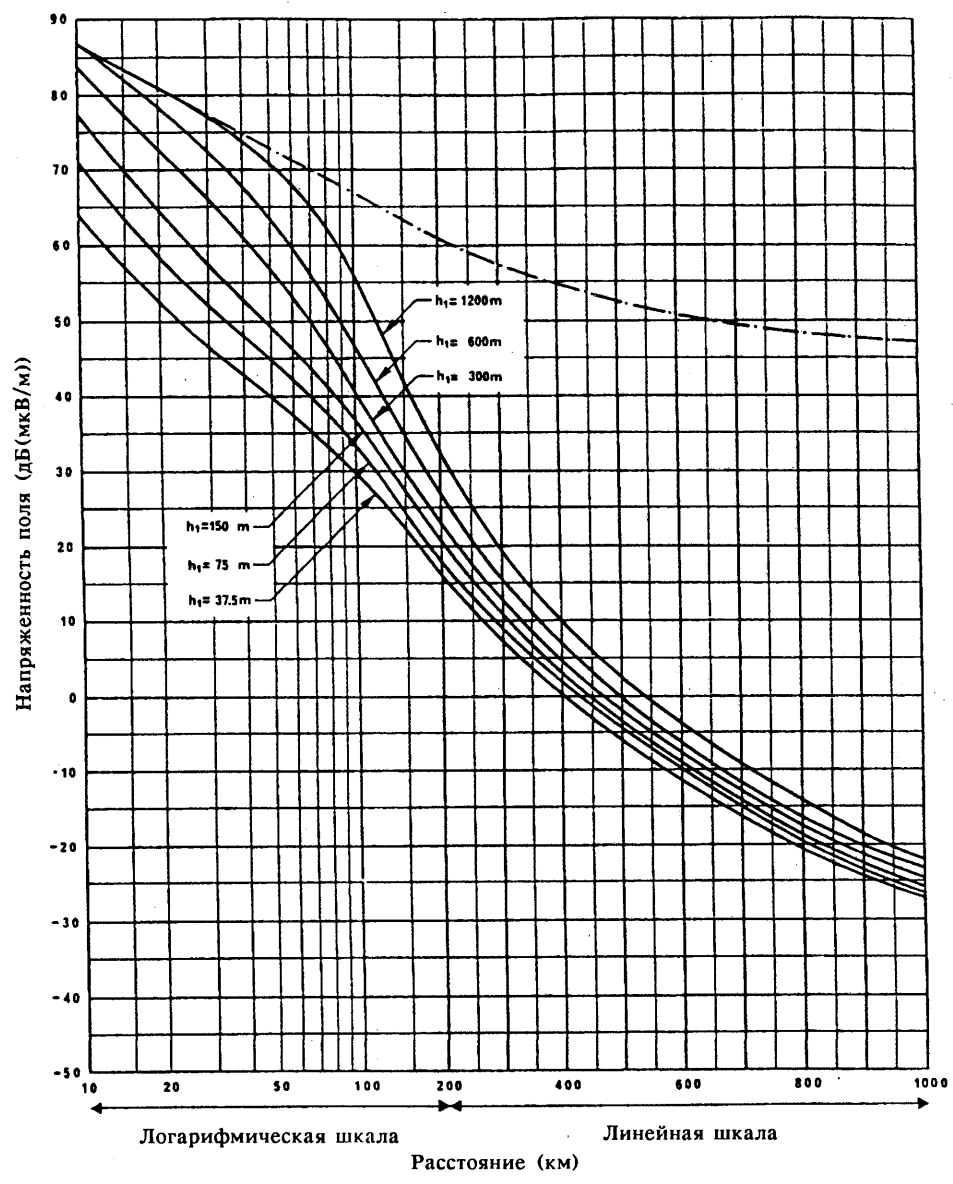


РИСУНОК 2с – Напряженность поля (дБ(мкВ/м)) для 1 кВт э.и.м.

Частота: 30 – 250 МГц (Диапазоны I, II и III) – Теплое море – 10% времени – 50% мест – $h_2 = 10 \text{ м}$

— . — Свободное пространство

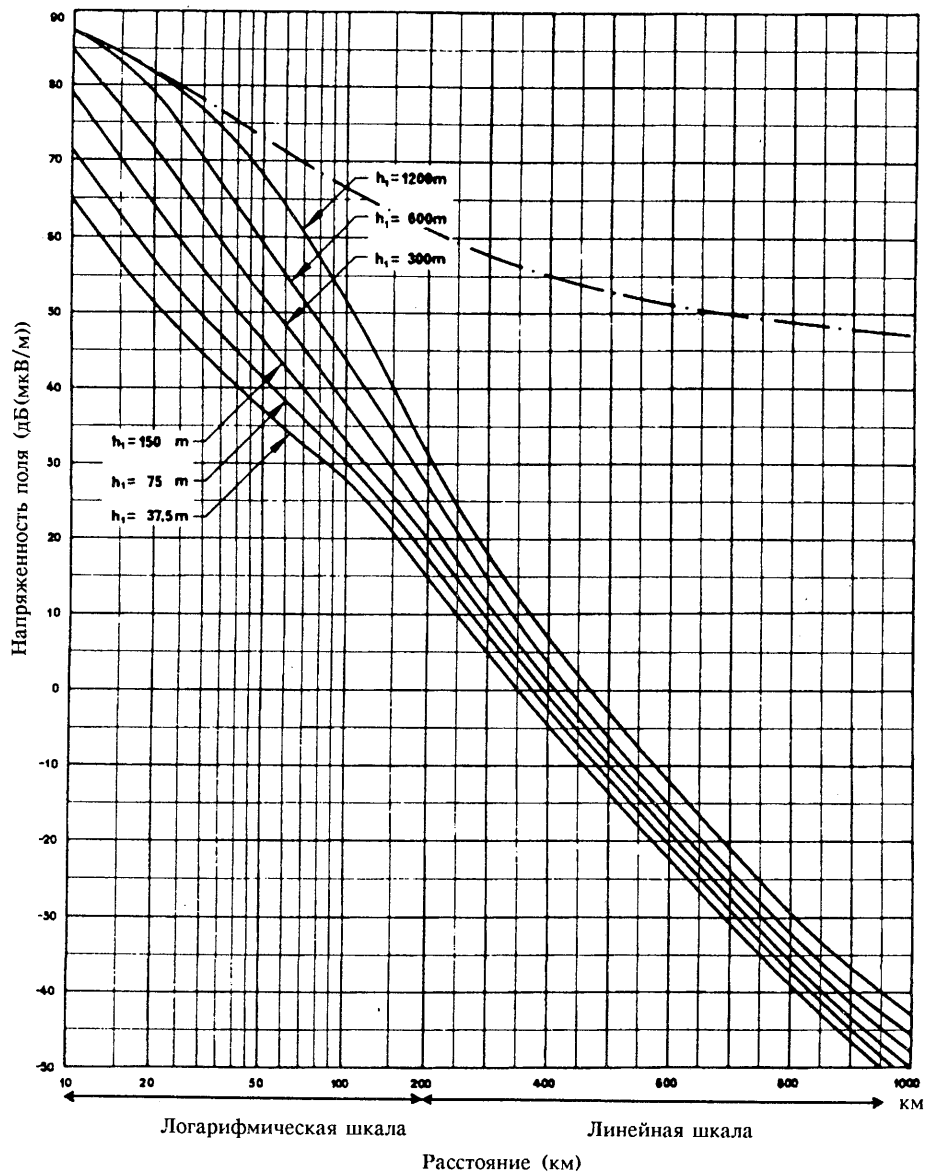


РИСУНОК 3а — Напряженность поля (дБ(мкВ/м)) для 1 кВт э.и.м.

Частота: 30 — 250 МГц (Диапазоны I, II и III) — Суша — 5% времени — 50% мест — $h_2 = 10$ м — $\Delta h = 50$ м

— . — Свободное пространство

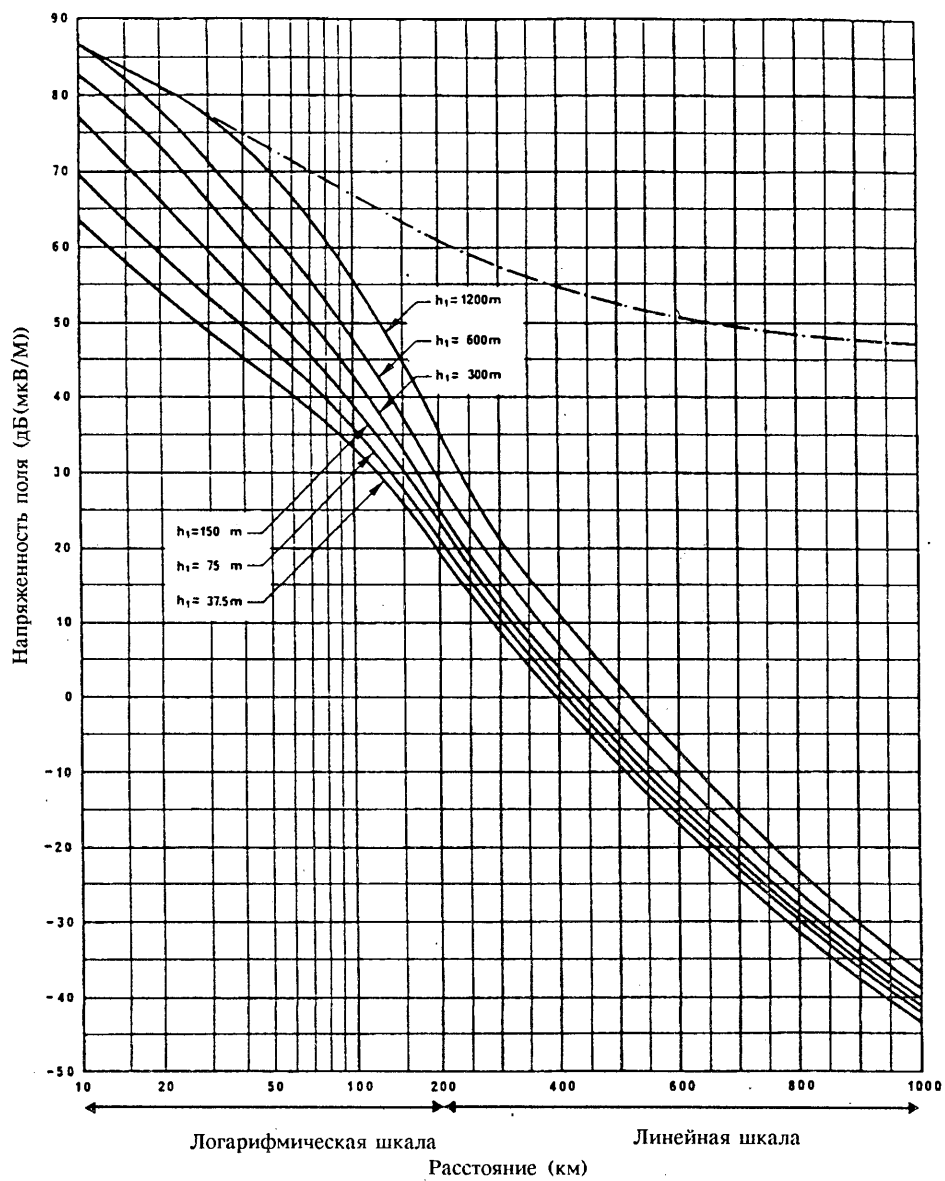


РИСУНОК 3б — Напряженность поля (дБ(мкВ/м)) для 1 кВт э.и.м.

Частота: 30 — 250 МГц (Диапазоны I, II и III) — Холодное море — 5% времени — 50% мест — $h_2 = 10$ м

— . — . — . Свободное пространство

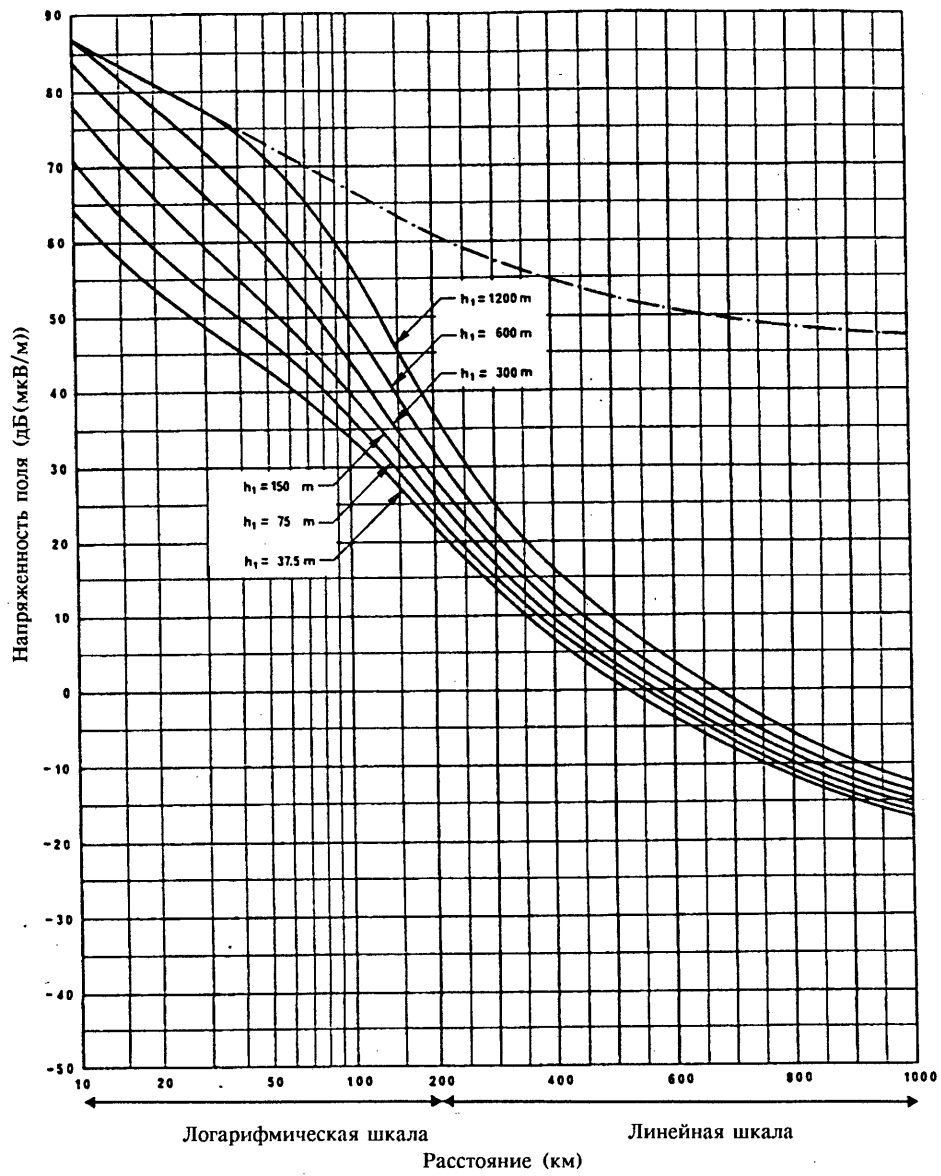


РИСУНОК 3с — Напряженность поля (дБ(мкВ/м)) для 1 кВт э.и.м.

