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.

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

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.

© International Telecommunication Union

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

МККТТ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
КОНСУЛЬТАТИВНЫЙ КОМИТЕТ
ПО ТЕЛЕГРАФИИ И ТЕЛЕФОНИИ

СИНЯЯ КНИГА

ТОМ V

КАЧЕСТВО ТЕЛЕФОННОЙ ПЕРЕДАЧИ

РЕКОМЕНДАЦИИ СЕРИИ Р

IX ПЛЕНАРНАЯ АССАМБЛЕЯ
МЕЛЬБУРН, 14 – 25 НОЯБРЯ 1988 ГОДА

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

МККТТ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
КОНСУЛЬТАТИВНЫЙ КОМИТЕТ
ПО ТЕЛЕГРАФИИ И ТЕЛЕФОНИИ

СИНЯЯ КНИГА

ТОМ V

КАЧЕСТВО ТЕЛЕФОННОЙ ПЕРЕДАЧИ

РЕКОМЕНДАЦИИ СЕРИИ P

IX ПЛЕНАРНАЯ АССАМБЛЕЯ
МЕЛЬБУРН, 14 – 25 НОЯБРЯ 1988 ГОДА

ISBN 92-61-03444-6

ARCHIVES
U.I.T.
GENÈVE

© ITU

СОДЕРЖАНИЕ КНИГИ МККТТ, ДЕЙСТВУЮЩЕЙ ПОСЛЕ IX ПЛЕНАРНОЙ АССАМБЛЕИ (1988 г.)

СИНЯЯ КНИГА

Том I

ВЫПУСК I.1 – Протоколы и отчеты Пленарной Ассамблеи.
Перечень исследовательских комиссий и изучаемых вопросов.

ВЫПУСК I.2 – Пожелания и резолюции.
Рекомендации по организации и процедурам работы МККТТ (серия А).

ВЫПУСК I.3 – Термины и определения. Аббревиатуры и сокращения.
Рекомендации по средствам выражения (серия В) и общей статистике электросвязи (серия С).

ВЫПУСК I.4 – Указатель Синей книги.

Том II

ВЫПУСК II.1 – Общие принципы тарификации – Таксация и расчеты в международных службах электросвязи. Рекомендации серии D (Исследовательская комиссия III).

ВЫПУСК II.2 – Телефонная служба и ЦСИС – Эксплуатация, нумерация, маршрутизация и подвижная служба. Рекомендации Е.100–Е.333 (Исследовательская комиссия II).

ВЫПУСК II.3 – Телефонная служба и ЦСИС – Качество обслуживания, управление сетью и расчет нагрузки. Рекомендации Е.401–Е.880 (Исследовательская комиссия II).

ВЫПУСК II.4 – Телеграфная и подвижная службы – Эксплуатация и качество обслуживания. Рекомендации F.1– F.140 (Исследовательская комиссия I).

ВЫПУСК II.5 – Телематические службы, службы передачи данных и конференц-связи – Эксплуатация и качество обслуживания. Рекомендации F.160– F.353, F.600, F.601, F.710– F.730 (Исследовательская комиссия I).

ВЫПУСК II.6 – Службы обработки сообщений и справочные службы – Эксплуатация и определение службы. Рекомендации F.400–F.422, F.500 (Исследовательская комиссия I).

Том III

ВЫПУСК III.1 – Общие характеристики международных телефонных соединений и каналов. Рекомендации G.101–G.181 (Исследовательские комиссии XII и XV).

ВЫПУСК III.2 – Международные аналоговые системы передачи. Рекомендации G.211–G.544 (Исследовательская комиссия XV).

ВЫПУСК III.3 – Среда передачи – Характеристики. Рекомендации G.601–G.654 (Исследовательская комиссия XV).

ВЫПУСК III.4 – Общие аспекты цифровых систем передачи; оконечное оборудование. Рекомендации G.700–G.772 (Исследовательские комиссии XV и XVIII).

ВЫПУСК III.5 – Цифровые сети, цифровые участки и цифровые линейные системы. Рекомендации G.801– G.956 (Исследовательские комиссии XV и XVIII).

ВЫПУСК III.6 – Передачи нетелефонных сигналов по линии. Передача сигналов звукового и телевизионного вещания. Рекомендации серий H и J (Исследовательская комиссия XV).

ВЫПУСК III.7 – Цифровая сеть с интеграцией служб (ЦСИС) – Общая структура и возможности служб. Рекомендации I.110–I.257 (Исследовательская комиссия XVIII).

ВЫПУСК III.8 – Цифровая сеть с интеграцией служб (ЦСИС) – Общесетевые аспекты и функции, стыки пользователь – сеть ЦСИС. Рекомендации I.310–I.470 (Исследовательская комиссия XVIII).

ВЫПУСК III.9 – Цифровая сеть с интеграцией служб (ЦСИС) – Межсетевые стыки и принципы технической эксплуатации. Рекомендации I.500–I.605 (Исследовательская комиссия XVIII).

Том IV

ВЫПУСК IV.1 – Общие принципы технической эксплуатации; техническая эксплуатация международных систем передачи и международных телефонных каналов. Рекомендации M.10–M.782 (Исследовательская комиссия IV).

ВЫПУСК IV.2 – Техническая эксплуатация международных телеграфных, фототелеграфных и арендованных каналов. Техническая эксплуатация международной телефонной сети общего пользования. Техническая эксплуатация морских спутниковых систем и систем передачи данных. Рекомендации M.800–M.1375 (Исследовательская комиссия IV).

ВЫПУСК IV.3 – Техническая эксплуатация международных каналов звукового и телевизионного вещания. Рекомендации серии N (Исследовательская комиссия IV).

ВЫПУСК IV.4 – Требования к измерительному оборудованию. Рекомендации серии O (Исследовательская комиссия IV).

Том V – Качество телефонной передачи. Рекомендации серии P (Исследовательская комиссия XII).

Том VI

ВЫПУСК VI.1 – Общие Рекомендации по телефонной коммутации и сигнализации. Функции и информационные потоки для служб в ЦСИС. Дополнения. Рекомендации Q.1–Q.118 *bis* (Исследовательская комиссия XI).

ВЫПУСК VI.2 – Требования к системам сигнализации № 4 и № 5. Рекомендации Q.120–Q.180 (Исследовательская комиссия XI).

ВЫПУСК VI.3 – Требования к системе сигнализации № 6. Рекомендации Q.251–Q.300 (Исследовательская комиссия XI).

ВЫПУСК VI.4 – Требования к системам сигнализации R1 и R2. Рекомендации Q.310–Q.490 (Исследовательская комиссия XI).