Частота: 30 — 250 МГц (Диапазоны I, II и III) — Теплое море — 5% времени — 50% мест — $h_2 = 10 \text{ м}$

— . — — — Свободное пространство

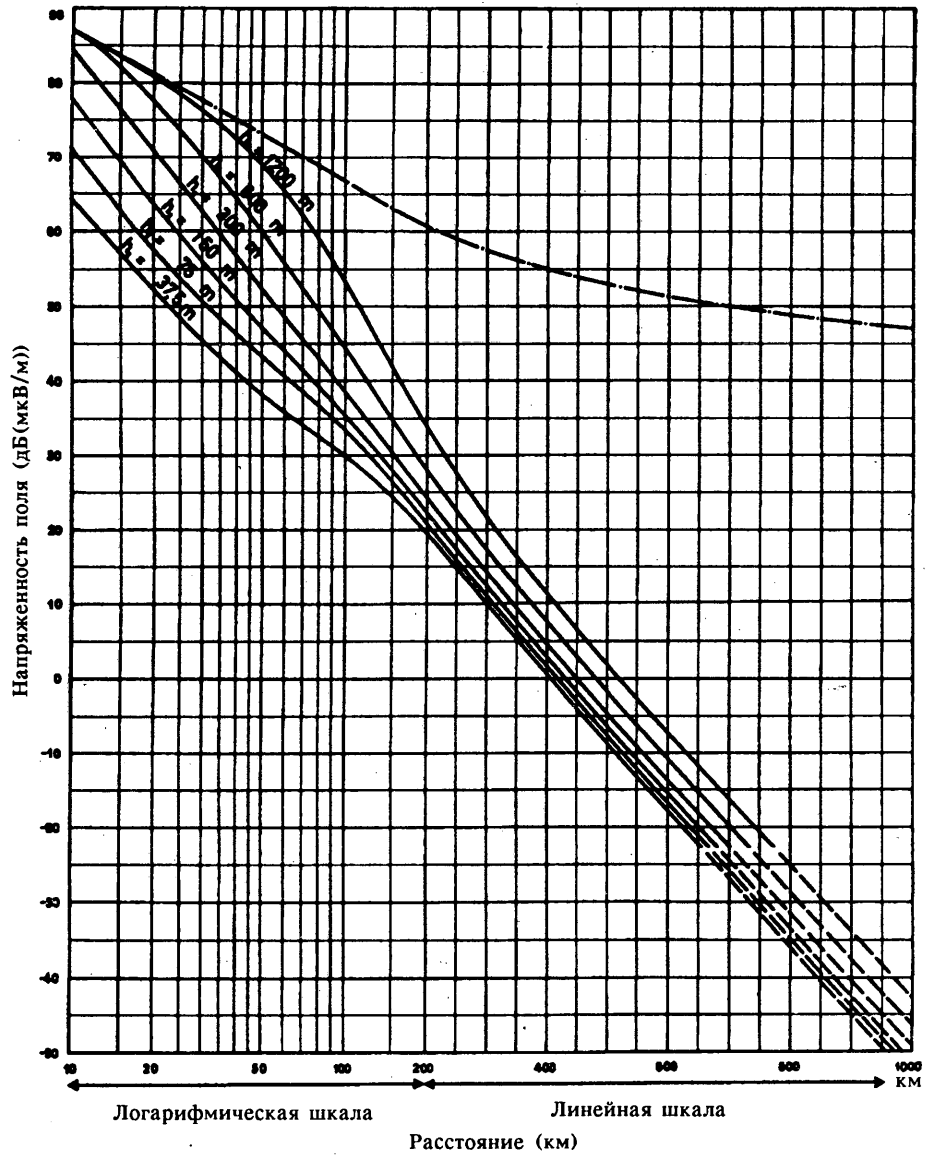


РИСУНОК 4а — Напряженность поля (дБ(мкВ/м)) для 1 кВт э.и.м.

Частота: 30 — 250 МГц (Диапазоны I, II и III) — Суша — 1% времени — 50% мест — $h_2 = 10$ м — $\Delta h = 50$ м

— . — Свободное пространство

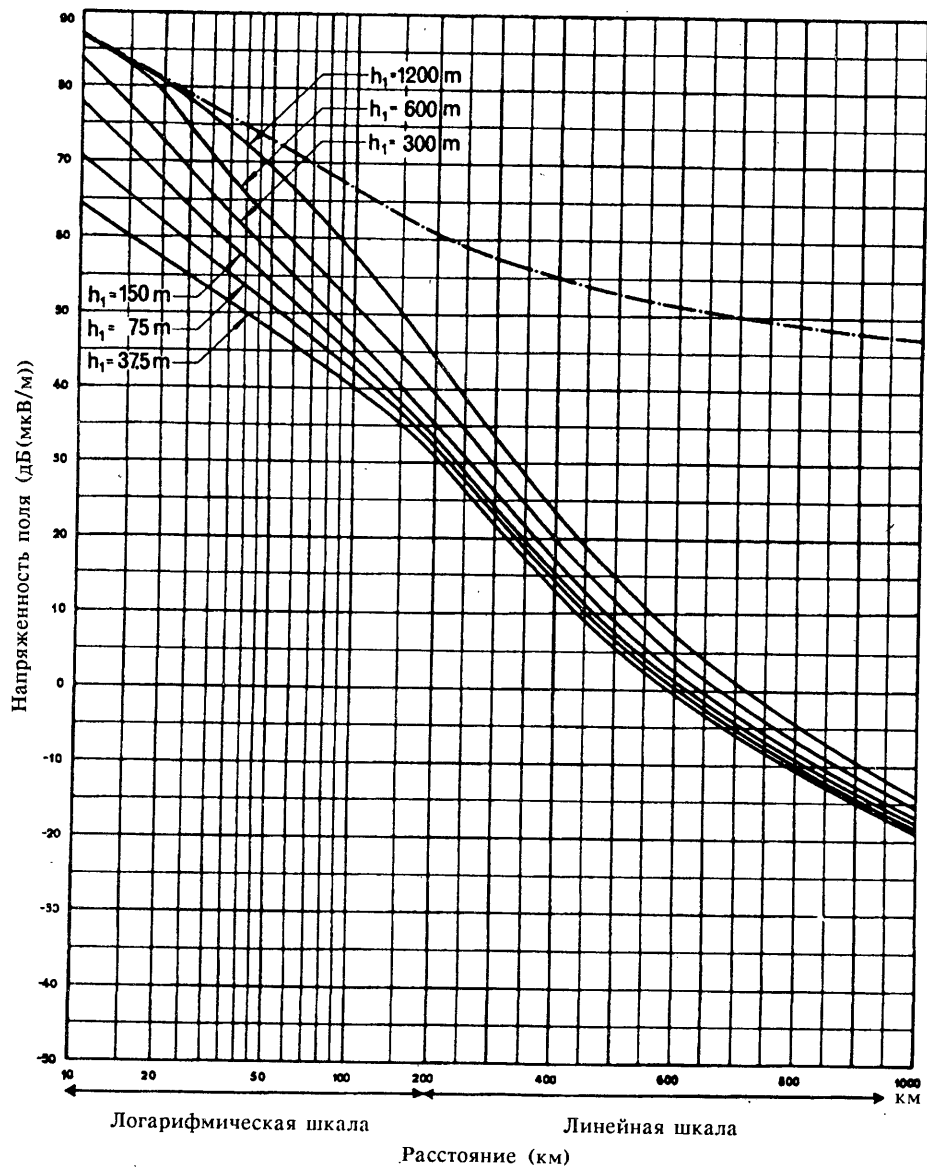


РИСУНОК 4b — Напряженность поля (дБ(мкВ/м)) для 1 кВт э.п.м.

Частота: 30 — 250 МГц (Диапазоны I, II и III) — Холодное море — 1% времени — 50% мест — $h_2 = 10 \text{ м}$

— . — Свободное пространство

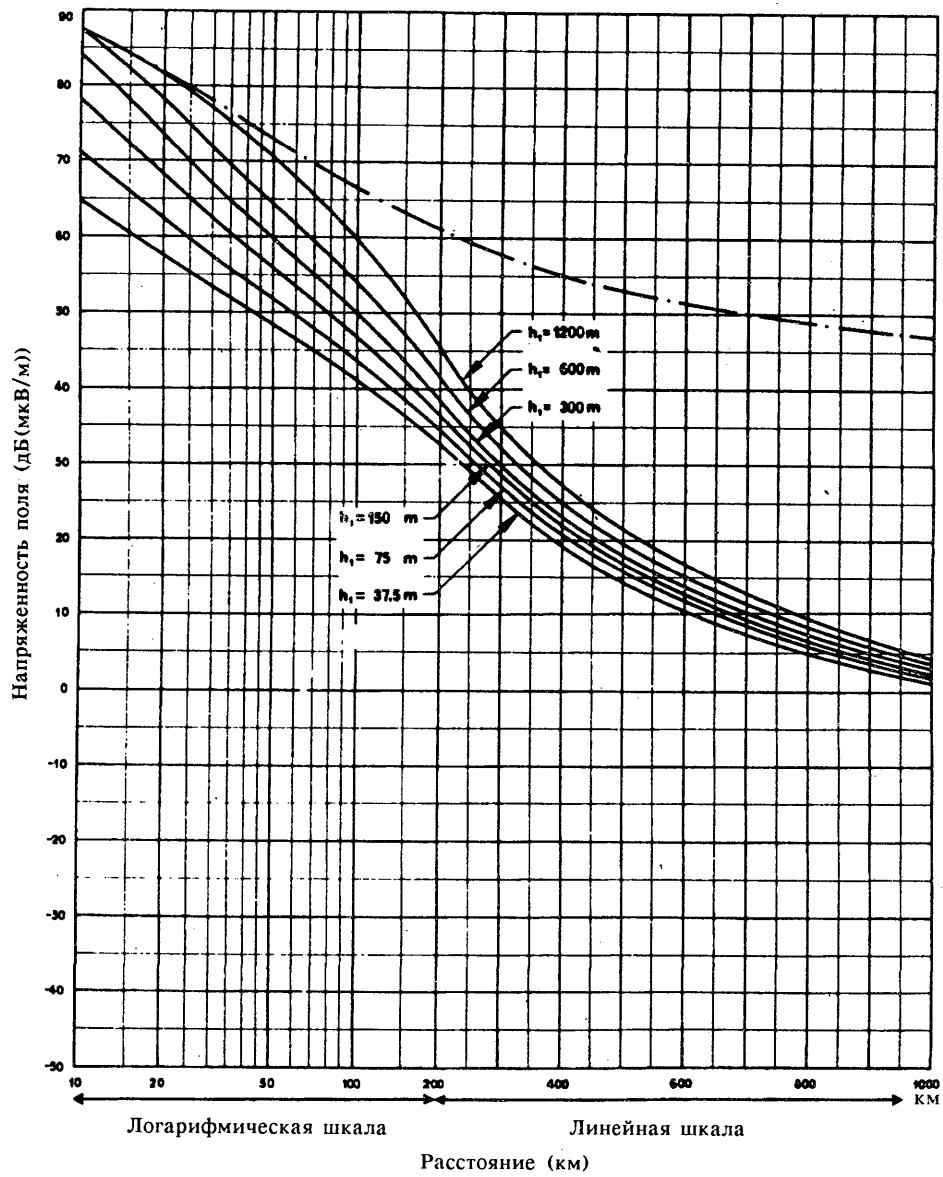


РИСУНОК 4с — Напряженность поля (дБ(мкВ/м)) для 1 кВт э.и.м.

Частота: 30 — 250 МГц (Диапазоны I, II и III) — Теплое море (за исключением зон, в которых имеет место сильная суперрефракция) — 1% времени — 50% мест — $h_2 = 10 \text{ м}$

— — — Свободное пространство

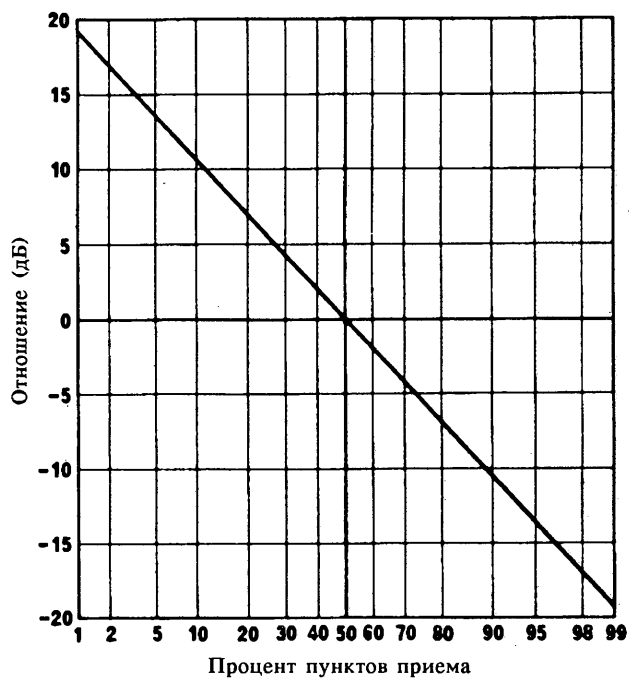
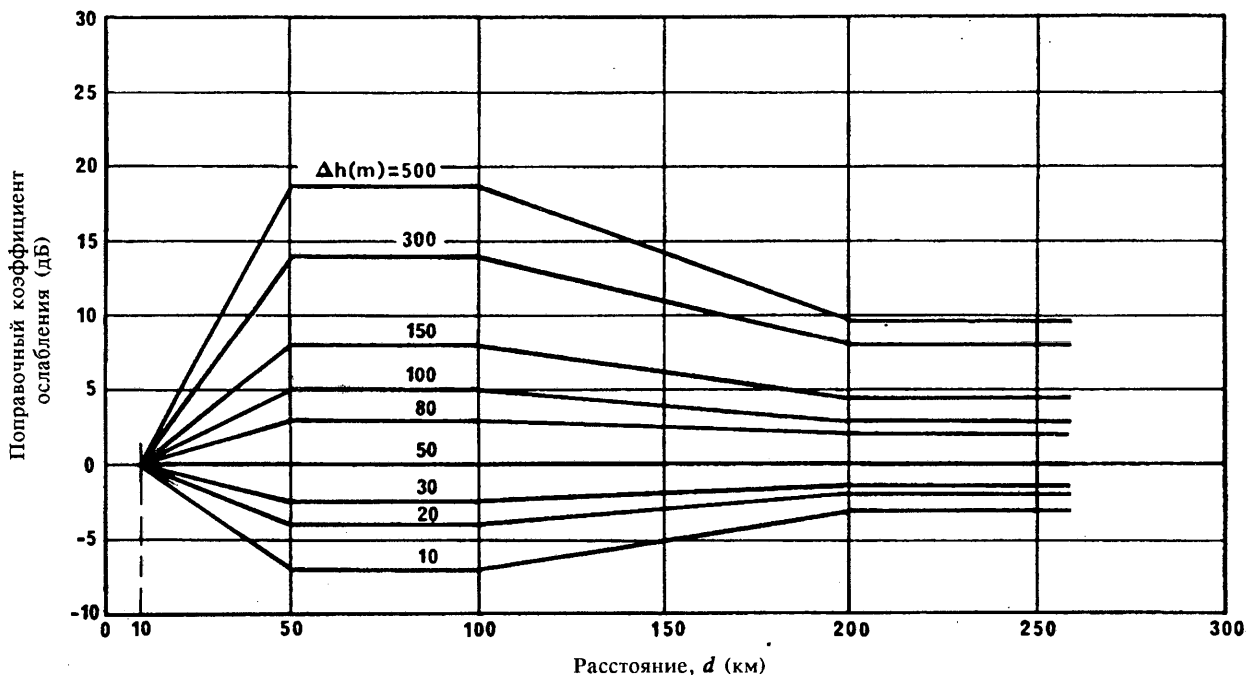


РИСУНОК 5 — Отношение (дБ) напряженности поля для заданного процента пунктов приема к напряженности поля для 50% пунктов приема

Частота: 30 — 250 МГц (Диапазоны I, II и III)



РИСУНОК 6 — Применение параметра Δh для радиовещательных служб

РИСУНОК 7 — Поправочный коэффициент ослабления в зависимости от расстояния d (км) и Δh

Частоты от 80 до 250 МГц (Диапазоны II и III)

2.3 В зонах, в которых наблюдаются ярко выраженные явления суперрефракции, можно использовать данные, приведенные в § 3.6 Отчета 239.

2.4 При изменении высоты приемной антенны от 10 до 3 м над уровнем земли можно ожидать следующих снижений величин медианной напряженности поля: в I и II диапазонах, 9 дБ на холмистой или ровной местности как для городских, так и для сельских районов; в III диапазоне, 7 дБ для ровной местности в сельских районах и 11 дБ для городской или холмистой местности. Эти значения применимы вплоть до расстояний в 50 км. Для расстояний более 100 км данные значения должны быть уменьшены вдвое с линейной интерполяцией для промежуточных расстояний. См. также Отчет 239.

2.5 Ионосфера главным образом за счет явлений ионизации в спорадическом слое E может влиять на распространение радиоволн в нижней части диапазона ОВЧ, особенно на частотах ниже примерно 90 МГц. В некоторых случаях этот вид распространения радиоволн может влиять на уровни напряженности поля, превышаемые в течение небольших процентов времени на расстояниях более примерно 500 км, а вблизи магнитного экватора и в полярной зоне такие эффекты могут наблюдаться в течение более высоких процентов времени. Однако для большей части применений, относящихся к данной Рекомендации, этими ионосферными явлениями обычно можно пренебречь и кривые распространения, приведенные в настоящем Приложении, подготовлены с учетом такого предположения. Необходимо обратиться к Отчету 259 и Рекомендации 534, для того чтобы определить, приемлемо ли это допущение.

3. Диапазон УВЧ

3.1 На рис. 9, 10 и 11 показаны кривые значений напряженности поля, превышаемых в 50% мест и в течение 50%, 10% и 1% времени для сухопутных трасс, которым соответствует величина $\Delta h = 50$ м. Для других значений Δh должны применяться поправки к кривым, как показано на рис. 8. Для числа мест, отличающегося от 50%, поправочные коэффициенты можно получить из кривых распределений на рис. 12.

3.2 На рис. 13, 14а, 14б, 15а, 15б, 16а и 16б показаны кривые значений напряженности поля, превышаемых в 50% мест и в течение 50%, 10%, 5% и 1% времени для морских трасс в холодных и теплых морях, причем климатические характеристики этих зон аналогичны климатическим характеристикам, наблюдаемым соответственно в Северном море и в Средиземном море.

3.3 В зонах, в которых наблюдаются ярко выраженные явления суперрефракции, можно использовать данные, приведенные в § 3.6 Отчета 239.

3.4 При изменении высоты приемной антенны с 10 до 3 м над уровнем земли можно ожидать снижения величин медианной напряженности поля. На рис. 17 показано изменение медианного значения от величины Δh в сельских районах. В пригородных зонах медианное значение может быть взято равным 7 дБ, а в городских районах 14 дБ. Эти значения применимы вплоть до расстояний в 50 км. Для расстояний более 100 км значения должны быть уменьшены вдвое, как на рис. 17, с линейной интерполяцией для промежуточных расстояний.

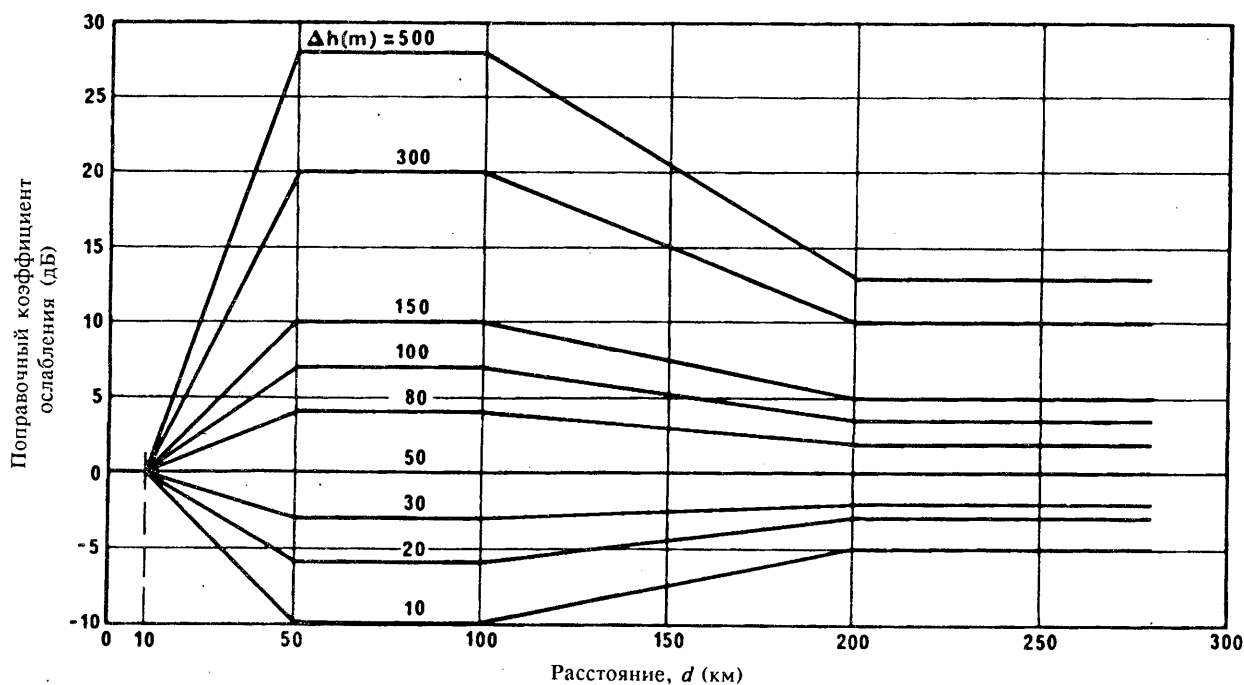


РИСУНОК 8 — Поправочный коэффициент ослабления в зависимости от расстояния d (км) и Δh

Частоты от 450 до 1000 МГц (Диапазоны IV и V)

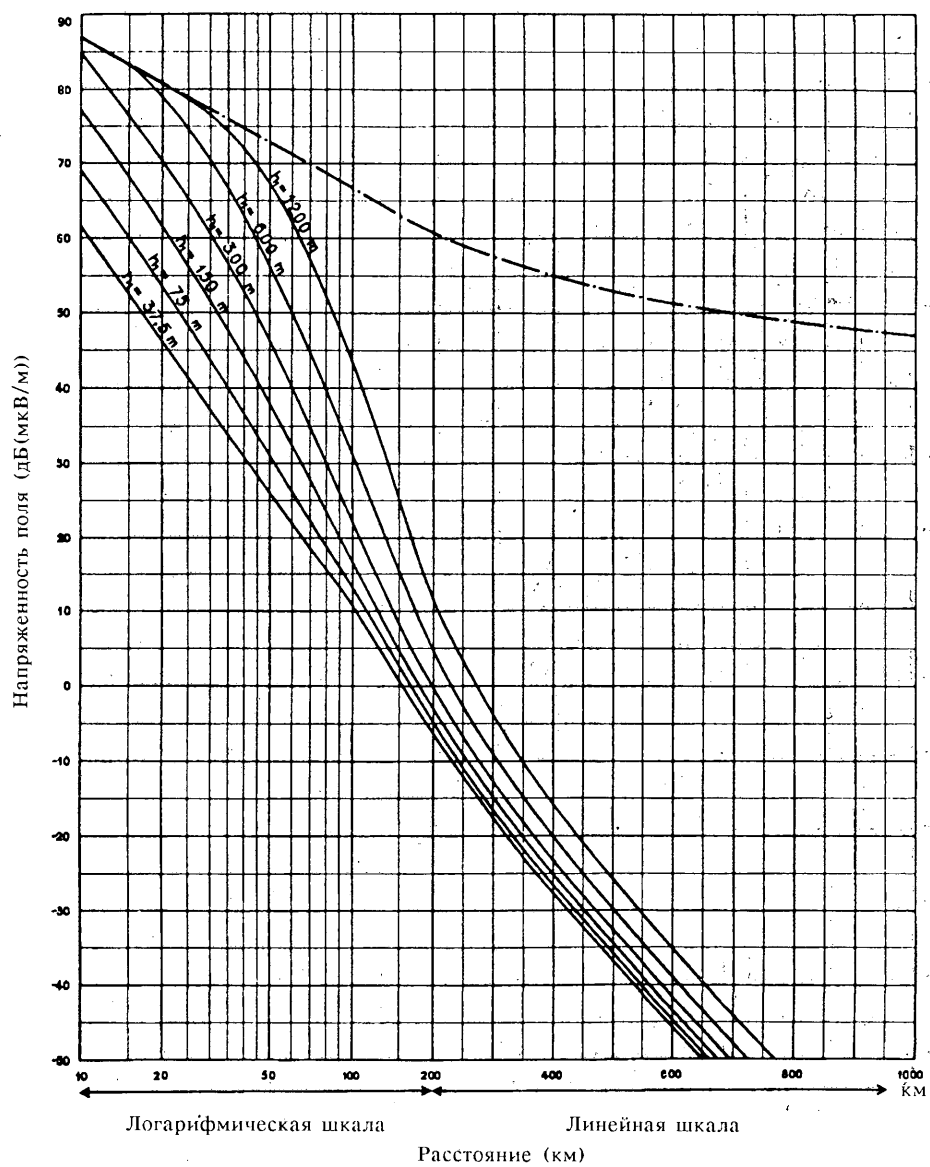


РИСУНОК 9 – Напряженность поля (дБ(мкВ/м)) для 1 кВт э.и.м.

Частота: 450–1000 МГц (Диапазоны IV и V) – Суша – 50% времени – 50% мест – $h_2 = 10$ м – $\Delta h = 50$ м

— . — Свободное пространство

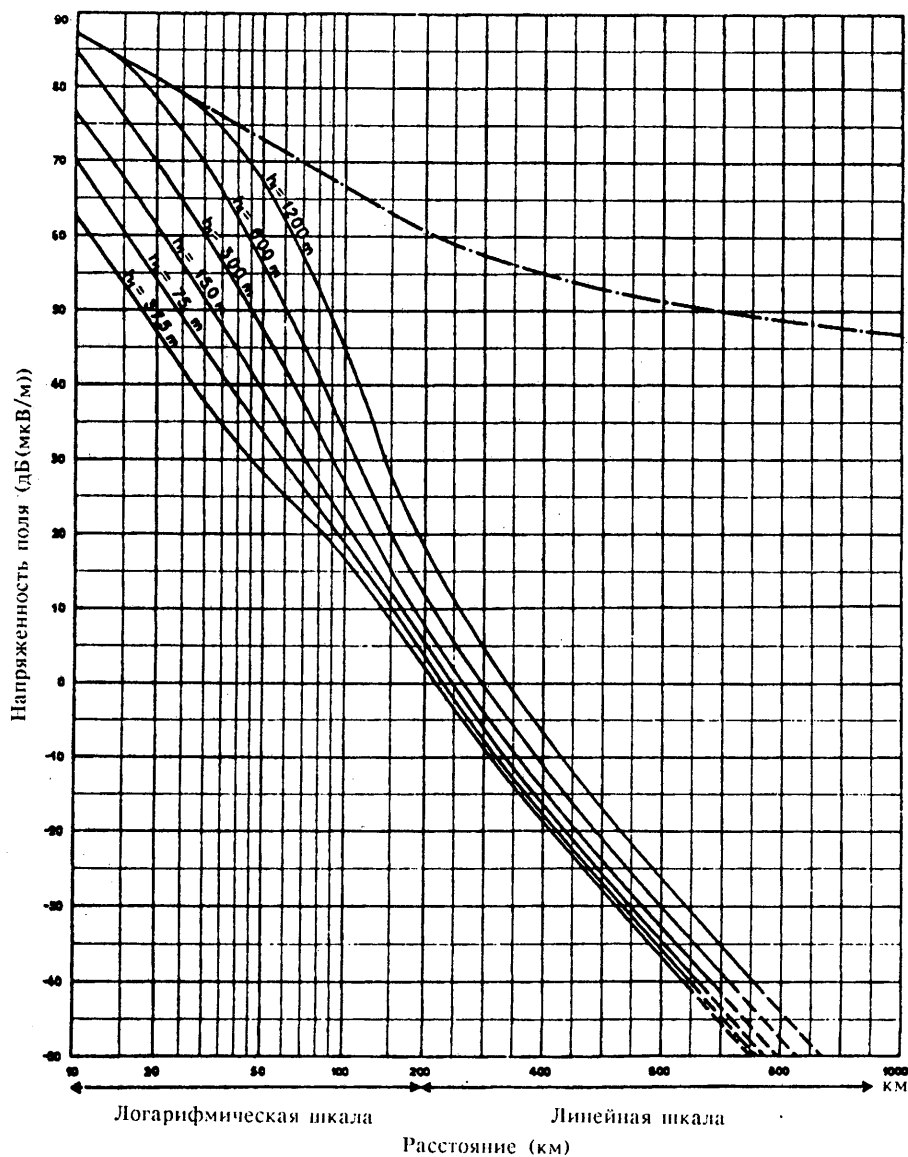


РИСУНОК 10 — Напряженность поля (дБ(мкВ/м)) для 1 кВт э.и.м.

Частота: 450–1000 МГц (Диапазоны IV и V) — Суша — 10% времени — 50% мест — $h_2 = 10$ м — $\Delta h = 50$ м

— — — — — Свободное пространство

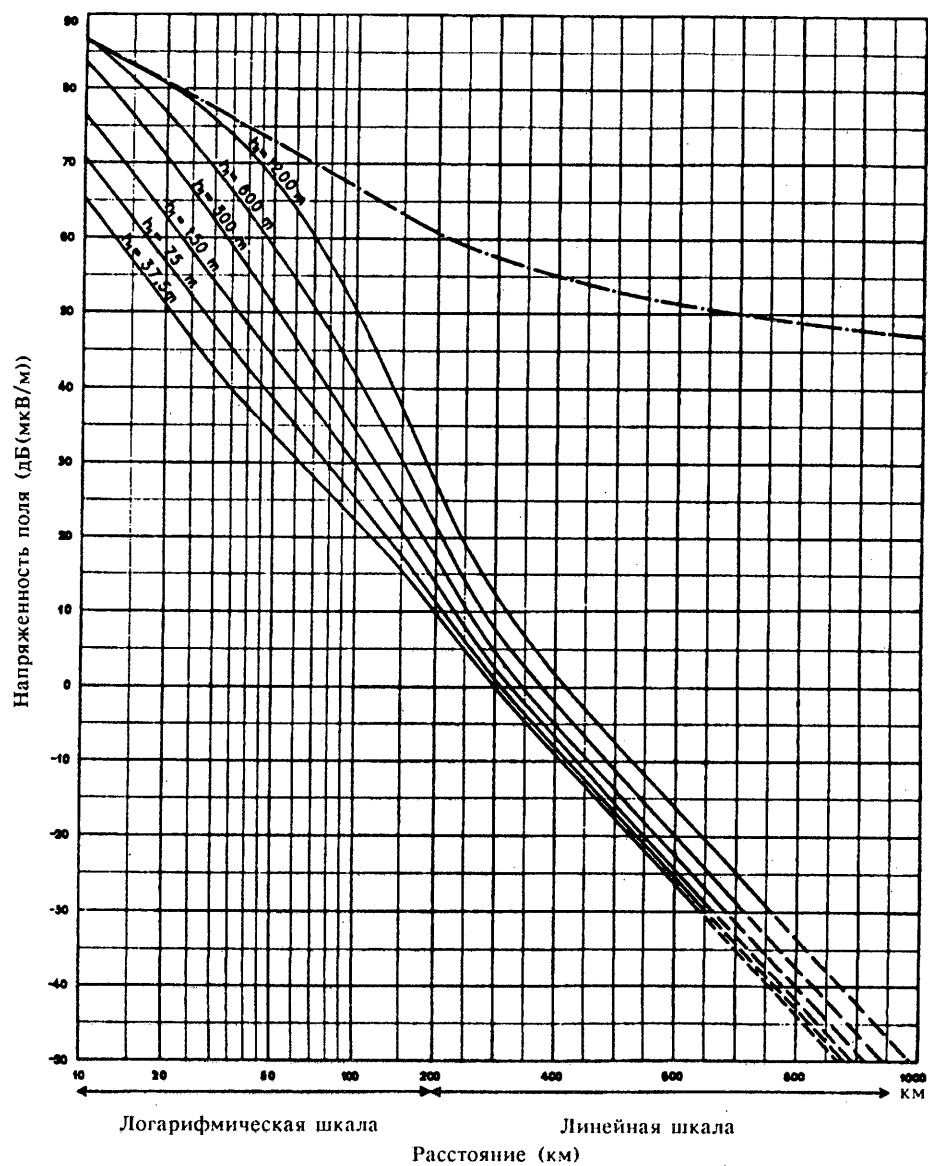


РИСУНОК 11 — Напряженность поля (дБ(мкВ/м)) для 1 кВт з.п.м.