ВЫПУСК VI.5 – Цифровые местные, транзитные, комбинированные и международные станции в интегральных цифровых сетях и смешанных аналого-цифровых сетях. Дополнения. Рекомендации Q.500–Q.554 (Исследовательская комиссия XI).

ВЫПУСК VI.6 – Взаимодействие систем сигнализации. Рекомендации Q.601–Q.699 (Исследовательская комиссия XI).

ВЫПУСК VI.7 – Требования к системе сигнализации № 7. Рекомендации Q.700–Q.716 (Исследовательская комиссия XI).

ВЫПУСК VI.8 – Требования к системе сигнализации № 7. Рекомендации Q.721–Q.766 (Исследовательская комиссия XI).

ВЫПУСК VI.9 – Требования к системе сигнализации № 7. Рекомендации Q.771–Q.795 (Исследовательская комиссия XI).

ВЫПУСК VI.10 – Цифровая абонентская система сигнализации № 1 (ЦАС 1), уровень звена данных. Рекомендации Q.920 и Q.921 (Исследовательская комиссия XI).

ВЫПУСК VI.11 – Цифровая абонентская система сигнализации № 1 (ЦАС 1), сетевой уровень, управление пользователь–сеть. Рекомендации Q.930–Q.940 (Исследовательская комиссия XI).

ВЫПУСК VI.12 – Сухопутная сеть общего пользования. Взаимодействие с ЦСИС и коммутируемой телефонной сетью общего пользования. Рекомендации Q.1000–Q.1032 (Исследовательская комиссия XI).

ВЫПУСК VI.13 – Сухопутная подвижная сеть общего пользования. Подсистема подвижного применения и стыки. Рекомендации Q.1051–Q.1063 (Исследовательская комиссия XI).

ВЫПУСК VI.14 – Взаимодействие со спутниковыми подвижными системами. Рекомендации Q.1100–Q.1152 (Исследовательская комиссия XI).

Том VII

ВЫПУСК VII.1 – Телеграфная передача. Рекомендации серии R. Оконечное оборудование телеграфных служб. Рекомендации серии S (Исследовательская комиссия IX).

ВЫПУСК VII.2 – Телеграфная коммутация. Рекомендации серии U (Исследовательская комиссия IX).

ВЫПУСК VII.3 – Оконечное оборудование и протоколы для телематических служб. Рекомендации T.0–T.63 (Исследовательская комиссия VIII).

ВЫПУСК VII.4 – Процедуры испытания на соответствие Рекомендациям по службе телетекст. Рекомендация T.64 (Исследовательская комиссия VIII).

ВЫПУСК VII.5 – Оконечное оборудование и протоколы для телематических служб. Рекомендации T.65–T.101, T.150–T.390 (Исследовательская комиссия VIII).

ВЫПУСК VII.6 – Оконечное оборудование и протоколы для телематических служб. Рекомендации T.400–T.418 (Исследовательская комиссия VIII).

ВЫПУСК VII.7 – Оконечное оборудование и протоколы для телематических служб. Рекомендации T.431–T.564 (Исследовательская комиссия VIII).

Том VIII

ВЫПУСК VIII.1 – Передача данных по телефонной сети. Рекомендации серии V (Исследовательская комиссия XVII).

ВЫПУСК VIII.2 – Сети передачи данных: службы и услуги, стыки. Рекомендации X.1–X.32 (Исследовательская комиссия VII).

ВЫПУСК VIII.3 – Сети передачи данных: передача, сигнализация и коммутация, сетевые аспекты, техническая эксплуатация и административные положения. Рекомендации X.40–X.181 (Исследовательская комиссия VII).

ВЫПУСК VIII.4 – Сети передачи данных: взаимосвязь открытых систем (ВОС) – Модель и система обозначений, определение служб. Рекомендации X.200–X.219 (Исследовательская комиссия VII).

ВЫПУСК VIII.5 – Сети передачи данных: взаимосвязь открытых систем (ВОС) – Требования к протоколам, аттестационные испытания. Рекомендации X.220–X.290 (Исследовательская комиссия VII).

ВЫПУСК VIII.6 – Сети передачи данных: взаимодействие между сетями, подвижные системы передачи данных, межсетевое управление. Рекомендации X.300–X.370 (Исследовательская комиссия VII).

ВЫПУСК VIII.7 – Сети передачи данных: системы обработки сообщений. Рекомендации X.400–X.420 (Исследовательская комиссия VII).

ВЫПУСК VIII.8 – Сети передачи данных: справочная служба. Рекомендации X.500–X.521 (Исследовательская комиссия VII).

Том IX – Защита от мешающих влияний. Рекомендации серии K (Исследовательская комиссия V). Конструкция, прокладка и защита кабелей и других элементов линейных сооружений. Рекомендации серии L (Исследовательская комиссия VI).

Том X

ВЫПУСК X.1 – Язык функциональных спецификаций и описания (SDL). Критерии применения формальных методов описания (FDT). Рекомендация Z.100 и приложения A, B, C и E. Рекомендация Z.110 (Исследовательская комиссия X).

ВЫПУСК X.2 – Приложение D к Рекомендации Z.100: Руководство для пользователей языка SDL (Исследовательская комиссия X).

ВЫПУСК X.3 – Приложение F.1 к Рекомендации Z.100: Формальное определение языка SDL. Введение (Исследовательская комиссия X).

ВЫПУСК X.4 – Приложение F.2 к Рекомендации Z.100: Формальное определение языка SDL. Статическая семантика (Исследовательская комиссия X).

ВЫПУСК X.5 – Приложение F.3 к Рекомендации Z.100: Формальное определение языка SDL. Динамическая семантика (Исследовательская комиссия X).

ВЫПУСК X.6 – Язык МККТТ высокого уровня (CHILL). Рекомендация Z.200 (Исследовательская комиссия X).

ВЫПУСК X.7 – Язык взаимодействия "человек – машина" (MML). Рекомендации Z.301–Z.341 (Исследовательская комиссия X).