Частота: 450–1000 МГц (диапазоны IV и V) — Суша — 1% времени — 50% мест — $h_2 = 10$ м — $\Delta h = 50$ м

----- Свободное пространство

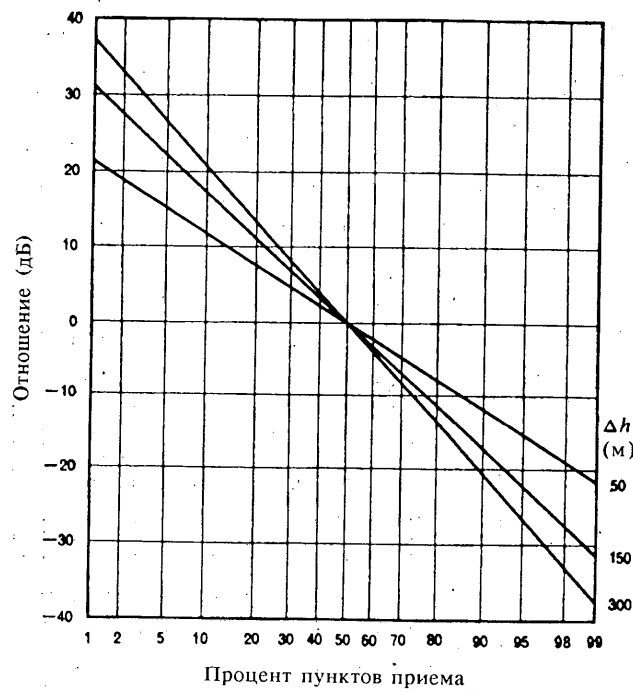


РИСУНОК 12 — Отношение (дБ) напряженности поля для заданного процента пунктов приема к напряженности поля для 50% пунктов приема

Частота: 450—1000 МГц (Диапазоны IV и V)

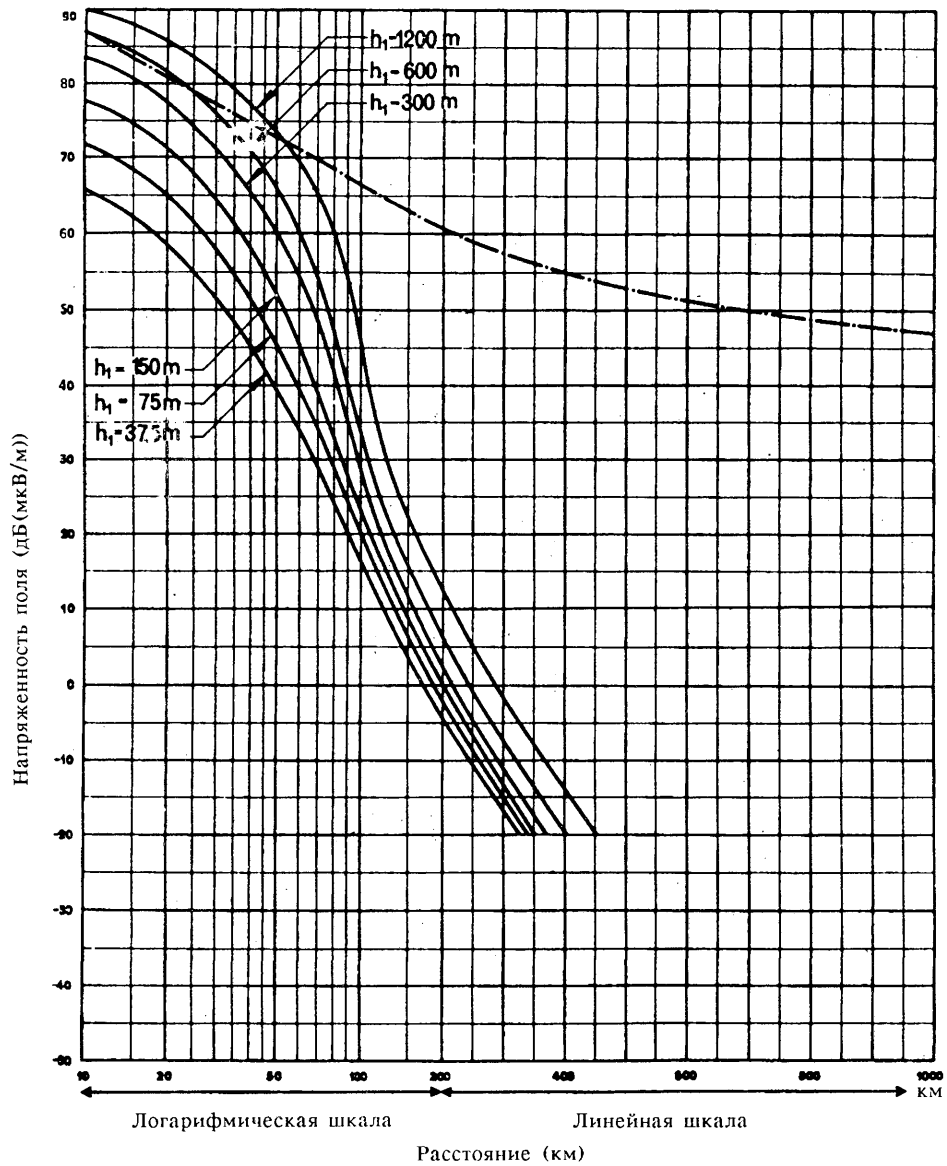


РИСУНОК 13 – Напряженность поля (дБ(мкВ/м)) для 1 кВт э.и.м.

Частота: 450–1000 МГц (Диапазоны IV и V) – Море – 50% времени – 50% мест – $h_2 = 10$ м

— . — Свободное пространство

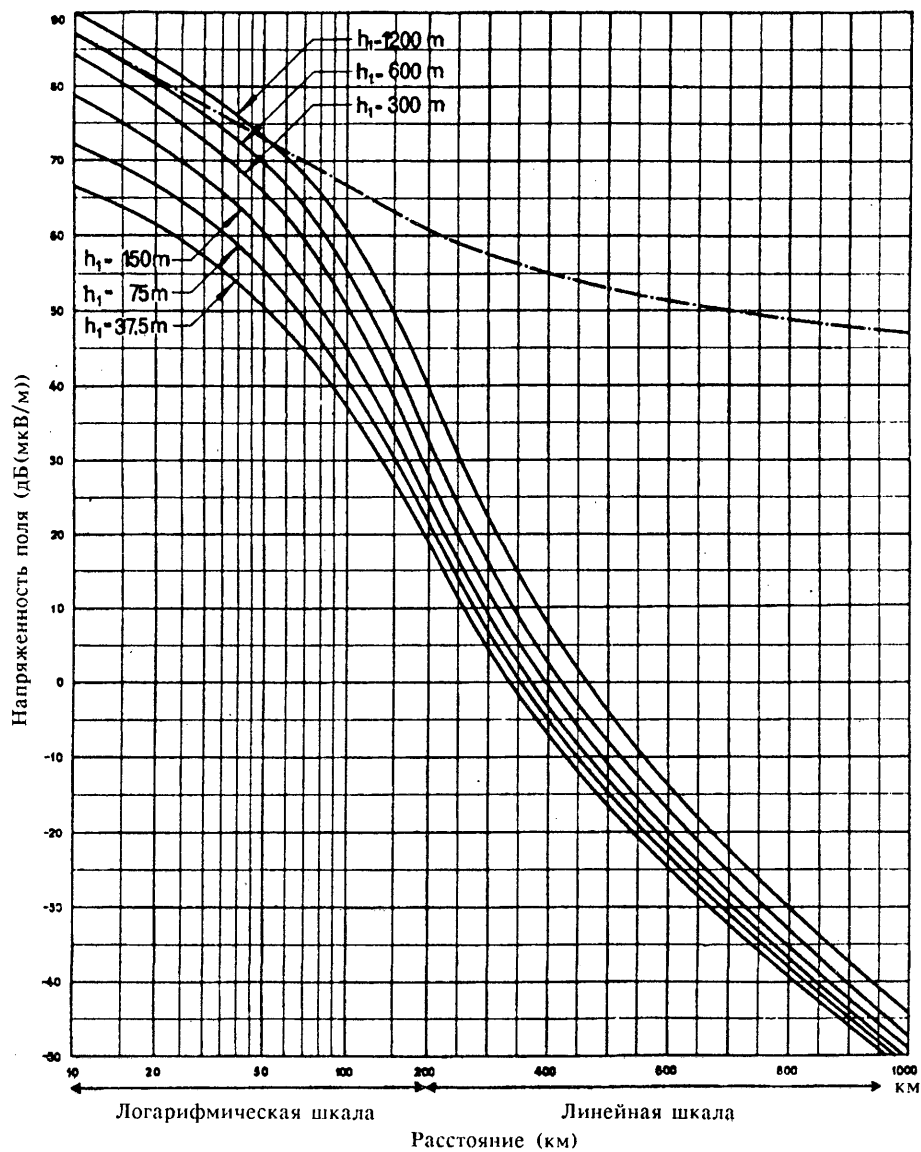


РИСУНОК 14а — Напряженность поля (дБ(мкВ/м)) для 1 кВт э.и.м.

Частота: 450–1000 МГц (Диапазоны IV и V) — Холодное море — 10% времени — 50% мест — $h_2 = 10$ м

— . — Свободное пространство

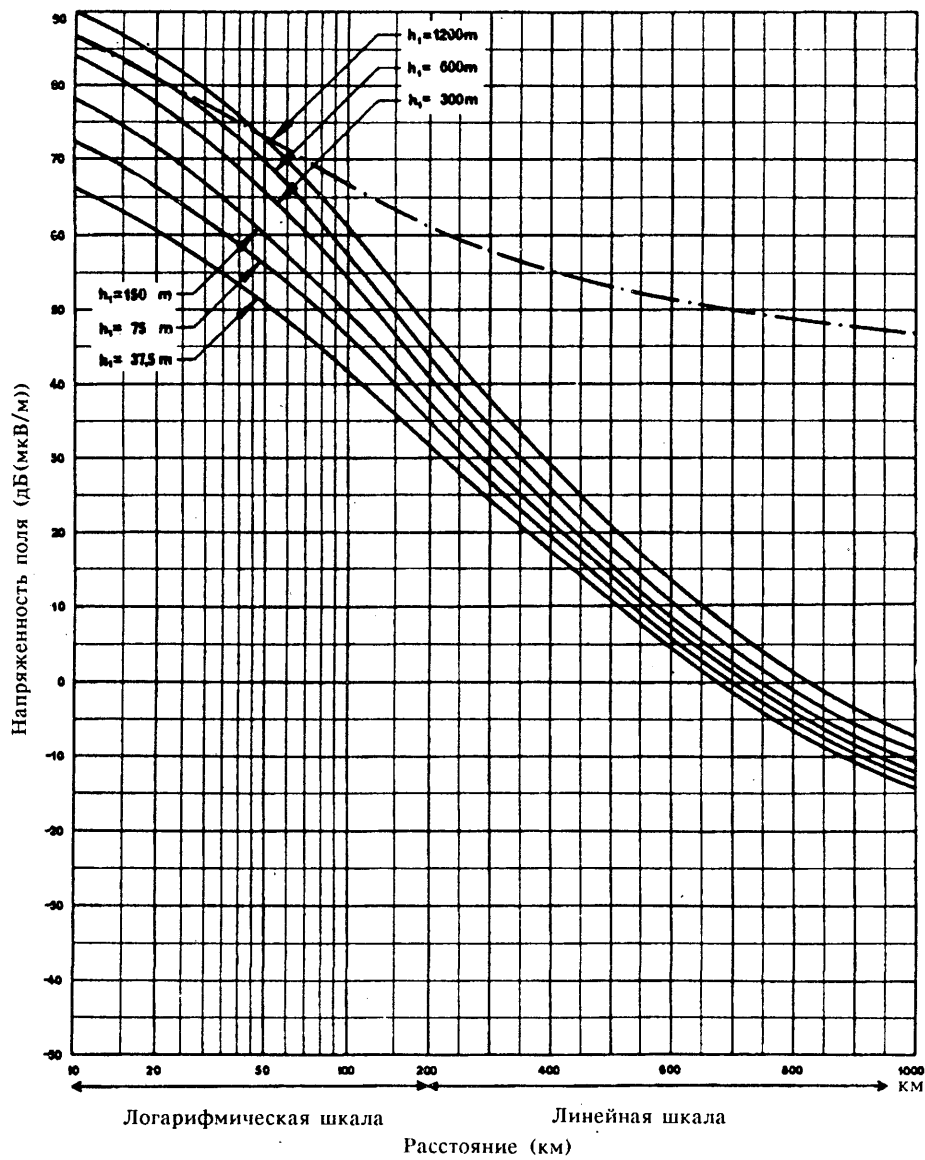


РИСУНОК 14b – Напряженность поля (дБ(мкВ/м)) для 1 кВт э.и.м.

Частота: 450–1000 МГц (Диапазоны IV и V) – Теплое море – 10% времени – 50% мест – $h_2 = 10\text{ м}$

— . — Свободное пространство

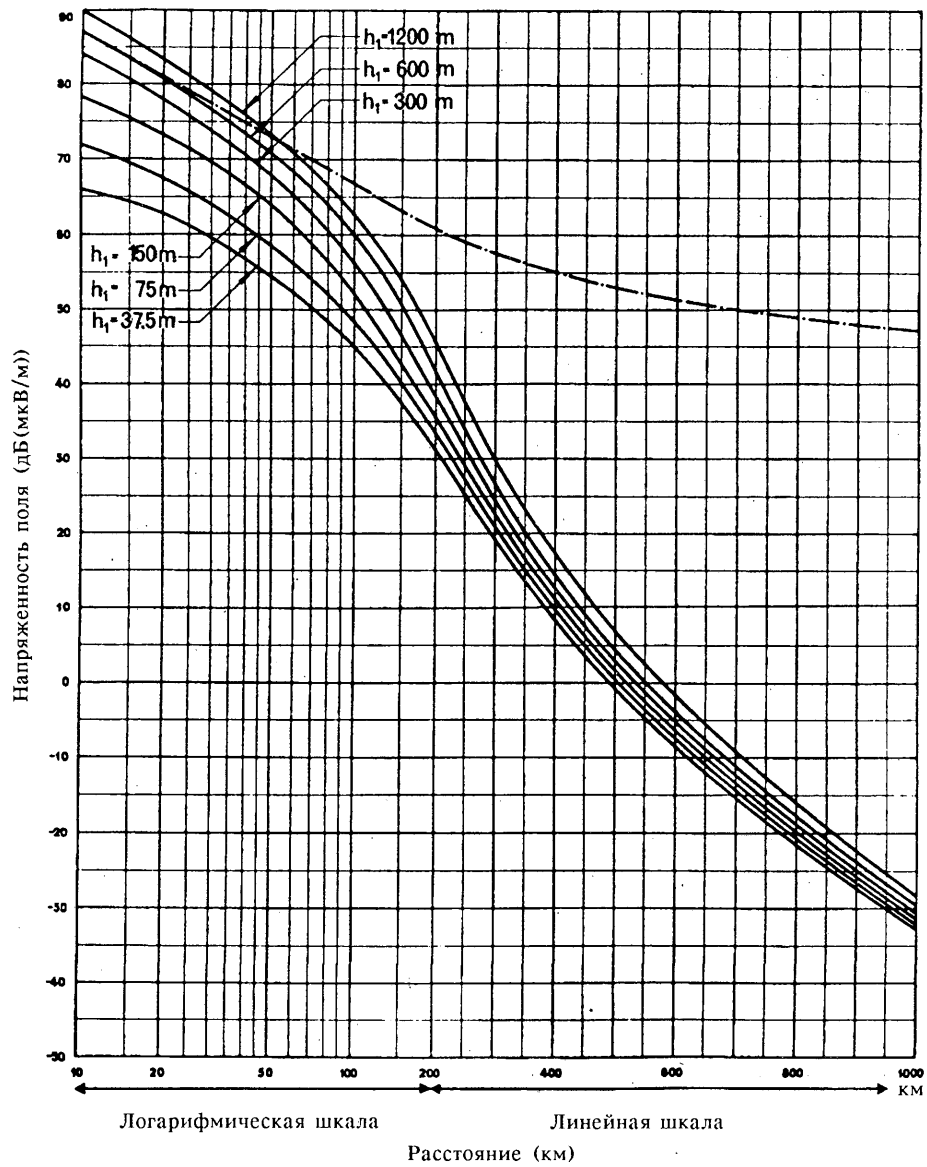


РИСУНОК 15а — Напряженность поля (дБ(мкВ/м)) для 1 кВт э.и.м.

Частота: 450—1000 МГц (Диапазоны IV и V) — Холодное море — 5% времени — 50% мест — $h_2 = 10$ м

— . — Свободное пространство

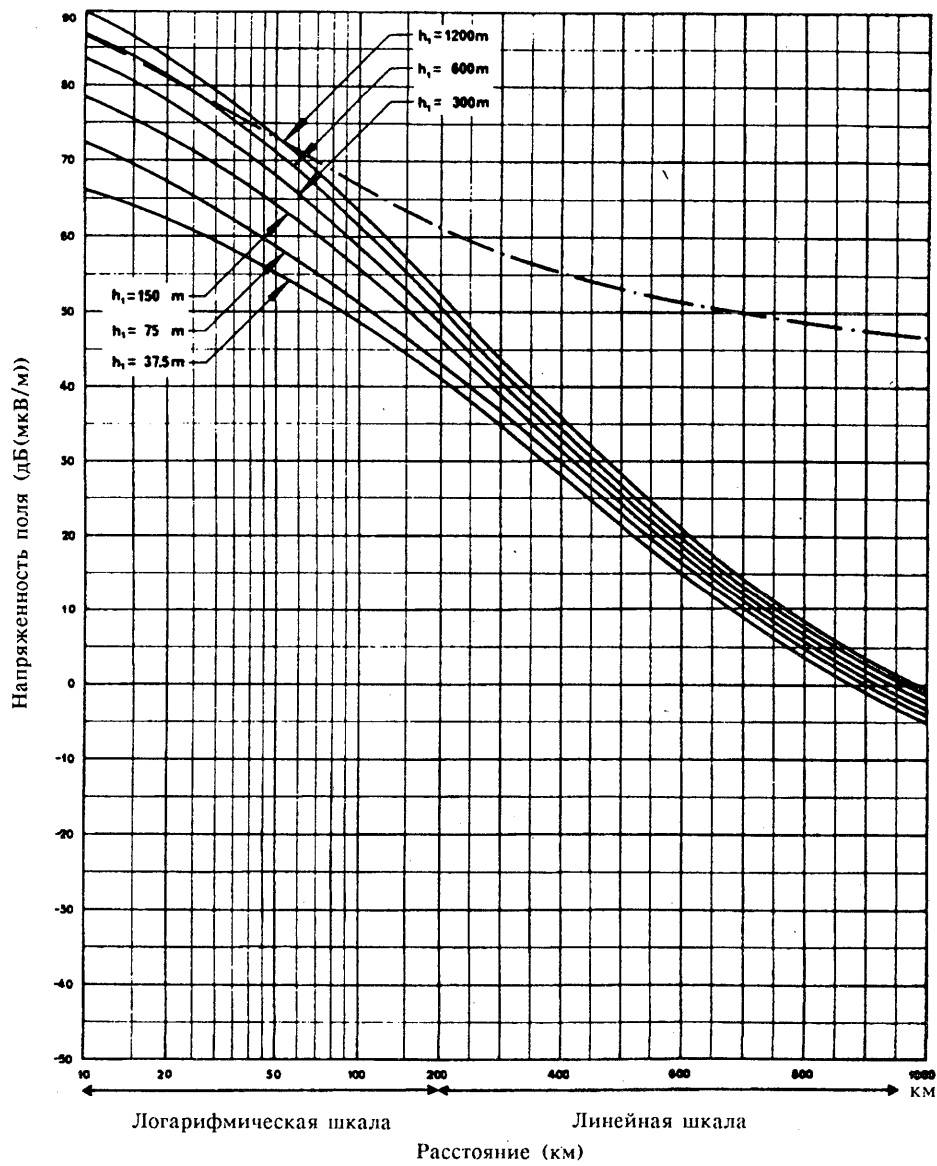


РИСУНОК 15б — Напряженность поля (дБ(мкВ/м)) для 1 кВт э.и.м.

Частота: 450–1000 МГц (Диапазоны IV и V) — Теплое море — 5% времени — 50% мест — $h_2 = 10$ м

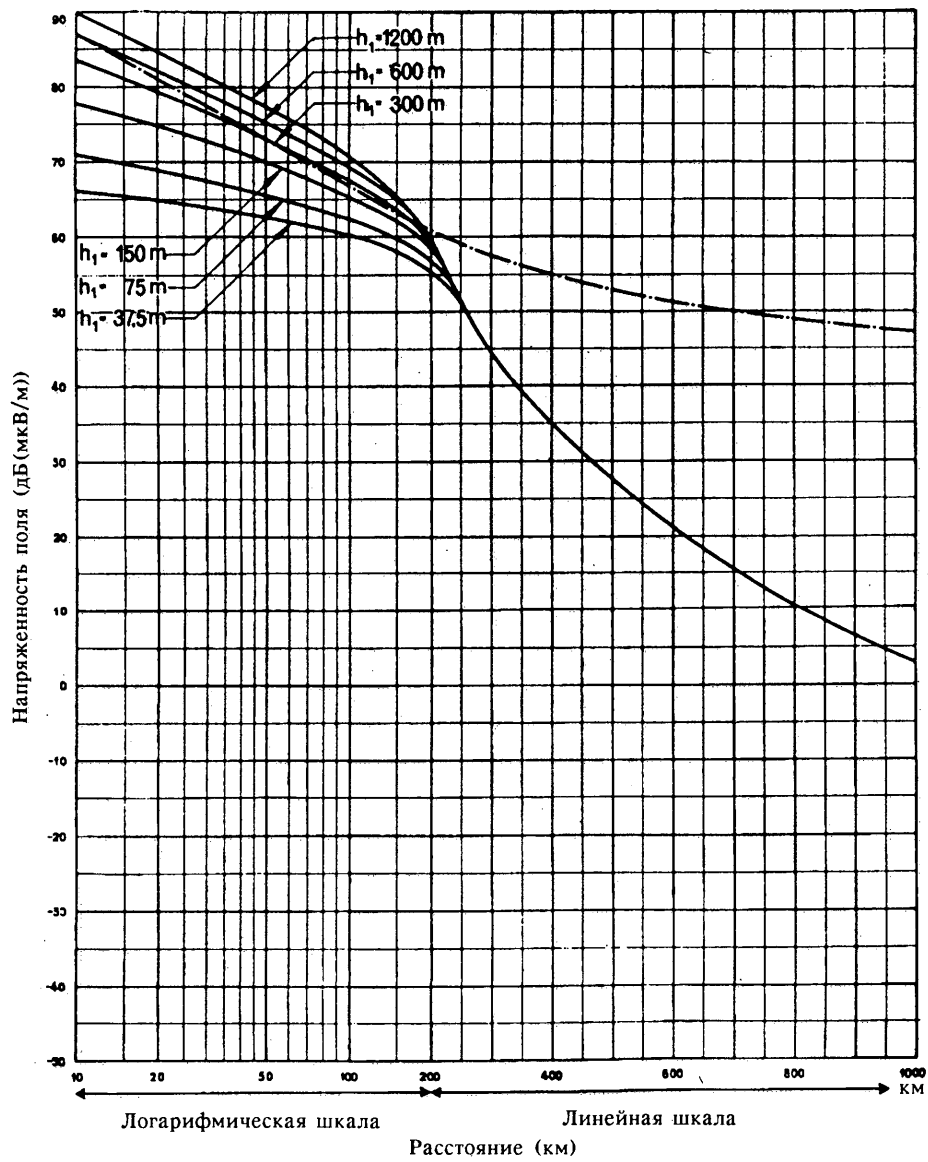


РИСУНОК 16а — Напряженность поля (дБ(мкВ/м)) для 1 кВт э.и.м.

Частота: 450–1000 МГц (Диапазоны IV и V) — Холодное море — 1% времени — 50% мест — $h_2 = 10$ м

— . — Свободное пространство

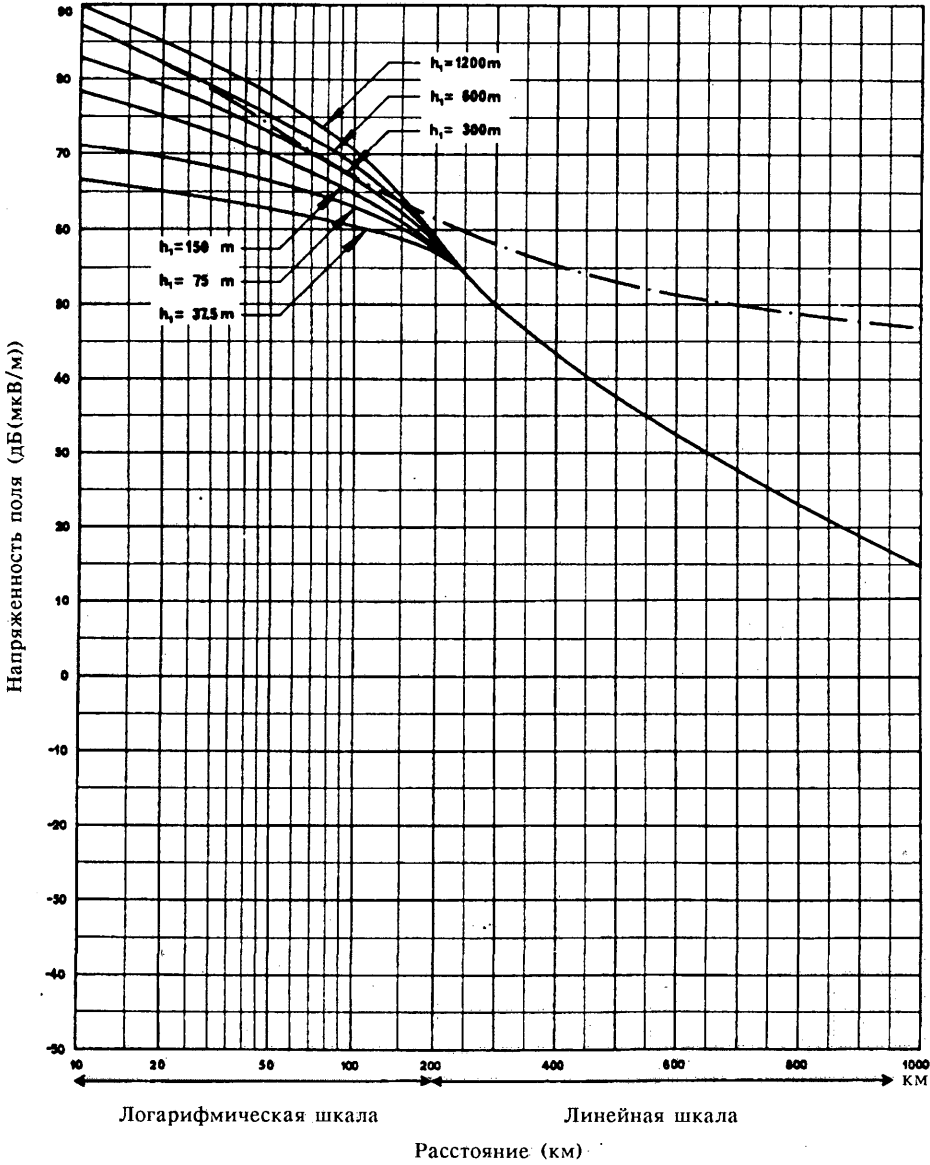


РИСУНОК 16б — Напряженность поля (дБ(мкВ/м)) для 1 кВт э.и.м.

Частота: 450—1000 МГц (диапазоны IV и V) — Теплое море (за исключением зон, в которых наблюдается сильная суперрефракция) —
1% времени — 50% мест — $h_2 = 10\text{ м}$

— . — Свободное пространство

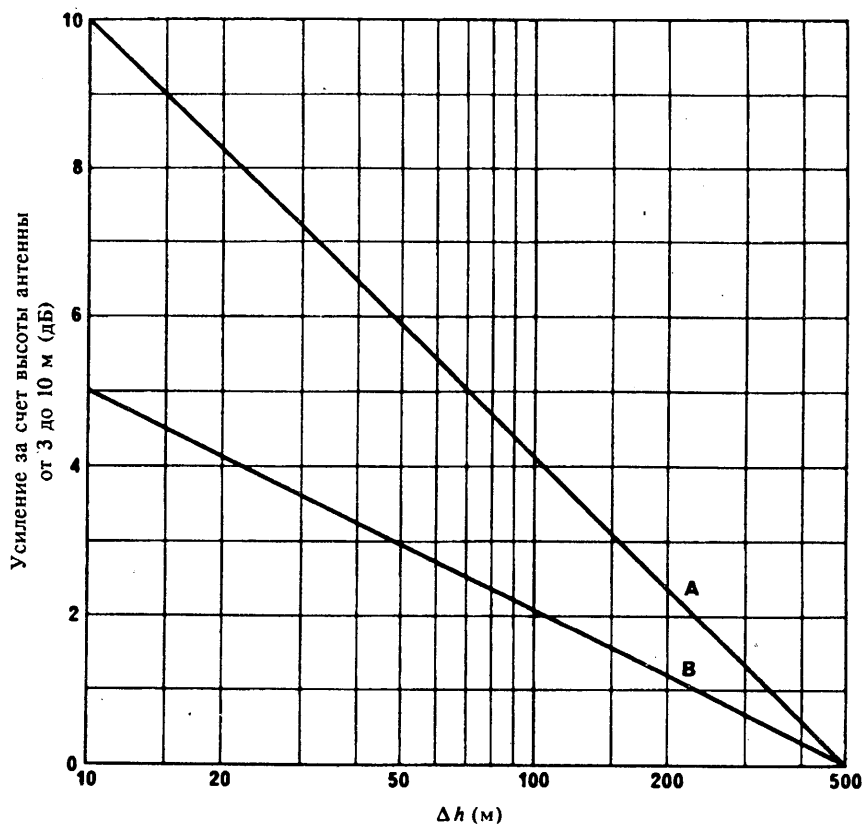


РИСУНОК 17 — Множитель усиления за счет высоты антенны от 3 до 10 м в зависимости от Δh для частот от 450 до 1000 МГц (диапазоны IV и V); параметр d представляет собой расстояние от передатчика

A: $d \leq 50$ км

B: $d \geq 100$ км

РЕКОМЕНДАЦИЯ 616

ДАННЫЕ О РАСПРОСТРАНЕНИИ РАДИОВОЛН ДЛЯ НАЗЕМНЫХ МОРСКИХ ПОДВИЖНЫХ СЛУЖБ,
ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ЧАСТОТАХ ВЫШЕ 30 МГц

(Исследовательская Программа 7F/5)

(1986)

МККР,

УЧИТЫВАЯ,

- (a) что имеется необходимость в руководстве для инженеров при планировании наземных морских подвижных радиослужб в диапазонах ОВЧ и УВЧ;
- (b) что факторы, влияющие на распространение радиоволн в наземных морских подвижных службах, в том числе те, которые наблюдаются в гаванях, в прибрежных зонах и на внутренних водных путях, могут отличаться от факторов, относящихся к другим службам в этих диапазонах;
- (c) что имеется потребность в данных о распространении радиоволн для различных типов морской среды и особенно для вертикальной поляризации;
- (d) что в Приложении I Рекомендации 370 приведены кривые напряженности поля для морских трасс в некоторых морских зонах,

ЕДИНОДУШНО РЕКОМЕНДУЕТ,

1. чтобы при планировании наземной морской подвижной службы временно использовались кривые, приведенные в Приложении I Рекомендации 370, с учетом особых условий, в которых они применяются;
 2. чтобы уровни напряженности поля на смешанных сухопутных и морских трассах временно рассчитывались с помощью методов, изложенных в Отчете 239.
-

РЕКОМЕНДАЦИЯ 528-2 *

КРИВЫЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН ДЛЯ ВОЗДУШНОЙ ПОДВИЖНОЙ И РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ СЛУЖБ, РАБОТАЮЩИХ В ДИАПАЗОНАХ ОВЧ, УВЧ и СВЧ

(Исследовательская Программа 7F/5)

(1978–1982–1986)

МККР,

УЧИТЫВАЯ,

- (a) что имеется необходимость в руководстве для инженеров при планировании радиослужб в диапазонах ОВЧ, УВЧ и СВЧ;
- (b) что модель распространения радиоволн, используемая для получения кривых, приведенных в Приложении II, основана на значительном объеме экспериментальных данных (см. Приложение I);
- (c) что в воздушной службе часто предусматривается функция обеспечения безопасности человеческой жизни и поэтому требуется более высокая норма готовности по сравнению со многими другими службами;
- (d) что для получения более надежной службы должен использоваться коэффициент готовности по времени 0,95,

ЕДИНОДУШНО РЕКОМЕНДУЕТ,

чтобы кривые, приведенные в Приложении II, были приняты для определения основных потерь передачи в течение 5%, 50% и 95% времени для высот антенн (как для наземной станции, так и для воздушного судна), которые могут использоваться в воздушных службах.

Примечание. — Необходимо подчеркнуть, что эти кривые основаны на данных, полученных главным образом для континентального умеренного климата. Для других типов климата кривые должны использоваться с осторожностью.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ КРИВЫХ

Сфера применения методов прогнозирования потерь передачи, приведенных в [NBS, 1967], была расширена и эти методы внедрены в модель распространения IF-77 [Johnson и Gierhart, 1979], которая определяет основные потери передачи в течение 5%, 50% и 95% времени для высот антенн, используемых в воздушных службах [Johnson и Gierhart, 1978]. Эти методы основаны на значительном объеме экспериментальных данных и было произведено большое число сравнений прогнозов с этими данными [Johnson и Gierhart, 1979]. При выполнении этих расчетов использовалась ровная поверхность Земли (параметр неровности местности $\Delta h = 0$) с коэффициентом эквивалентного радиуса Земли $k = 4/3$ (рефракция поверхности $N_s = 301$) и с компенсацией чрезмерного отклонения луча, соответствующего модели $k = 4/3$ на больших высотах. Использовались также постоянные для средней горизонтальной поляризации земли, изотропные антенны и статистические данные о долгосрочных замираниях мощности для континентального умеренного климата. Хотя для многих применений эти параметры можно рассматривать или в качестве приемлемых, или в качестве наилучшего случая, кривые должны использоваться с осторожностью, если условия будут коренным образом отличаться от указанных выше допущений.