СОДЕРЖАНИЕ ТОМА V СИНЕЙ КНИГИ

Часть I – Рекомендации серии P

Качество телефонной передачи

Рек. №		Стр.
РАЗДЕЛ 1 –	*Термины и влияние параметров передачи на мнение абонента о качестве передачи и их оценка*	
P.10	Термины, относящиеся к качеству телефонной передачи и телефонным аппаратам	3
P.11	Влияние ухудшений передачи	14
P.16	Субъективное влияние прямого переходного разговора; пороги слышимости и разборчивости	44
РАЗДЕЛ 2 –	*Абонентские линии и телефонные аппараты*	
P.30	Качественные показатели передачи групповых аудиотерминалов (GAT)	51
P.31	Характеристики передачи цифровых телефонных аппаратов	55
P.32	Оценка эффективности телефонных будок и акустических кожухов	57
P.33	Абонентские телефонные аппараты, снабженные громкоговорящими приемниками или микрофонами с усилителями	63
P.34	Характеристики передачи телефонных аппаратов без микротелефонной трубки	64
P.35	Телефонные аппараты с микротелефонной трубкой	71
P.36	Эффективность устройств защиты от избыточного звукового давления, создаваемого телефонными приемниками	73
P.37	Напряженность магнитного поля вокруг раковины микротелефонной трубки, обеспечивающая связь со слуховыми аппаратами для тугоухих	75
P.38	Характеристики передачи телефонной системы телефонисток (OTS)	78
РАЗДЕЛ 3 –	*Нормы передачи*	
P.48	Техническое описание промежуточной эталонной системы	81

Рек. № Стр.

РАЗДЕЛ 4 – *Приборы для объективных измерений*

Р.50	Искусственный голос	87
Р.51	Искусственное ухо и искусственный рот	99
Р.52	Волюметры	107
Р.53	Псофометры (приборы для объективного измерения шумов каналов)	109
Р.54	Шумомеры (приборы для объективного измерения шумов помещения)	109
Р.55	Приборы для измерения импульсных шумов	109
Р.56	Объективные измерения уровня активной речи	110

РАЗДЕЛ 5 – *Объективные электроакустические измерения*

Р.61	Методы калибровки конденсаторных микрофонов	123
Р.62	Измерения абонентских телефонных устройств	124
Р.63	Методы оценки качества передачи на основе объективных измерений	125
Р.64	Определение частотных характеристик чувствительности местных телефонных систем для расчета показателей громкости	126
Р.65	Приборы для объективного определения показателей громкости	135
Р.66	Методы оценки качества передачи цифровых телефонных аппаратов	139

РАЗДЕЛ 6 – *Измерения громкости речи*

Р.75	Стандартный метод предварительной подготовки угольных микрофонов	147
Р.76	Определение показателей громкости; основные принципы	148
Р.78	Субъективный метод испытаний для определения показателей громкости в соответствии с Рекомендацией Р.76	159
Р.79	Расчет показателей громкости	176

РАЗДЕЛ 7 – *Субъективные испытания методом мнений*

Р.80	Методы субъективного определения качества передачи	197
Р.81	Эталонный блок модулированного шума (MNRU)	198
Р.82	Метод оценки службы в аспекте качества передачи речи	203
Р.84	Метод субъективной оценки прослушиванием аппаратуры размножения цифровых каналов и систем пакетирования речи	208

№ Дополнения		Стр.
Дополнение № 1	Указания по монтажу, настройке и технической эксплуатации IRS	237
Дополнение № 2	Методы, применяемые для оценки качества телефонной передачи	237
Дополнение № 3	Модели прогнозирования качества передачи на основе объективных измерений	248
Дополнение № 10	Замечания, касающиеся характеристик передачи аналоговых телефонных аппаратов с микротелефонными трубками	330
Дополнение № 11	Некоторые случаи влияния местного эффекта	334
Дополнение № 13	Спектры шума	337
Дополнение № 14	Субъективная оценка качества цифровых процессов с помощью эталонного устройства модулированного шума (MNRU)	341
Дополнение № 15	Эталонное устройство широкополосного (7 кГц) модулированного шума (MNRU) с формированием шума	361
Дополнение № 16	Указания по размещению микрофонов и громкоговорителей в помещениях для телефонной конференц-связи и групповых аудиотерминалов (GAT)	363
Дополнение № 17	Непосредственное уравнивание громкости относительно Промежуточной эталонной системы (IRS) для субъективного определения показателей громкости	367
Дополнение № 18	Сравнение показателей речевых сигналов, полученных при измерениях приборами, отвечающими требованиям Рекомендаций Р.52 и Р.56	370
Дополнение № 19	Сведения по некоторым показателям, относящимся к потерям громкости	374

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

1 Настоящий том полностью заменяет том V *Красной книги* МККТТ (Женева, 1985 г.).

2 Единицы, используемые в настоящем томе, соответствуют Рекомендациям В.3 и В.4 МККТТ (Том I *Синей книги*).

Приводимые ниже сокращения, используемые, в частности, на рисунках и в таблицах, во всех случаях имеют следующее значение:

дБм абсолютный уровень мощности в децибелах;

дБм0 абсолютный уровень мощности, выраженный в децибелах и отнесенный к точке нулевого относительного уровня;

дБо относительный уровень мощности в децибелах;

дБм0п абсолютный уровень псофометрической мощности, выраженный в децибелах и отнесенный к точке нулевого относительного уровня.

Единицы воздушного давления связаны следующим образом:

1 Па (паскаль) = 1 N (ньютон)/м^2 = 10 дин/см^2 = 10 барий = 10 мкбар.

3 В настоящем томе термин "Администрация" используется для краткого обозначения как Администрации связи, так и признанной частной эксплуатационной организации.

4 Замечания, касающиеся некоторых Рекомендаций:

A. В документах МККТТ термин "показатель громкости" ("ПГ") всегда соответствует конкретному определению МККТТ. Однако в технической литературе и в некоторых национальных технических описаниях термин "показатель громкости" иногда используется как общее понятие, а иногда как непосредственное обозначение систем показателя громкости, отличающихся от систем, определенных МККТТ. Поэтому, если значения ПГ МККТТ приводятся в другом контексте, не относящемся к документам МККТТ, следует проявлять осторожность, чтобы избежать путаницы. Например, вводное замечание может быть таким: "Все обозначения показателя громкости соответствуют определениям МККТТ". В других случаях после значения ПГ можно добавить "(МККТТ)". Например:

OLR = 10 дБ (МККТТ).

B. В деятельности МККТТ отражаются как новые технические разработки, так и опыт, полученный при эксплуатации существующих систем связи. Следовательно, новые Рекомендации разрабатываются, а старые обновляются, иногда в весьма сжатые сроки, с тем чтобы служить руководством для Администраций и изготовителей. Некоторые административные органы, отвечающие за соблюдение национальных и/или региональных технических требований по связи, опираются на МККТТ, используя в своих нормативных документах конкретные ссылки на определенные Рекомендации МККТТ.

Во избежание путаницы и осложнений нетехнического характера такие ссылки на Рекомендации МККТТ должны всегда приводиться вместе со ссылкой на выпуск книги МККТТ, в которой опубликованы эти Рекомендации. Например: "Рек. Р.79 МККТТ (Синяя книга)".

C. Следует заметить, что Дополнения публикуются только для информации. Дополнения *не* имеют статуса согласованных Рекомендаций.

ЧАСТЬ I

Рекомендации серии P

КАЧЕСТВО ТЕЛЕФОННОЙ ПЕРЕДАЧИ

ARCHIVES
U.I.T.
GENÈVE

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

РАЗДЕЛ 1

ТЕРМИНЫ И ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕДАЧИ НА МНЕНИЕ АБОНЕНТА О КАЧЕСТВЕ ПЕРЕДАЧИ И ИХ ОЦЕНКА

Рекомендация Р. 10

ТЕРМИНЫ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К КАЧЕСТВУ ТЕЛЕФОННОЙ ПЕРЕДАЧИ И ТЕЛЕФОННЫМ АППАРАТАМ

(Женева, 1980 г.; изменена в Малаге-Торремолиносе, 1984 г., и Мельбурне, 1988 г.)

1 Введение

Настоящая Рекомендация содержит необходимые для работы Исследовательской комиссии XII термины и определения, которые были обсуждены Группой экспертов N Смешанной координационной комиссии МККТТ/МККР и МЭК.

Термины, включенные в Международный электротехнический словарь (МЭС) (глава 722), имеют свои номера МЭС, приведенные здесь для справки. Термины МККТТ классифицированы таким же образом, как и в МЭС.

2 Термины и определения

02. *Компоненты телефонных аппаратов*

02.01 **Y-коэффициент**

англ.: *Y-ratio*
исп.: *relación Y*
фр.: *rapport Y*

Отношение коэффициентов передачи цепей пассивного *телефонного аппарата* на передаче и приеме.

04. *Типы телефонных аппаратов*

04.01 **телефонный аппарат**

англ.: *telephone set; telephone instrument*
исп. *aparato telefónico; teléfono*
фр.: *poste téléphonique; appareil téléphonique; téléphone*

Совокупность устройств для *телефонной связи,* включающая по крайней мере *телефонный передатчик, телефонный приемник,* провода и компоненты, непосредственно связанные с этими приемопередатчиками.

Примечание. – Обычно телефонный аппарат включает такие компоненты, как *рычажный переключатель,* встроенный *телефонный звонок* и *номеронабиратель.*

722.04.01

04.02 **телефонная установка**

англ.: *telephone station*
исп.: *estación telefónica*
фр.: *poste téléphonique (installé)*

Телефонный аппарат вместе с проводкой и вспомогательным оборудованием, включенным в *телефонную сеть* для целей *телефонной связи.*

Примечание. – Вспомогательное оборудование может включать, например, внешний *индикатор вызова,* защиту, *местную батарею.*

722.04.02

04.03 **громкоговорящий (телефонный) аппарат**

англ.: *loudspeaking (telephone) set*
исп.: *aparato telefónico con altavoz; teléfono de altavoz*
фр.: *poste (téléphonique) à écoute (ou réception) amplifiée sur haut-parleur*

Телефонный аппарат, использующий в качестве *телефонного приемника громкоговоритель* с усилителем.

722.04.10

04.04 **(телефонный) аппарат без микротелефонной трубки**

англ.: *hands free (telephone) set*
исп.: *aparato telefónico manos libres; teléfono manos libres*
фр.: *poste (téléphonique) mains-libres*

Телефонный аппарат, который использует в качестве приемника громкоговоритель с усилителем и который может использоваться без микротелефонной трубки.

722.04.11

04.05 **оконечное устройство коллективного пользования**

англ.: *group-audio terminals*
исп.: *terminal audio de groupo*
фр.: *terminal audio de communication de groupe*

Громкоговорящий телефон, предназначенный в основном для использования несколькими пользователями.

05. *Вспомогательное оборудование телефонных аппаратов*

05.01 **устройство подавления акустических ударов (в телефонной связи)**

англ.: *acoustic shock suppressor (in telephony)*
исп.: *supresor de choques acústicos; antichoque (en telefonía)*
фр.: *anti-choc (en téléphonie)*

Устройство в *телефонной установке,* предназначенное для предотвращения *акустических ударов* путем ограничения абсолютной величины мгновенного электрического напряжения, которое может быть приложено к *телефонному аппарату.*

722.05.07

13. *Частные телефонные системы*

13.01 **частная (телефонная) станция**

англ.: *private (telephone) installation*
исп.: *instalación telefónica privada*
фр.: *installation (téléphonique) intérieure*

Телефонная сеть, расположенная в помещении одного абонента или учреждения.

Примечание. – По соглашению частные станции могут содержать *несколько телефонных аппаратов,* подключенных к одной *абонентской линии.*

722.13.01

21. *Описание телефонных вызовов*

21.01 попытка вызова (пользователем)

англ.: *call attempt (by a user)*
исп.: *(tentativa de) llamada (por un usuario)*
фр.: *(tentative d') appel (par un usager)*

Последовательность операций, выполняемых абонентом сети электросвязи при попытке соединения с требуемым абонентом или службой.

Связанный термин: *вызывать*

722.21.01; идентичен 701.03.04

21.02 соединение

англ.: *connection*
исп.: *cadena de conexión; conexión*
фр.: *chaîne de connexion*

Временное объединение каналов передачи или каналов связи, коммутационных и других функциональных устройств, установленное для обеспечения передачи информации между двумя и более пунктами сети электросвязи.

722.21.02; идентичен 701.03.01

21.03 (полное) соединение

англ.: *(complete) connection*
исп.: *cadena de conexión completa; conexión completa*
фр.: *chaîne de connexion complète; (chemin de) communication*

Соединение абонентских оконечных устройств.