Медианные значения основных потерь передачи для трасс "в пределах горизонта", за исключением районов "вблизи" радиогоризонта, были получены путем добавления величины ослабления за счет атмосферного поглощения (в децибелах) к потерям передачи, соответствующим условиям свободного пространства. В пределах района, находящегося "вблизи" радиогоризонта, величины потерь передачи были рассчитаны с применением геометрической оптики с тем, чтобы учесть интерференцию между прямым лучом и лучом, отраженным от поверхности Земли. Отрезки кривых, полученные в результате применения этих двух методов, были объединены для образования кривой, показывающей медианные значения основных потерь передачи, которые монотонно возрастают с расстоянием.

Двухлучевая модель интерференции специально не использовалась для расчетов в пределах горизонта, так как лепестковая структура, получаемая в этом случае для коротких трасс, в значительной степени зависит от характеристик поверхности (неровность поверхности, а также электрические постоянные), атмосферных условий (эквивалентный радиус Земли изменяется со временем) и антенных характеристик (поляризация, ориентация и усиление антенны). Такие кривые часто будут больше вводить в заблуждение, чем оказывать пользу, поскольку конкретная структура лепестков в значительной степени зависит от параметров, которые трудно определить с достаточной точностью. Однако статистический анализ лепестковой структуры производится при вычислении изменчивости.

* Данную Рекомендацию следует довести до сведения 8-й Исследовательской Комиссии.

Для коэффициента готовности по времени, отличающегося от 0,50, кривые основных потерь передачи, L_b , не всегда монотонно возрастают с увеличением расстояния. Это происходит потому, что колебания изменчивости с расстоянием могут иногда перекрывать изменения медианного уровня. Изменчивость включает в себя компоненты, связанные как с часовыми медианными или долгосрочными замираниями мощности (Отчет 238), так и с внутричасовыми кратковременными интерференционными замираниями. Краткосрочные замирания обусловлены как отражениями от поверхности Земли, так и тропосферной многолучевостью.

Кривые, приведенные в Приложении II, являются кривыми, отобранными из множества сглаженных кривых, полученных с помощью компьютера [Johnson и Gierhart, 1980].

Кривые основных потерь передачи, $L_b(0,05)$ могут использоваться при определении значений L_b для мешающего интерференционного сигнала, превышаемого в течение 95% (100% – 5%) времени. Медианные (50%) условия распространения радиоволн можно определить с помощью кривых $L_b(0,50)$. Кривые $L_b(0,95)$ можно использовать для оценки зоны обслуживания полезного сигнала, в которой обслуживание при отсутствии помех будет обеспечиваться в течение 95% времени.

Ожидаемое защитное отношение или отношение полезного сигнала к мешающему, превышаемое в приемнике в течение по крайней мере 95% времени, $R(0,95)$ можно определить, используя кривые в Приложении II, следующим образом:

$$R(0,95) = R(0,50) + Y_L(0,95) \quad (1)$$

$$R(0,50) = [P_t + G_t + G_r - L_b(0,50)]_{\text{полезный}} - [P_t + G_t + G_r - L_b(0,50)]_{\text{мешающий}} \quad (2)$$

и

$$Y_R = -\sqrt{[L_b(0,95) - L_b(0,50)]^2_{\text{полезный}} + [L_b(0,05) - L_b(0,50)]^2_{\text{мешающий}}} \quad (3)$$

В уравнении (2) P_t – передаваемая мощность, а G_t и G_r – изотропные коэффициенты усиления передающей и приемной антенн, выраженные в дБ.

В уравнение (3) можно легко включить дополнительную изменчивость за счет таких параметров, как усиление антенны, если изменчивость для них можно определить. В приведенной выше формуле $R(0,95)$ подразумевается непрерывное (100%) или совместное использование канала, так что влияние передатчика, работающего с перерывами, должно рассматриваться отдельно.

ССЫЛКИ

- JOHNSON, M.E. and GIERHART, G.D. [1978] Applications guide for propagation and interference analysis computer programs (0.1 to 20 GHz). DOT-Rep, FAA-RD-77-60, NTIS Accession No. ADA 053242. National Technical Information Service, Springfield, Va., 22161, USA.
- JOHNSON, M.E. and GIERHART, G.D. [1979] Comparison of measured data with IF-77 propagation model predictions. DOT-Rep. FAA-RD-79-9, NTIS Accession No. ADA 076508. National Technical Information Service, Springfield, Va., 22161, USA.
- JOHNSON, M.E. and GIERHART, G.D. [1980] An atlas of basic transmission loss (0.125, 0.3, 1.2, 5.1, 9.4, 15.5 GHz). DOT-Rep. FAA-RD-80-1, NTIS Accession No. ADA 088153. National Technical Information Service, Springfield, Va., 22161, USA.
- NBS [1967] National Bureau of Standards, Technical Note No. 101, Revised, I and II, AD 687820 and AD 687821, National Technical Information Service, Springfield, Va., 22161, USA.

ПРИЛОЖЕНИЕ II

ОПИСАНИЕ КРИВЫХ

Кривые для воздушной службы приведены на рис. 1–6. Необходимо отметить следующие моменты:

1. На рис. 1–6 показаны медианные значения основных потерь передачи, L_b , на частотах 125, 300, 1200, 5100, 9400 и 15 500 МГц.
2. Каждый рисунок состоит из трех совокупностей кривых, где верхняя, средняя и нижняя совокупности соответственно относятся к $L_b(0,05)$, $L_b(0,50)$ и $L_b(0,95)$. Они соответствуют готовности по времени 5, 50 и 95%. Например, $L_b(0,95) = 200$ дБ означает, что основные потери передачи будут составлять 200 дБ или менее в течение 95% времени.

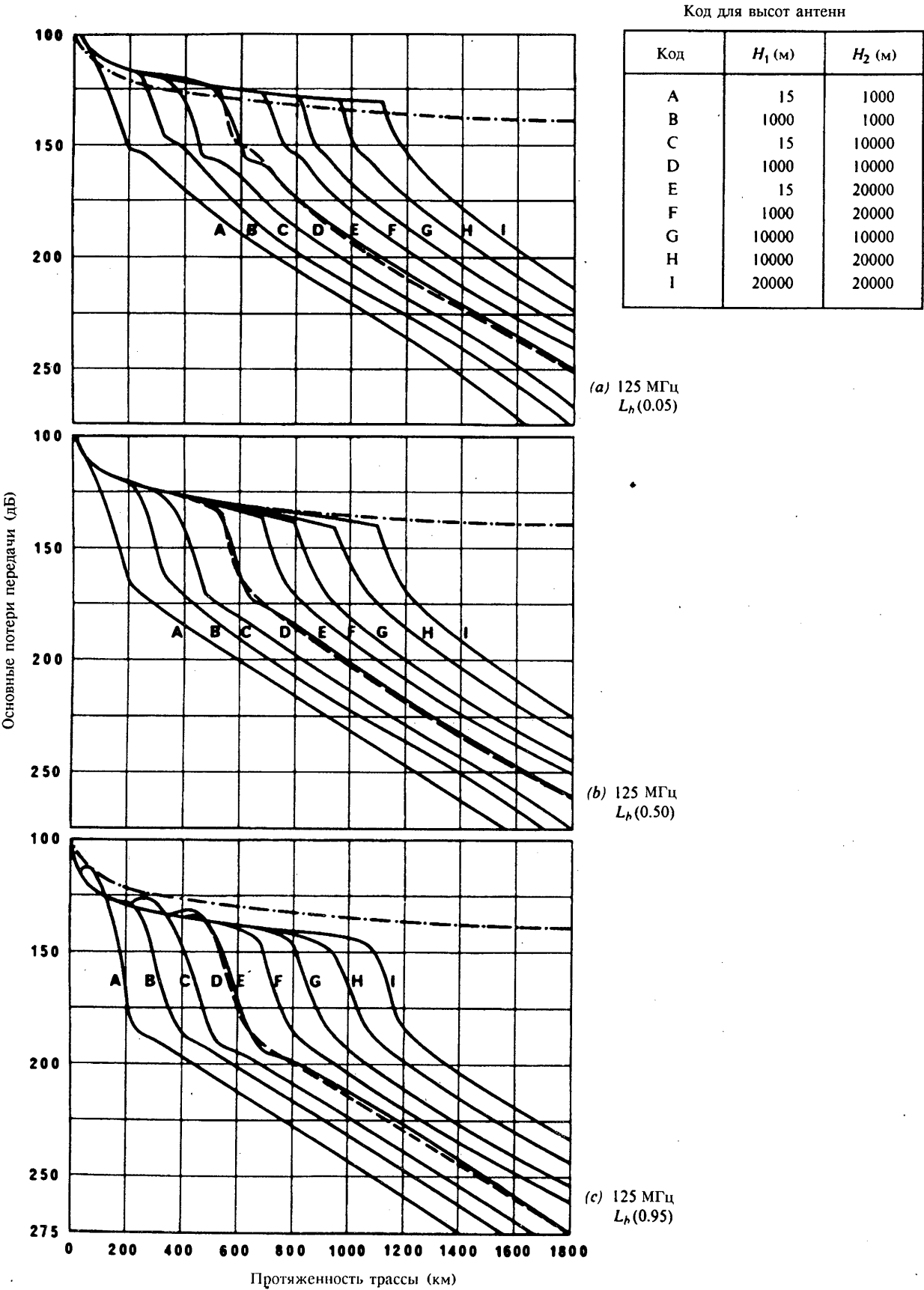


РИСУНОК 1 – Основные потери передачи на частоте 125 МГц для 5%, 50% и 95% времени

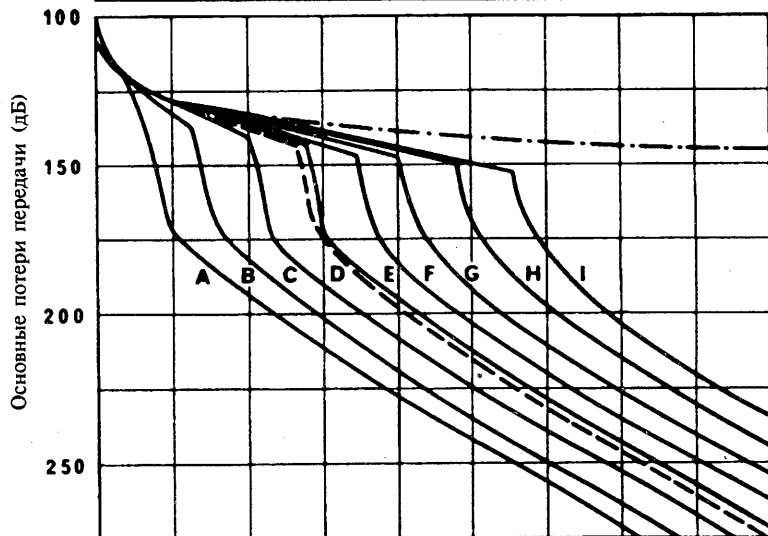
Пунктирная кривая соответствует свободному пространству

Код для высот антенн

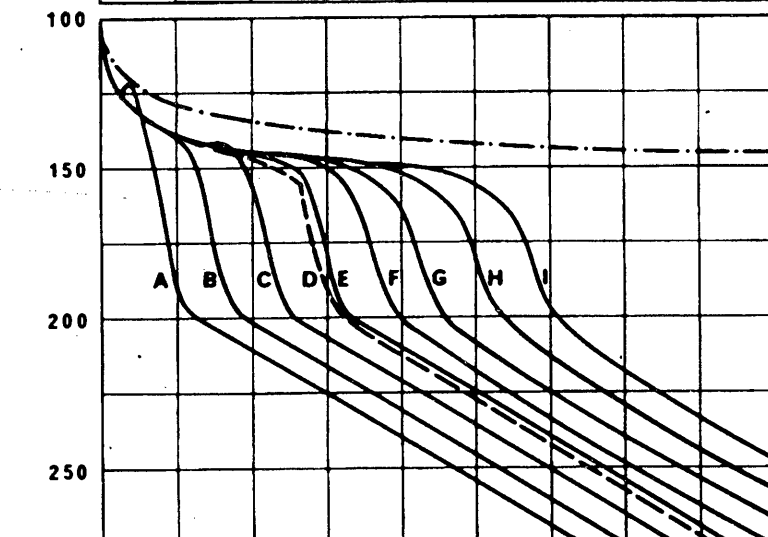
Код	H_1 (м)	H_2 (м)
A	15	1000
B	1000	1000
C	15	10000
D	1000	10000
E	15	20000
F	1000	20000
G	10000	10000
H	10000	20000
I	20000	20000



(a) 300 МГц
 $L_h(0.05)$



(b) 300 МГц
 $L_h(0.50)$



(c) 300 МГц
 $L_h(0.95)$

Протяженность трассы (км)

РИСУНОК 2 – Основные потери передачи на частоте 300 МГц для 5%, 50% и 95% времени

Пунктирная кривая соответствует свободному пространству

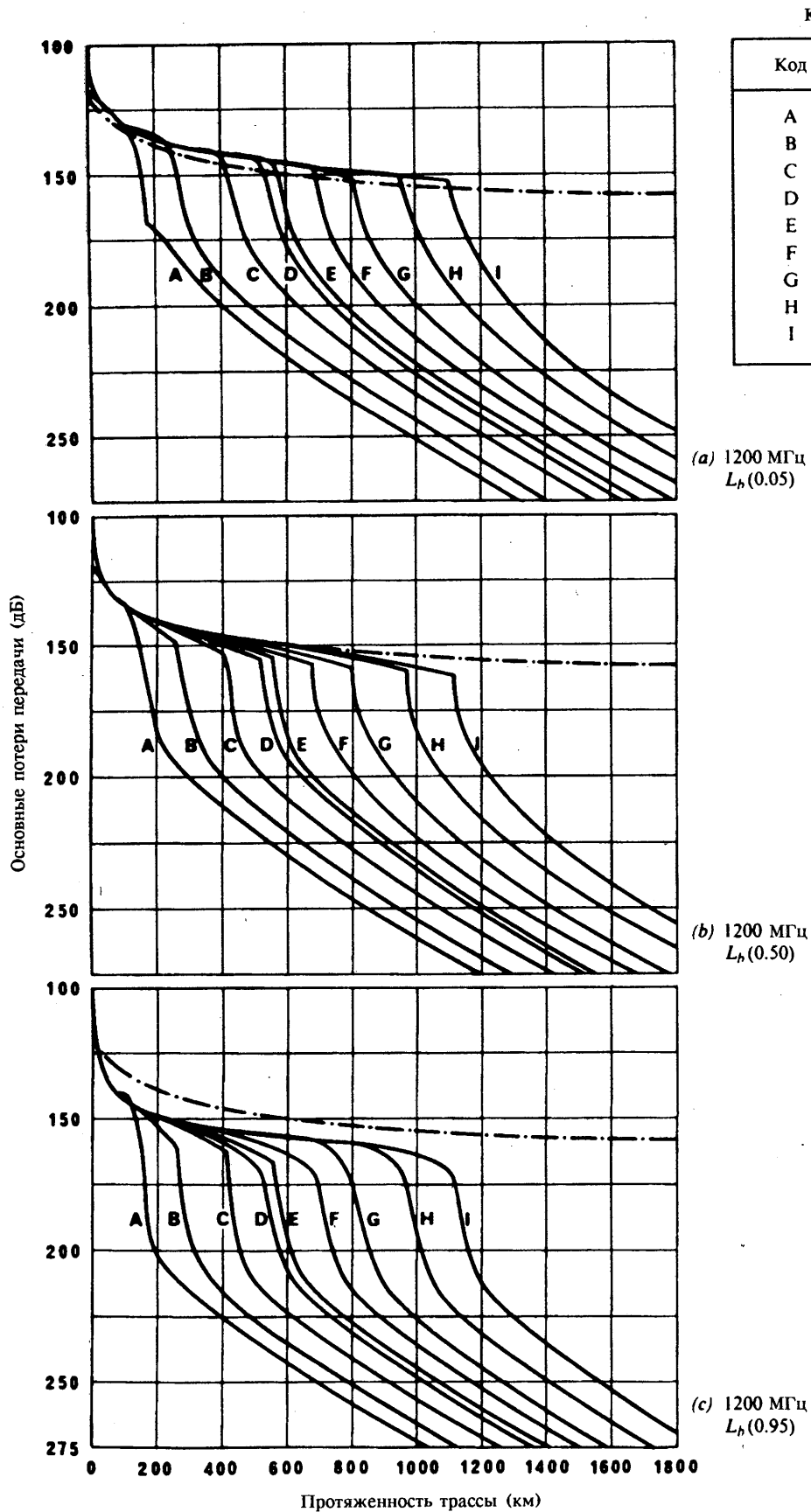


РИСУНОК 3 — Основные потери передачи на частоте 1200 МГц для 5%, 50% и 95% времени