722.21.03; идентичен 701.03.02

21.04 вызов

англ.: *call*
исп.: *comunicación*
фр.: *communication*

Установление и использование *полного соединения* после *попытки вызова.*

722.21.04; идентичен 701.03.05

31. *Местные сети абонентских линий*

31.01 местная сеть абонентских линий

англ.: *local line network*
исп.: *red local de líneas (telefónicas)*
фр.: *réseau local de lignes (téléphoniques)*

Все *абонентские телефонные линии* и вспомогательное оборудование, обеспечивающие подключение *абонентов* к *местной телефонной станции.*

722.31.01

31.02 абонентская (телефонная) линия

англ.: *subscriber's (telephone) line; subscriber loop (in telephony)*
исп.: *línea (telefónica) de abonado; bucle de abonado (en telefonía)*
фр.: *ligne (téléphonique) d'abonné; ligne (de) réseau*

Линия между *телефонной станцией* общего пользования и *телефоном абонента* или *ведомственной телефонной установкой*, или другим оконечным устройством, использующим сигналы, совместимые с этой *телефонной сетью.*

Примечание. – Во французском языке термин "ligne de réseau" используется в том случае, если ведомственная телефонная установка является *ведомственной телефонной станцией* или *системой внутренней телефонной связи.*

722.31.02

31.03 **местная (телефонная) система**

англ.: *local (telephone) system; local (telephone) circuit*
исп.: *sistema (telefónico) local*
фр.: *système (téléphonique) local; circuit (téléphonique) local*

Комбинация *абонентского аппарата, абонентской линии* и *питающего моста,* если последний имеется.

Примечание 1. – Этот термин применяется в контексте планирования и *качества передачи.*

Примечание 2. – В документах МККТТ на английском языке предпочтительнее использовать термин "local (telephone) system".

722.42.16

31.04 **абонентская система (в планировании передачи)**

англ.: *subscriber system (in transmission planning)*
исп.: *sistema de abonado*
фр.: *système d'abonné*

Абонентская линия, связанная с частью *ведомственной телефонной установки,* которая подключается к этой линии в процессе телефонного *разговора.*

Примечание. – Этот термин используется в контексте планирования и *качества передачи.*

722.42.17

32. *Использование телефонного аппарата*

32.01 **акустический кожух**

англ.: *acoustic hood*
исп.: *cabina asústica; burbuja acústica*
фр.: *abri téléphonique; abriphone*

Кожух, покрытый звукопоглощающим материалом, для улучшения пользования *телефонным аппаратом* за счет ослабления акустического *шума окружающей среды.*

722.32.03

32.02 **телефонная будка**

англ.: *telephone booth*
исп.: *cabina telefónica cerrada*
фр.: *cabine téléphonique*

Небольшая кабина с *телефонным аппаратом,* обеспечивающая пользователю звукоизоляцию и уединенность.

722.32.04

32.03 **открытая телефонная кабина**

англ.: *telephone stall*
исп.: *cabina telefónica abierta*
фр.: *cabine téléphonique ouverte*

Телефонная будка без двери.

722.32.05

41. *Качество передачи*

41.01 **акустический удар (в телефонной связи)**

англ.: *acoustic shock (in telephony)*
исп.: *choque acústico (en telefonía)*
фр.: *choc acoustique (en téléphonie)*

Любое временное или постоянное нарушение функции слуха или нервной системы, которое может возникнуть у пользователя *телефонного аппарата* в результате внезапного резкого увеличения акустического давления, создаваемого этим аппаратом.

Примечание. – Как правило, акустический удар возникает вследствие кратковременного высокого напряжения на зажимах *телефонного аппарата.*

722.41.20

41.02 **оценка мнений (в телефонной связи)**

англ.: *opinion score (in telephony)*
исп.: *nota de opinión (en telefonía)*
фр.: *note d'opinion (en téléphonie)*

Величина по условной шкале, которую приписывает оператор своему мнению о качестве работы системы телефонной связи, используемой для разговора либо только для прослушивания разговорного материала.

Примечание. – В соответствии с МЭС шкала состоит из пяти градаций, например: отличное, хорошее, удовлетворительное, плохое, неудовлетворительное качество. Этот пример не соответствует практике МККТТ (см. Примечания 2 и 3 к Рекомендации Р. 82).

722.41.24

42. *Измерительные приборы*

42.01 **акустическая камера (в телефонометрии)**

англ.: *acoustic coupler (in telephonometry)*
исп.: *acoplador acústico (en telefonometría)*
фр.: *coupleur acoustique (en téléphonométrie)*

Полый резонатор определенной формы и объема, предназначенный для проверки *телефонов* и *телефонных передатчиков*, с калиброванным микрофоном для измерения давления, создаваемого внутри этого резонатора.

722.42.12

42.02 **искусственное ухо**

англ.: *artificial ear*
исп.: *oído artificial*
фр.: *oreille artificielle*

Устройство для калибровки телефонов, содержащее *акустическую камеру* и калиброванный микрофон для измерения звукового давления и имеющее полное акустическое сопротивление, эквивалентное сопротивлению усредненного человеческого уха в заданной полосе частот.

722.42.13

42.03 **искусственный рот**

англ.: *artificial mouth*
исп.: *boca artificial*
фр.: *bouche artificielle*

Устройство, содержащее *громкоговоритель*, смонтированный в корпусе, и имеющее диаграмму направленности излучения, аналогичную диаграмме направленности излучения усредненного рта человека.

722.42.14

42.04 **искусственный голос**

англ.: *artificial voice*
исп.: *voz artificial*
фр.: *voix artificielle*

Математически определенный сигнал, который воспроизводит характеристики речи человека, необходимые для оценки параметров линейных и нелинейных систем электросвязи. Он предназначен для получения удовлетворительной корреляции между объективными измерениями и испытаниями с использованием реальной речи.

42.05 **искусственный голос**

англ.: *artificial voice*
исп.: *voz artificial*
фр.: *voix artificielle*

Сложный звук, излучаемый обычно искусственным ртом, спектр которого соответствует энергетическому спектру звуков усредненного голоса человека.

722.42.15

42.06 **электрический искусственный голос**

англ.: *electrical artificial voice*
исп.: *voz artificial eléctrica*
фр.: *voix artificielle électrique*

Искусственный голос, который воспроизводится в виде электрического сигнала для проверки каналов передачи или других электрических устройств.

42.07 **акустический искусственный голос**

англ.: *acoustic artificial voice*
исп.: *voz artificial acústica*
фр.: *voix artificielle acoustique*

Акустический сигнал в эталонной точке искусственного рта (MRP). Он имеет те же временные и спектральные характеристики, что и электрический искусственный голос.

42.08 **сигнал возбуждения искусственного рта**

англ.: *artificial mouth excitation signal*
исп.: *señal de excitación de la boca artificial*
фр.: *signal d'excitation de la bouche artificielle*

Сигнал, прилагаемый к искусственному рту для создания акустического искусственного голоса. Он создается путем коррекции электрического искусственного голоса для компенсации искажений частотной характеристики чувствительности рта.

42.09 **модель головы и торса (HATS)**

англ.: *head and torso simulator (HATS)*
исп.: *simulador de cabera y tronco (SCT)*
фр.: *simulateur de tête et de torse (STET)*

Манекен от макушки головы до талии, используемый для имитации акустической дифракции, создаваемой усредненным взрослым человеком, и воспроизведения акустического поля, создаваемого ртом человека.