Пунктирная кривая соответствует свободному пространству

Код для высот антенн

Код	H_1 (м)	H_2 (м)
A	15	1000
B	1000	1000
C	15	10000
D	1000	10000
E	15	20000
F	1000	20000
G	10000	10000
H	10000	20000
I	20000	20000

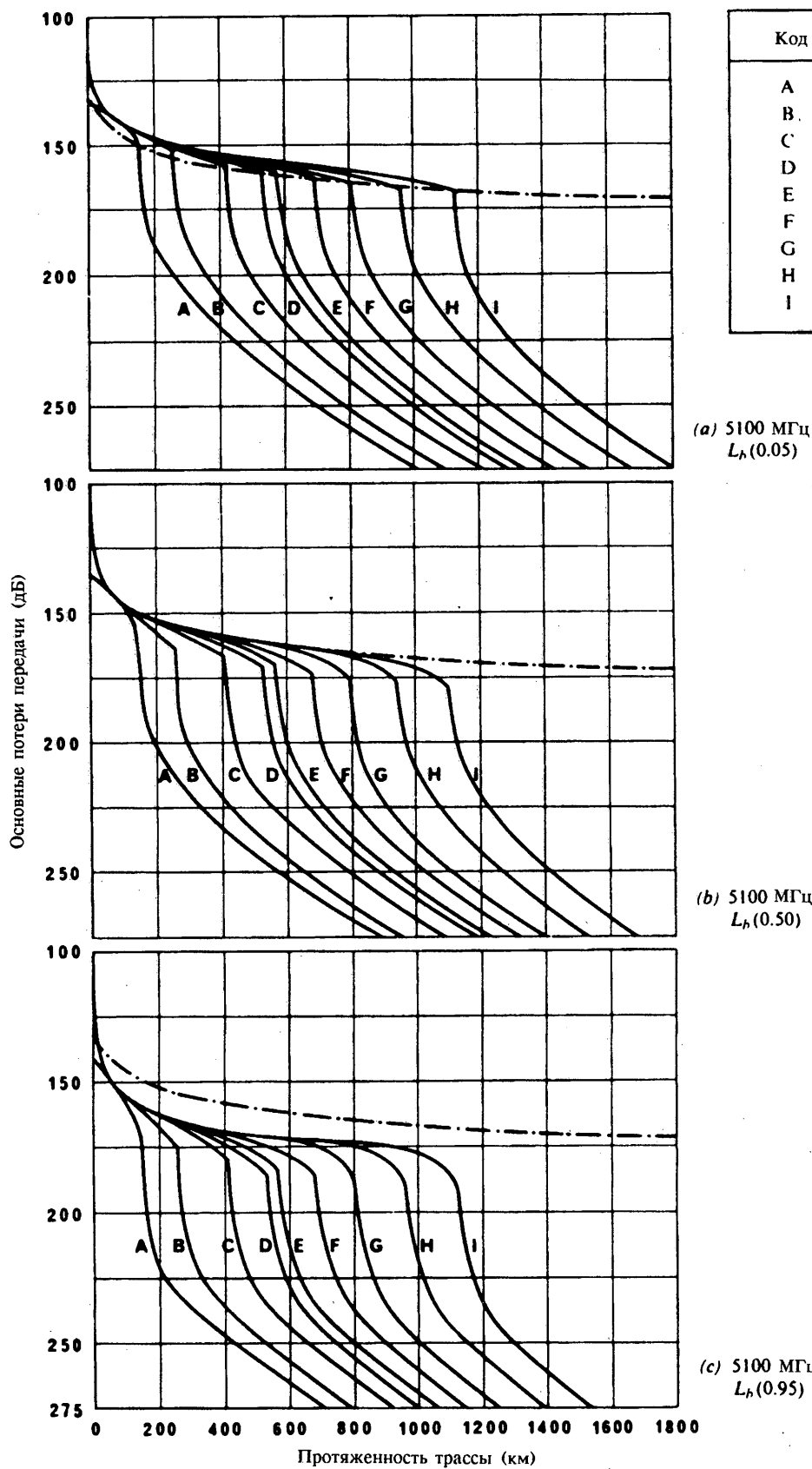


РИСУНОК 4 — Основные потери передачи на частоте 5100 МГц для 5%, 50% и 95% времени

Пунктирная кривая соответствует свободному пространству

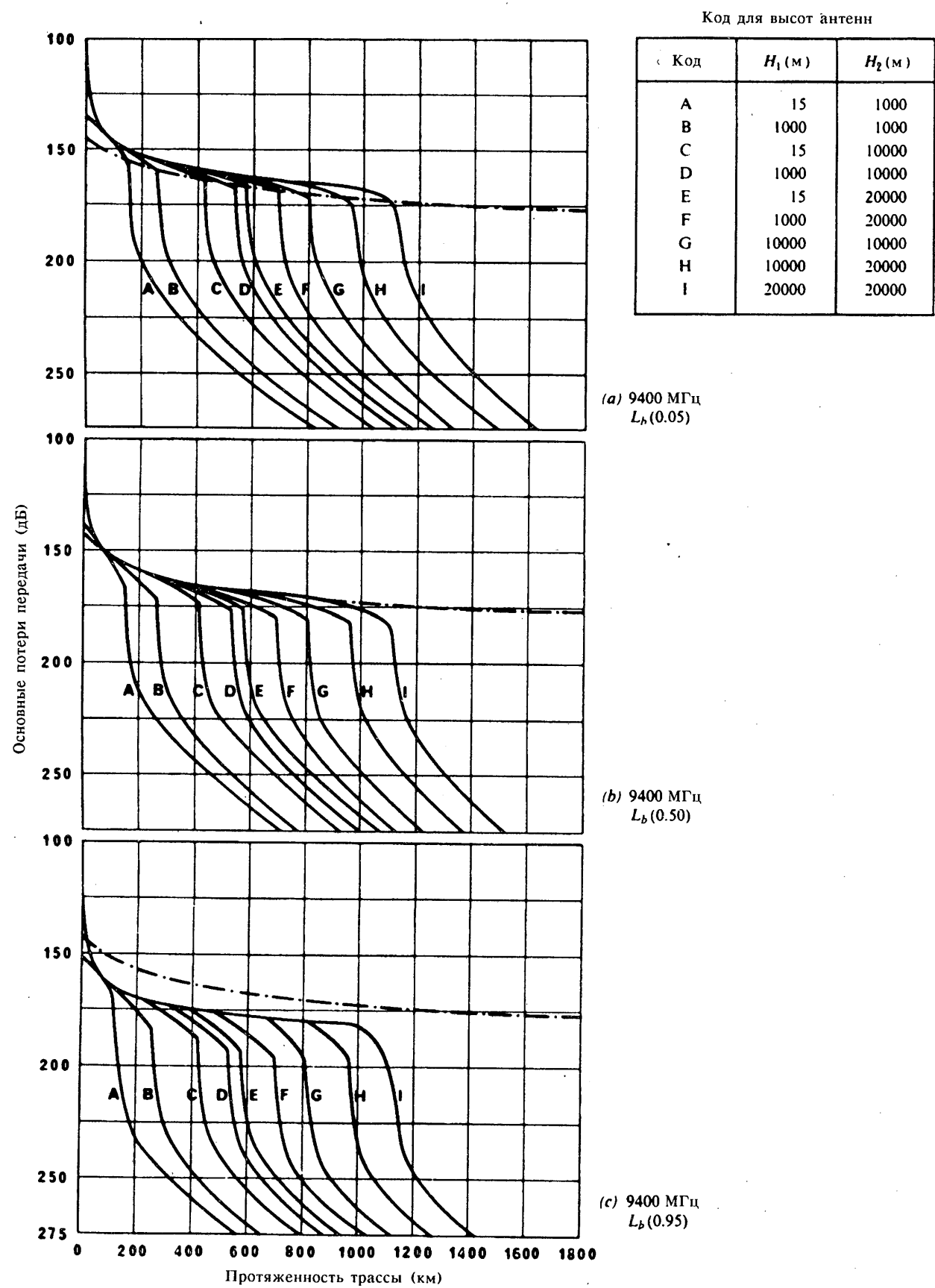


РИСУНОК 5 – Основные потери передачи на частоте 9400 МГц для 5%, 50% и 95% времени

Пунктирная кривая соответствует свободному пространству

Код для высот антенн

Код	H_1 (м)	H_2 (м)
A	15	1000
B	1000	1000
C	15	10000
D	1000	10000
E	15	20000
F	1000	20000
G	10000	10000
H	10000	20000
I	20000	20000

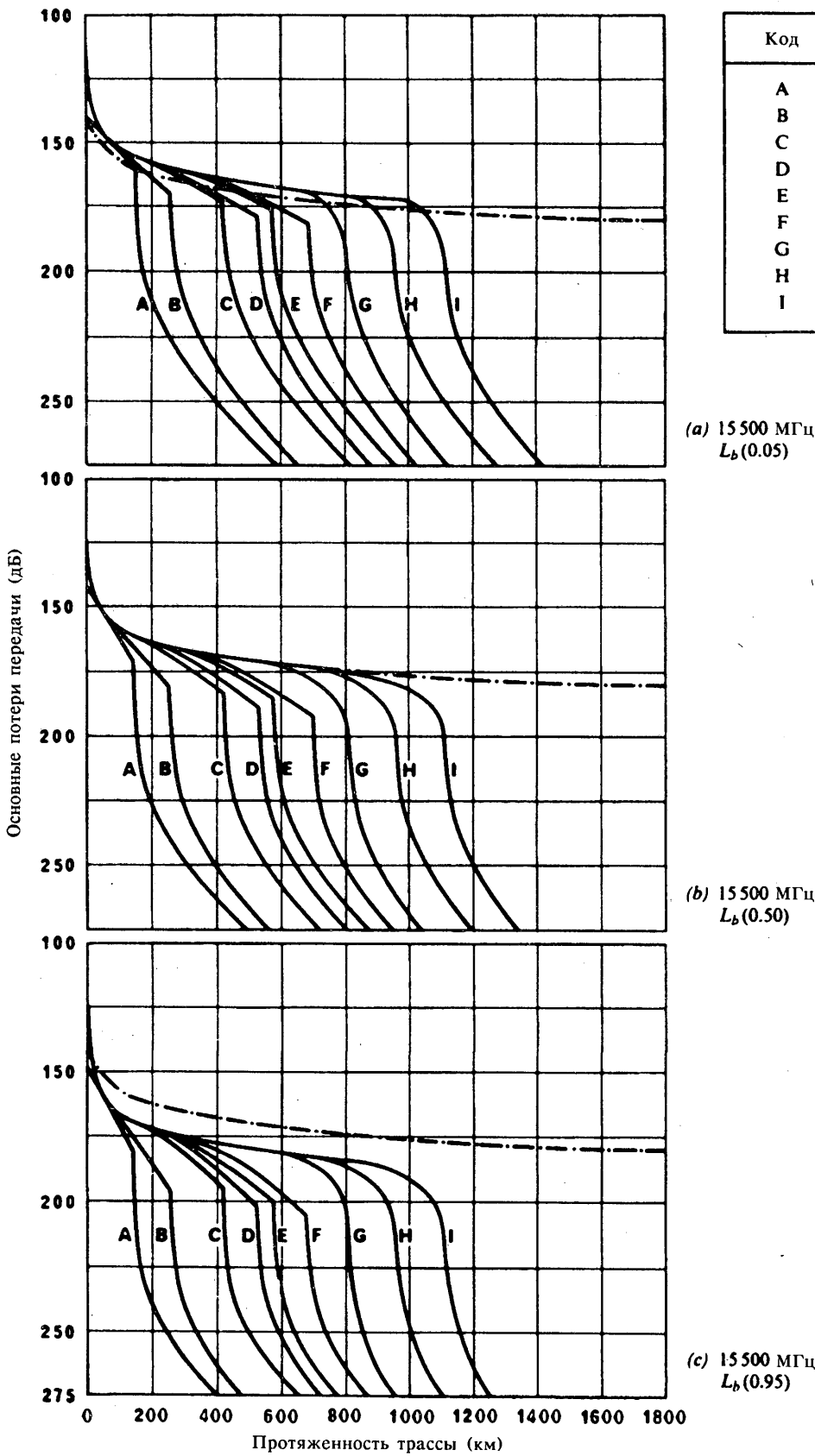


РИСУНОК 6 — Основные потери передачи на частоте 15 500 МГц для 5%, 50% и 95% времени

Пунктирная кривая соответствует свободному пространству

3. Показанные высоты антенн изменяются от 15 до 20 000 м, охватывая высоты как наземных станций, так и воздушных судов.
4. Вопросы разработки и применения этих кривых рассматриваются в Приложении I.
5. При нулевом расстоянии $L_b(0,50)$ представляет собой значение потерь для свободного пространства, соответствующее протяженности трассы, равной разности высот антенн. Приведенные кривые для свободного пространства рассчитаны для разности высот 19 985 м.

ПРИЛОЖЕНИЕ III

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В Японии в ноябре 1982 г. и в апреле и июне 1983 г. были проведены эксперименты по распространению радиоволн на частоте 930 МГц на трассах воздух–земля. В соответствии с результатами испытаний потери при распространении радиоволн в пределах прямой видимости хорошо согласуются с величиной потерь для свободного пространства. Расстояние прямой видимости, рассчитанное по измеренным данным на высоте 10 000 м, оказалось короче, чем расстояние, определяемое по кривым в Приложении II [Акеяма и др., 1984].

ССЫЛКИ

АКЕYАMА, А., SAKAGAMI, S. and YOSHIZAWA, K. [March, 1984] 900 MHz band propagation characteristics on air-to-ground paths. National Convention Record No. 669, Institute of Electronics and Communication Engineers of Japan, Tokyo, Japan.

РЕКОМЕНДАЦИЯ 529-1*

**ДАННЫЕ О РАСПРОСТРАНЕНИИ РАДИОВОЛН В ДИАПАЗОНАХ ОВЧ И УВЧ
И МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ НАЗЕМНЫХ
СУХОПУТНЫХ ПОДВИЖНЫХ СЛУЖБ**

(Вопрос 12/5)

(1978—1990)

МККР,

УЧИТЫВАЯ,

что имеется необходимость в руководстве для инженеров при планировании сухопутных подвижных радиослужб в диапазонах ОВЧ и УВЧ,

ЕДИНОДУШНО РЕКОМЕНДУЕТ,

чтобы методы прогнозирования, приведенные в Отчете 567, были приняты** для использования при определении напряженности поля и других характеристик сигнала, которые могут встретиться в наземной сухопутной подвижной службе.

* Данную Рекомендацию необходимо довести до сведения 8-й Исследовательской Комиссии.

** Необходимо отметить, что кривые, относящиеся к диапазону УВЧ, основаны на данных, полученных для специфики городских зон, и в других зонах должны использоваться с осторожностью.

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

РАЗДЕЛ 5Б: АСПЕКТЫ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К НАЗЕМНОЙ ФИКСИРОВАННОЙ СЛУЖБЕ

РЕКОМЕНДАЦИЯ 530-3*

**ДАННЫЕ О РАСПРОСТРАНЕНИИ РАДИОВОЛН И МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ,
НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НАЗЕМНЫХ СИСТЕМ,
РАБОТАЮЩИХ В ПРЕДЕЛАХ ПРЯМОЙ ВИДИМОСТИ**

(Вопрос 14/5)

(1978–1982–1986–1990)

МККР,

УЧИТЫВАЯ,

- (a) что для надлежащего планирования наземных систем, работающих в пределах прямой видимости, необходимо иметь соответствующие методы и данные прогнозирования распространения радиоволн;
- (b) что разработаны методы, которые позволяют прогнозировать наиболее важные параметры распространения радиоволн, влияющие на планирование наземных систем, работающих в пределах прямой видимости;
- (c) что по мере возможности было проведено сравнение этих методов прогнозирования с имеющимися данными измерений и была получена точность, соизмеримая с природной изменчивостью явлений распространения радиоволн, а также соответствующая большей части существующих применений в системе планирования;
- (d) что при определенных параметрах распространения радиоволн существующей информации, однако, еще недостаточно для определения и надлежащей проверки методов прогнозирования, в частности в некоторых географических районах,

ЕДИНОДУШНО РЕКОМЕНДУЕТ,

1. чтобы для планирования наземных систем, работающих в пределах прямой видимости в соответствующих диапазонах применимости, указанных в Отчете 338, были приняты методы прогнозирования следующих параметров, представленных в этом Отчете:
 - 1.1 ослабление в газах;
 - 1.2 статистика дифракционных замираний и связанные с ней критерии определения просвета трассы;
 - 1.3 распределение замираний, обусловленных многолучевым распространением радиоволн в узкой полосе частот как для небольших процентов времени (методы 1 и 2, по их соответствию), так и для других процентов времени;
 - 1.4 долгосрочное распределение ослабления в дожде, исходя из точечной интенсивности дождей;
 - 1.5 долгосрочное распределение ослабления в дожде на одной частоте, исходя из распределения на другой частоте (пересчет частоты);
 - 1.6 долгосрочное распределение избирательности от кросс-поляризации (XPD), исходя из кополярного ослабления (CRA);
 - 1.7 долгосрочное распределение XPD на одной частоте/поляризации, исходя из распределения на другой частоте;
2. чтобы существующие в настоящее время данные и иная информация, приведенная во всех других разделах Отчета 338, использовались при планировании наземных систем, работающих в пределах прямой видимости.