43. *Телефонометрия*

43.01 **эквивалент затухания**

англ.: *reference equivalent*
исп.: *equivalente de referencia*
фр.: *équivalent de référence*

Частотно-независимое затухание, выраженное в децибелах, которое должно быть внесено в новую *фундаментальную систему для определения эквивалентов затухания* (NOSFER), чтобы получить в заданном направлении ту же *громкость*, что и в рассматриваемом *полном телефонном соединении;* при этом *акустическая мощность речи,* излучаемая говорящим, одинакова в обоих случаях.

Примечание 1. – Эквивалент затухания может быть положительным или отрицательным в зависимости от необходимости увеличить или уменьшить затухание в NOSFER.

Примечание 2. – Эквивалент затухания измеряется методом, описанным в Рекомендации P. 72 (*Красная книга).*

722.43.14

43.02 **скорректированные эквиваленты затухания**

англ.: *corrected reference equivalents*
исп.: *equivalentes de referencia corregidos (ERC)*
фр.: *équivalents de référence corrigés (ERC)*

Величины *эквивалента затухания* передачи и приема, преобразованные определенным нелинейным преобразованием в соответствующие значения, которые суммируются.

Примечание. – Преобразование выполняется, чтобы избежать некоторых трудностей в применении эквивалента затухания. Оно определено в Приложении C к Рекомендации G. 111.

722.43.17

43.03 **показатель громкости**

англ.: *loudness rating*
исп.: *indice de sonoridad*
фр.: *équivalent pour la sonie*

Величина, выраженная в децибелах, характеризующая *громкость полного телефонного соединения* или его частей, таких, как *передающая часть, полное соединение, приемная часть.*

Примечание. – (добавленное МККТТ) – Это определение является весьма общим и соответствует термину "потери громкости" в текстах МККТТ; в этих текстах термин "показатель громкости" должен относиться лишь к измерениям, проводимым в соответствии с Рекомендацией Р. 76, и имеет аббревиатуру ПГ.

722.43.25

43.04 **эквивалент R25**

англ.: *R25 equivalent*
исп.: *equivalente R25*
фр.: *équivalent R25*

Потери громкости, определяемые как *эквивалент затухания,* измеренный в соответствии с Рекомендацией Р. 72 *(Красная книга)* относительно системы NOSFER при постоянном затухании в ее тракте, равном 25 дБ, то есть при неизменной громкости в тракте эталонной системы.

43.05 **эквивалент планирования**

англ.: *planning equivalent*
исп.: *equivalente de planificación*
фр.: *équivalent de planification*

Результат измерений, проведенных объективным измерительным прибором, который можно считать равным *эквиваленту R25* или *скорректированному эквиваленту затухания* с точностью, достаточной для целей планирования.

43.06 **уровень звукового давления (выше порога слышимости) в полосе частот**

англ.: *band sensation level*
исп.: *nivel de sensación en la banda*
фр.: *niveau de sensation dans la bande*

Выраженная в децибелах разность между мощностью звука в полосе частот и уровнем звукового давления в этой полосе частот, соответствующим порогу слышимости при отсутствии постороннего мешающего звука.

43.07 **эталонная плоскость раковины телефонной трубки**

англ.: *earcap reference plane*
исп.: *plano de referencia auricular*
фр.: *plan de référence écouteur*

Эта плоскость образуется контактными точками плоской поверхности раковины телефонной трубки.

43.08 **эталонная точка раковины телефонной трубки (ECRP)**

англ.: *earcap reference point (ECRP)*
исп.: *punto de referencia auricular (PRA)*
фр.: *point de référence écouteur (PRE)*

Точка на *эталонной плоскости телефонной трубки,* используемая как эталонный параметр.

43.09 **эталонная точка уха (ERP)**

англ.: *ear reference point (ERP)*
исп.: *punto de referencia oído (PRO)*
фр.: *point de référence oreille (PRO)*

Точка на входе слухового канала уха слушающего. (См. рис. А-1/Р. 64).

43.10 **потери на связь в телефонном аппарате (L_E)**

англ.: *earphone coupling loss (L_E)*
исп.: *pérdida de acoplamiento del auricular (L_E)*
фр.: *affaiblissement de couplage de l'écouteur (L_E)*

Эта величина определяется как разность между чувствительностью приемной части микротелефонной трубки (обычно как функция частоты) на искусственном ухе и чувствительностью приемной части этой же микротелефонной трубки на ухе человека.

43.11 Δ_{SM} **(DELSM)**

англ.: Δ_{SM} *(DELSM)*
исп.: Δ_{SM} *(DELSM)*
фр.: Δ_{SM} *(DELSM)*

Дельта $_{SM}$ – это разность между чувствительностью передающей части телефонного аппарата при использовании реального рта и речи, S_{MJ}, и чувствительностью передающей части телефонного аппарата при использовании источника рассеянного шума помещения $S_{MJ/RN}$, то есть:

$$\Delta_{SM} = S_{MJ/RN} - S_{MJ} \text{ дБ.}$$

(См. также Рекомендации Р. 11, Р. 64, Р. 79, Дополнение 11 и Справочник по телефонометрии.)

Примечание. – На практике в большинстве случаев Δ_{SM} можно аппроксимировать величиной Δ_{Sm}, которую легче определить.

43.12 Δ_{Sm} **(DELSm)**

англ.: Δ_{Sm} *(DELSm)*
исп.: Δ_{Sm} *(DELSm)*
фр.: Δ_{Sm} *(DELSm)*

Дельта $_{Sm}$ определяется разностью между чувствительностью передающей части телефонного аппарата при использовании искусственного рта S_{mJ} и чувствительностью передающей части телефонного аппарата при использовании источника рассеянного шума помещения $S_{mJ/RN}$, то есть:

$$\Delta_{SM} = S_{MJ/RN} - S_{mJ} \text{ дБ.}$$

(См. также Рекомендации Р.11, Р. 64, Р. 76, Р. 79, Дополнение 11 и Справочник по телефонометрии.)

43.13 **плоскость губ**

англ.: *lip plane*
исп.: *posición equivalente de los labios*
фр.: *position équivalente des lèvres*

Наружная поверхность губного кольца.

43.14 **губное кольцо**

англ.: *lip ring*
исп.: *anillo de labios*
фр.: *anneau de garde (pour les lèvres)*

Круглое кольцо из тонкого жесткого стержня, используемое для закрепления положения эквивалента губ искусственных ртов.