* Данную Рекомендацию следует довести до сведения 9-й Исследовательской Комиссии.

РЕКОМЕНДАЦИЯ 617*

**ДАННЫЕ О РАСПРОСТРАНЕНИИ РАДИОВОЛН, НЕОБХОДИМЫЕ
ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРОПОСФЕРНЫХ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ СИСТЕМ**

(1986)

МККР,

УЧИТЫВАЯ,

- (a) что для надлежащего планирования тропосферных радиорелейных систем необходимо иметь соответствующие данные о распространении радиоволн;
- (b) что существующие на настоящее время данные не позволяют разработать надежные методы прогнозирования, которые обеспечили бы достаточную точность во всех районах мира;
- (c) что тем не менее существуют методы, обеспечивающие достаточную точность по крайней мере в некоторых районах,

ЕДИНОДУШНО РЕКОМЕНДУЕТ,

чтобы для временного использования при планировании тропосферных радиорелейных систем были приняты методы, изложенные в Отчете 238.

* Данную Рекомендацию следует довести до сведения 1-й и 9-й Исследовательских Комиссий.

РАЗДЕЛ 5F: АСПЕКТЫ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К КОСМИЧЕСКИМ СИСТЕМАМ СВЯЗИ

РЕКОМЕНДАЦИЯ 618-1*

ДАННЫЕ О РАСПРОСТРАНЕНИИ РАДИОВОЛН И МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ,
НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ СВЯЗИ ЗЕМЛЯ–КОСМОС

(Вопрос 16/5)

(1986–1990)

МККР,

УЧИТЫВАЯ,

- (a) что для надлежащего планирования систем Земля–космос необходимо иметь соответствующие данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования;
- (b) что разработаны методы, которые позволяют прогнозировать наиболее важные параметры распространения радиоволн, необходимые для планирования систем Земля–космос;
- (c) что, по мере возможности, было проведено сравнение этих методов с имеющимися данными, и при этом была отмечена точность, соизмеримая с природной изменчивостью явлений распространения радиоволн, а также соответствующая большей части существующих применений в системе планирования;
- (d) что при определенных параметрах распространения радиоволн, однако, имеющейся информации еще недостаточно, в частности для некоторых географических районов, с целью определения и надлежащей проверки методов прогнозирования,

ЕДИНОДУШНО РЕКОМЕНДУЕТ,

1. чтобы для планирования систем радиосвязи Земля–космос в соответствующих диапазонах пригодности, указанных в Отчете 564, были приняты методы прогнозирования следующих параметров, представленных в этом Отчете:
 - 1.1 ослабление в газах;
 - 1.2 долгосрочная статистика ослабления в дожде, исходя из точечной интенсивности дождей;
 - 1.3 долгосрочная статистика пересчета частот, исходя из ослабления в дожде;
 - 1.4 выигрыш за счет пространственного разнесения или коэффициент усиления за счет пространственного разнесения;
 - 1.5 месячная или долгосрочная статистика амплитудных мерцаний;
 - 1.6 долгосрочная статистика кросс-поляризации, обусловленной гидрометеорами, полученная, исходя из статистики кополярного ослабления;
 - 1.7 долгосрочная статистика пересчета частот и поляризации для случая кросс-поляризации, обусловленной гидрометеорами;
2. чтобы использовались существующие в настоящее время данные и иная информация, приведенная во всех других разделах Отчета 564.

Примечание. — Дополнительную информацию, относящуюся к планированию радиовещательных спутниковых систем, а также морской, сухопутной и воздушной подвижных спутниковых систем, можно найти соответственно в Отчетах 565, 884, 1009 и 1148.

* Данную Рекомендацию следует довести до сведения 4, 6, 7, 8, 10-й и 11-й Исследовательских Комиссий.

РЕКОМЕНДАЦИЯ 679*

**ДАННЫЕ О РАСПРОСТРАНЕНИИ РАДИОВОЛН,
НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ**

(Вопрос 17/5)

(1990)

МККР,

УЧИТЫВАЯ,

- (a) что для надлежащего планирования радиовещательных спутниковых систем необходимо иметь соответствующие данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования;
- (b) что для планирования систем связи Земля-космос рекомендуются методы, изложенные в Отчете 564;
- (c) что требуется дальнейшее развитие методов прогнозирования для конкретного применения в радиовещательных спутниковых системах с целью получения достаточной точности для всех эксплуатационных условий;
- (d) что тем не менее существуют методы, обеспечивающие достаточную точность для многих применений,

ЕДИНОДУШНО РЕКОМЕНДУЕТ,

чтобы для использования при планировании радиовещательных спутниковых систем в дополнение к методам, рекомендованным в Рекомендации 618, были приняты существующие в настоящее время данные о распространении радиоволн, приведенные в Отчете 565.

* Данную Рекомендацию следует довести до сведения 10-й и 11-й Исследовательских Комиссий.

РЕКОМЕНДАЦИЯ 680*

ДАННЫЕ О РАСПРОСТРАНЕНИИ РАДИОВОЛН,
НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОРСКИХ ПОДВИЖНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ ЗЕМЛЯ–КОСМОС

(Вопрос 18/5)

(1990)

МККР,

УЧИТЫВАЯ,

- (a) что для надлежащего планирования морских подвижных систем Земля–космос необходимо иметь соответствующие данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования;
- (b) что для планирования систем связи Земля–космос рекомендуются методы, изложенные в Отчете 564;
- (c) что требуется дальнейшее развитие методов прогнозирования для конкретного применения в морских подвижных спутниковых системах с целью получения достаточной точности для всех эксплуатационных условий;
- (d) что тем не менее существуют методы, обеспечивающие достаточную точность для многих применений,

ЕДИНОДУШНО РЕКОМЕНДУЕТ,

чтобы для использования при планировании морских подвижных систем связи Земля–космос в дополнение к методам, рекомендованным в Рекомендации 618, были приняты существующие в настоящее время методы, приведенные в Отчете 884.

* Данную Рекомендацию следует довести до сведения 8-й Исследовательской Комиссии.

РЕКОМЕНДАЦИЯ 681*

ДАННЫЕ О РАСПРОСТРАНЕНИИ РАДИОВОЛН,
НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУХОПУТНЫХ ПОДВИЖНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ ЗЕМЛЯ-КОСМОС

(Вопрос 18/5)

(1990)

МККР,

УЧИТЫВАЯ,

- (a) что для надлежащего планирования сухопутных подвижных систем Земля-космос необходимо иметь соответствующие данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования;
- (b) что для планирования систем связи Земля-космос рекомендуются методы, изложенные в Отчете 564;
- (c) что требуется дальнейшее развитие методов прогнозирования для конкретного применения в сухопутных подвижных спутниковых системах с целью получения достаточной точности во всех районах мира и для всех эксплуатационных условий;
- (d) что тем не менее существуют методы, обеспечивающие достаточную точность в некоторых районах и для многих применений,

ЕДИНОДУШНО РЕКОМЕНДУЕТ,

чтобы для использования при планировании сухопутных подвижных систем связи Земля-космос в дополнение к методам, рекомендованным в Рекомендации 618, были приняты существующие в настоящее время данные о распространении радиоволн, приведенные в Отчете 1009.

* Данную Рекомендацию следует довести до сведения 8-й Исследовательской Комиссии.

РЕКОМЕНДАЦИЯ 682*

ДАННЫЕ О РАСПРОСТРАНЕНИИ РАДИОВОЛН,
НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ ПОДВИЖНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ ЗЕМЛЯ-КОСМОС

(Вопрос 18/5)

(1990)

МККР,

УЧИТЫВАЯ,

- (a) что для надлежащего планирования воздушных подвижных систем Земля-космос необходимо иметь соответствующие данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования;
- (b) что для планирования систем связи Земля-космос рекомендуются методы, изложенные в Отчете 564;
- (c) что требуется дальнейшее развитие методов прогнозирования для конкретного применения в воздушных подвижных спутниковых системах с целью получения достаточной точности для всех эксплуатационных условий;
- (d) что тем не менее существуют методы, обеспечивающие достаточную точность в некоторых районах и для многих применений,

ЕДИНОДУШНО РЕКОМЕНДУЕТ,

чтобы для текущего использования при планировании воздушных подвижных систем связи Земля-космос в дополнение к методам, рекомендованным в Рекомендации 618, были приняты существующие в настоящее время данные о распространении радиоволн, приведенные в Отчете 1148.

* Данную Рекомендацию следует довести до сведения 6-й Исследовательской Комиссии.

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

РАЗДЕЛ 5G: ДАННЫЕ О РАСПРОСТРАНЕНИИ РАДИОВОЛН, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОМЕХ: КОСМИЧЕСКИЕ И НАЗЕМНЫЕ СИСТЕМЫ

РЕКОМЕНДАЦИЯ 452-4*

ДАННЫЕ О РАСПРОСТРАНЕНИИ РАДИОВОЛН, НЕОБХОДИМЫЕ
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОМЕХ МЕЖДУ СТАНЦИЯМИ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

(1970–1974–1978–1982–1986)

МККР,

УЧИТЫВАЯ,

- (a) что для правильного определения помех между станциями на поверхности Земли необходимо иметь соответствующие данные о распространении радиоволн, которые основаны на действии как топографических, так и атмосферных факторов;
- (b) что имеющиеся на настоящее время данные не позволяют разработать надежные методы прогнозирования, которые обеспечивали бы достаточную точность во всех районах мира;
- (c) что тем не менее существует ряд методов, обеспечивающих достаточную точность по крайней мере в некоторых районах,

ЕДИНОДУШНО РЕКОМЕНДУЕТ,

1. чтобы для определения помех между станциями служб связи пункта с пунктом на поверхности Земли на частотах выше примерно 500 МГц, администрации использовали метод прогнозирования распространения радиоволн, приведенный в Отчете 569;
2. чтобы в случае прогнозирования распространения сигналов помех между станциями служб связи пункта с пунктом на поверхности Земли, работающими на частотах ниже примерно 500 МГц, данные, приведенные в Рекомендации 370, использовались следующим образом:
 - с целью получения информации, относящейся к службам связи пункта с пунктом для 1% времени, следует использовать соответствующие кривые, приведенные в Рекомендации 370 для 1% времени, а коэффициент преобразования для 1% мест следует применять согласно данным, полученным из рис. 5 этой Рекомендации;
 - на рис. 4а, 4б и 4с Рекомендации 370 следует выбрать подходящие кривые, относящиеся соответственно к суше, холодным морям и теплым морям, и, следовательно, эквивалентные зонам, указанным в § 3.2.3 Отчета 569;
 - из-за недостаточного объема данных, имеющихся в настоящее время, не представляется возможным предложить метод для прогнозирования распространения мешающих сигналов для менее чем 1% времени;
3. чтобы для определения помех, создаваемых службами связи пункт – зона на частотах между 30 МГц и 1 ГГц, администрации использовали подходящие методы прогнозирования распространения радиоволн, приведенные в Рекомендациях 370, 528 и 529.

* Данную Рекомендацию следует довести до сведения 1, 2, 4, 7, 8, 9, 10-й и 11-й Исследовательских Комиссий.

РЕКОМЕНДАЦИЯ 619*

**ДАННЫЕ О РАСПРОСТРАНЕНИИ РАДИОВОЛН, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ПОМЕХ МЕЖДУ СТАНЦИЯМИ, НАХОДЯЩИМИСЯ В КОСМОСЕ
И НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ**

(1986)

МККР,

УЧИТЫВАЯ,

- (a) что для правильного определения помех между станциями, находящимися в космосе и на поверхности Земли, необходимо иметь соответствующие данные о распространении радиоволн, которые основаны на действии как топографических, так и атмосферных факторов;
- (b) что имеющиеся на настоящее время данные не позволяют разработать надежные методы прогнозирования, которые обеспечивали бы достаточную точность во всех районах мира;
- (c) что тем не менее существует ряд методов, обеспечивающих достаточную точность по крайней мере в некоторых районах,

ЕДИНОДУШНО РЕКОМЕНДУЕТ,

чтобы для определения помех между станциями, находящимися в космосе и на поверхности Земли, администрации временно использовали методы расчетов распространения радиоволн, приведенные в Отчете 885.

* Данную Рекомендацию следует довести до сведения 1, 2, 4, 7, 8, 9, 10-й и 11-й Исследовательских Комиссий.

РЕКОМЕНДАЦИЯ 620*

ДАННЫЕ О РАСПРОСТРАНЕНИИ РАДИОВОЛН, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА
КООРДИНАЦИОННЫХ РАССТОЯНИЙ

(1986)

МККР,

УЧИТЫВАЯ,

- (a) положения Резолюции № 60 Всемирной административной радиоконференции, Женева, 1979 г.;
- (b) что координационная зона представляет собой зону вокруг земной станции, определяемую таким образом, чтобы можно было пренебречь любой помехой между рассматриваемой земной станцией и наземными станциями вне этой зоны;
- (c) что определение координационной зоны должно основываться на самых последних существующих данных о распространении радиоволн и что методы прогнозирования величины ослабления на трассе прохождения мешающего сигнала должны быть совместимы с методами определения соответствующей координационной зоны,

ЕДИНОДУШНО РЕКОМЕНДУЕТ,

чтобы для определения координационной зоны на частотах между 1 и 40 ГГц администрации временно использовали методы расчета распространения радиоволн, приведенные в Отчете 724, для внутреннего (то есть немеждународного) планирования.

* Данную Рекомендацию следует довести до сведения 1, 2, 4, 7, 8, 9, 10-й и 11-й Исследовательских Комиссий.

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

РЕЗОЛЮЦИИ

РЕЗОЛЮЦИЯ 72-2

СПРАВОЧНИК ПО КРИВЫМ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗЕМНОЙ ВОЛНЫ

(1982—1986—1990)

МККР,

УЧИТЫВАЯ,

- (a) что все еще существует потребность в получении кривых распространения земной волны на частотах выше 10 МГц, в частности для различных высот антенн и поляризаций;
- (b) что в настоящее время имеется компьютерная программа GRWAVE для обработки кривых, приведенных в Справочнике по кривым распространения земной волны, с целью вычисления профилей рефракции МККР, описанных в Рекомендации 369;
- (c) что приобретение и рассылка компьютерных программ является обычной практикой для Секретариата МККР,

ЕДИНОДУШНО РЕШАЕТ,

что необходимо просить Директора МККР:

1. рассчитать и опубликовать кривые распространения земной волны с использованием программы GRWAVE для частот, высот оконечных станций, профиля распределения индекса рефракции и параметров земли, указанных 5-й Исследовательской Комиссией;
 2. предоставлять компьютерную программу GRWAVE администрациям-членам и другим администрациям по их просьбе;
 3. провести, по усмотрению 5-й Исследовательской Комиссии, необходимые сравнения с другими существующими программами.
-

РЕЗОЛЮЦИЯ 73-1

МИРОВОЙ АТЛАС ПРОВОДИМОСТИ ПОЧВЫ

(1982–1990)

МККР,

УЧИТЫВАЯ,

потребности администраций в соответствующих картах проводимости почвы для планирования всех видов радиосвязи, включая навигационные службы, в диапазонах СНЧ, НЧ и СЧ,

ЕДИНОДУШНО ПОСТАНОВЛЯЕТ

1. что Директор МККР должен продолжать работу по дальнейшей разработке Мирового атласа эффективных значений проводимости почвы, используя при этом самую новейшую информацию по мере ее появления;
2. что Атлас, входящий в состав Отчета 717, должен, как и прежде, издаваться отдельно,

И ПРОСИТ АДМИНИСТРАЦИИ

представлять информацию в виде соответствующих карт, а также, если необходимо, корректировать уже имеющуюся информацию (см. Отчет 717); во всех таких случаях должна указываться соответствующая частота. В частности, срочно необходимы данные для стран, не представленных в Атласе.

РЕЗОЛЮЦИЯ 79

**ИССЛЕДОВАНИЯ ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ РАДИОВОЛН
В ТРОПИЧЕСКИХ РАЙОНАХ**

(1982)

Данная Резолюция публикуется в томе XIV-1.