43.15 **направляющее кольцо**

англ.: *guard-ring*
исп.: *anillo de guarda*
фр.: *anneau de garde*

Круглое кольцо, помещаемое во время испытаний в корпус передатчика микротелефонной трубки для закрепления источника звука в заданном положении относительно микрофона.

43.16 **метровый воздушный тракт**

англ.: *metre air path*
исп.: *trayecto de un metro en el aire*
фр.: *trajet d'un mètre à l'air libre*

Измеренное эталонное значение затухания звукового давления в воздушном тракте длиной 1 м. В безэховой окружающей среде затухание звукового давления такого тракта равно примерно 30 дБ при измерении с MRP.

43.17 **модальное расстояние**

англ.: *modal distance*
исп.: *distancia modal*
фр.: *distance modale*

Расстояние между центром защитной решетки микрофона или передней части микротелефонной трубки, открытой для звука, и центром направляющего кольца.

43.18 **модальная линейка**

англ.: *modal gauge*
исп.: *calibre modal*
фр.: *jauge modale*

Шаблон, используемый для проверки положения направляющего кольца в микротелефонной трубке относительно эталонной плоскости раковины телефонной трубки.

43.19 **модальное положение**

англ.: *modal position*
исп.: *posición modal*
фр.: *position modale*

Определенное положение и наклон микротелефонной трубки относительно закрепленного источника звука.

43.20 **эталонная точка рта (MRP)**

англ.: *mouth reference point (MRP)*
исп.: *punto de referencia boca (PRB)*
фр.: *point de référence bouche (PRB)*

Точка оси искусственного рта на расстоянии 25 мм от губ рта обычного человека (или искусственного рта). (См. рис. A-1/P. 64).

43.21 **входное сопротивление линии, соответствующее нулевому местному эффекту (Z_{S0})**

англ.: *zero sidetone line impedance (Z_{S0})*
исп.: *impedancia de linea de efecto local nulo (Z_{S0})*
фр.: *impédance de ligne à effet local nul*

Входное сопротивление цепи, которое при подключении к зажимам телефонного аппарата уменьшает местный эффект до нуля.

43.22 **эффект закрытия**

англ.: *occlusion effect*
исп.: *efecto de oclusión*
фр.: *effet d'occlusion*

Изменение местного эффекта человека при закрытии слухового канала, например, телефонным приемником.

43.23 **эффект препятствия (эффект заграждения)**

англ.: *obstacle effect (obstruction effect)*
исп.: *efecto de obstáculo; efecto de obstrucción*
фр.: *effet d'obstacle; effet d'obstruction*

Изменение звукового поля вблизи рта человека или искусственного рта при непосредственном приближении препятствия (например, телефонного приемника).

43.24 **тракт местного эффекта**

англ.: *sidetone path*
исп.: *trayecto de efecto local*
фр.: *trajet d'effet local*

Любой тракт, звуковой, механический или электрический, посредством которого телефонный абонент слышит ухом (ушами) (в ERP) речь и/или шум помещения.

43.25 **затухание тракта местного эффекта**

англ.: *sidetone path loss*
исп.: *atenuación del trayecto de efecto local*
фр.: *affaiblissement du trajet d'effet local*

Затухание тракта местного эффекта выражается в виде затухания по сравнению с речью в MRP. Обычно используются следующие обозначения:

L_{MEHS} – для трактов местного эффекта в голове человека.
L_{MEST} – для электроакустических трактов местного эффекта в телефонном аппарате.
L_{MEMS} – для механических трактов местного эффекта в микротелефонной трубке.
L_{RNST} – для электроакустического тракта местного эффекта между источником рассеянного шума помещения и телефоном.

Вместо затухания можно рассматривать чувствительности трактов, которые имеют обозначения S_{MEHS}, S_{MEST}, S_{MEMS}, S_{RNST} и знак которых противоположен знаку соответствующих затуханий. Например, $S_{MEST} = -L_{MEST}$.

43.26 **показатель местного эффекта слушающего (LSTR)**

англ.: *listener sidetone rating (LSTR)*
исп.: *indice de efecto local para el oyente (IELO)*
фр.: *affaiblissement d'effet local pour la personne qui écoute (AELE)*

Громкость источника рассеянного шума помещения, слышимая ухом абонента через электрический тракт местного эффекта в телефонном аппарате по сравнению с громкостью промежуточной эталонной системы (IRS), в которой осуществляется сравнение при использовании речевого сигнала, слышимого через тракт местного эффекта человека (L_{MEHS}) в качестве маскирующего порога.

43.27 **балансный контур местного эффекта**

англ.: *sidetone balance network*
исп.: *red equilibradora del efecto local*
фр.: *réseau d'équilibrage d'effet local*

Электрическая схема, представляющая собой часть двух- четырехпроводного стыка телефонного аппарата для управления затуханием тракта местного эффекта.

43.28 **показатель маскирования местного эффекта (STMR)**

англ.: *sidetone masking rating (STMR)*
исп.: *indice de enmascaramiento para el efecto local (IEEL)*
фр.: *affaiblissement d'effet local par la méthode de masquage (AELM)*

Громкость тракта местного эффекта телефонного аппарата по сравнению с громкостью промежуточной эталонной системы (IRS), в которой осуществляется сравнение при использовании речевого сигнала, слышимого через тракт местного эффекта человека L_{MEHS} в качестве маскирующего порога.

43.29 **ухудшение волюма речи**

англ.: *speech volume penalty*
исп.: *penalización en volumen sonoro*
фр.: *pénalisation en volume sonore*

Снижение разговорного уровня абонента (обычно выражается как функция показателя местного эффекта речи, то есть STMR) из-за наличия местного эффекта.

43.30 **разговорное сопротивление**

англ.: *talking resistance*
исп.: *resistencia de conversación*
фр.: *résistance de conversation*

Определенное сопротивление, используемое при измерениях, величина которого равна сопротивлению угольного микрофона при определенном токе.

43.31 **положение виртуального источника**

англ.: *virtual source position*
исп.: *posición de la fuente virtual*
фр.: *position de la source virtuelle*

Точка во рту человека или искусственном рту, из которой предположительно исходят звуки.

43.32 **функция виртуального источника**

англ.: *virtual source function*
исп.: *función de la fuente virtual*
фр.: *fonction de source virtuelle*

Изменение положения виртуального источника в зависимости от некоторых других параметров, например частоты, установки заграждения.

43.33 **ортотелефонное эталонное условие**

англ.: *orthotelephonic reference condition*
исп.: *condición de referencia ortotelefónica*
фр.: *condition de référence orthotéléphonique*

Звуковой тракт между говорящим и слушающим, стоящими лицом друг к другу на расстоянии 1 м в свободном пространстве.

43.34 **ортотелефонное акустическое эталонное усиление**

англ.: *orthotelephonic acoustic reference gain*
исп.: *ganancia de referencia acústica ortotelefónica*
фр.: *gain de référence acoustique orthotéléphonique*

Отношение давления в эталонной точке уха слушающего к давлению в эталонной точке рта говорящего при соблюдении ортотелефонного эталонного условия.

43.35 **общее электроакустическое усиление**

англ.: *total electroacoustic gain*
исп.: *ganancia electroacústica total*
фр.: *gain électroacoustique total*

Отношение давления в эталонной точке уха слушающего к давлению в эталонной точке рта говорящего, соединенных между собой телефонным каналом.

43.36 **вносимое усиление (имеющее отношение к ортотелефонии)**

англ.: *insertion gain (orthotelephonically referred gain)*
исп.: *ganancia de inserción (ganancia referida ortotelefónicamente)*
фр.: *gain d'insertion (gain de référence orthotéléphonique)*

Отношение общего электроакустического усиления к ортотелефонному акустическому эталонному усилению.

44. *Измерения разговорного уровня*

44.01 **активное время**

англ.: *active time*
исп.: *tiempo activo*
фр.: *durée d'activité*

Совокупность всех интервалов времени, когда отмечается наличие речи в соответствии с критериями, принятыми МККТТ (Рекомендация Р. 56).

44.02 **активный разговорный уровень**

англ.: *active speech level*
исп.: *nivel vocal activo*
фр.: *niveau de conversation active*

Величина, выраженная в децибелах, относительно установленного эталона, например вольт или паскаль, образованная усреднением мощности сигнала речи в течение активного времени.

44.03 **коэффициент активности**

англ.: *activity factor*
исп.: *factor de actividad*
фр.: *coefficient d'activité*

Отношение активного периода времени к общему времени измерений, обычно выражаемое в процентах.

44.04 **волюм или волюм речи**

англ.: *volume or speech volume*
исп.: *volumen ó volumen vocal*
фр.: *volume ou volume de la parole*

Величина, соответствующая мощности речи и измеряемая в определенной точке телефонной цепи специальным прибором, позволяющим оператору быстро осуществлять в реальном масштабе времени контроль или регулировку уровня (например, vu-метр, волюметр ARAEN, измеритель пиковой громкости).

44.05 **разговорный уровень**

англ.: *speech level*
исп.: *nivel vocal*
фр.: *niveau vocal*

Общий термин, включающий в себя волюм речи, активный разговорный уровень и любые другие подобные величины, выраженные в децибелах относительно установленного эталона.

Рекомендация P. 11

ВЛИЯНИЕ УХУДШЕНИЙ ПЕРЕДАЧИ

(Женева, 1980 г.; изменена в Малаге-Торремолиносе, 1984 г. и Мельбурне, 1988 г.)

1 Цель

Главная цель существующего плана передачи для международных соединений состоит в том, чтобы дать руководство по управлению характеристиками передачи. Такое руководство содержится в Рекомендациях, касающихся полных соединений и составных частей соединения. Эти Рекомендации содержат нормы на параметры передачи, проектирование и техническое обслуживание в соответствии с тем, как это определено в Рекомендации G. 102 в отношении различных ухудшений передачи, влияющих на качество передачи и оценку абонентами качества передачи[1]. Типичные причины ухудшения качества передачи включают в себя потери при передаче, шумы канала, эхо говорящего, затухание местного эффекта, амплитудно-частотные искажения, искажения группового времени задержки и искажения квантования. Другим важным фактором, который следует учитывать, является шум помещения, хотя он и не поддается контролю проектировщика передачи.

В настоящей Рекомендации рассматривается влияние перечисленных выше параметров передачи на оценку абонентом качества передачи. Она основана на информации, полученной в ответ на конкретные вопросы, которые изучались МККТТ. Большая часть этой информации составлена по результатам субъективных испытаний, в которых участники говорили, слушали или разговаривали по телефонным соединениям с контролируемым или заданным уровнем ухудшения передачи и оценивали качество передачи по определенной шкале. Общее руководство по проведению таких испытаний представлено в Рекомендации P. 80. Кроме того, в Рекомендации P. 82 содержится руководство по использованию опросов телефонных абонентов для оценки качества речи при международных разговорах.

Конкретные цели настоящей Рекомендации:

1) представить общий, но четкий обзор основных ухудшений передачи и их влияния на качество передачи, что послужило бы основным эталоном для проектировщиков;

2) обобщить основную информацию по качеству передачи в интересах соответствующих Рекомендаций серии P и серии G со ссылкой на эти Рекомендации и другие источники информации, такие, как Дополнения и изучаемые Вопросы;

3) обеспечить соответствующее хранение основной информации по качеству передачи, которая может быть использована в дальнейшем при составлении новых Рекомендаций.

---

[1] В настоящей Рекомендации термин "ухудшение" используется в широком смысле по отношению к любой характеристике или ухудшению тракта передачи, которое может снизить качество. Он используется для обозначения "эквивалентного затухания", как случалось ранее в документах МККТТ.

В § 2 настоящей Рекомендации приведено краткое описание характерных ухудшений телефонных соединений, типичных методов анализа и общее руководство по выбору допустимых уровней этих ухудшений. Более подробная информация представлена в приложениях к этой Рекомендации, а также в других Рекомендациях и Дополнениях.

В § 3 настоящей Рекомендации рассматривается влияние комбинированных ухудшений на качество передачи и использование моделей оценки мнения, позволяющих оценить мнение абонентов в зависимости от комбинации факторов, ухудшающих качество передачи телефонного соединения. Следовательно, они могут использоваться для оценки качества передачи, обеспечиваемого существующим планом передачи, последствий отклонения от плана передачи или внесения возможных изменений в него. Такие оценки требуют определенных допущений в отношении составных частей соединения, а руководство обеспечивается условными эталонными соединениями, рассматриваемыми в Рекомендациях G. 103 и G. 104.

2 Влияние отдельных причин ухудшения качества передачи

2.1 *Общие положения*

В § 2 в отдельном порядке рассматривается ряд причин ухудшения качества передачи, которые могут влиять на качество передачи речи телефонных соединений. Информация содержит общее описание характера каждой причины ухудшения качества, методов, рекомендованных для оценки ухудшения передачи, и допустимые пределы снижения качества передачи. Приводятся ссылки на Рекомендации, в которых можно найти более подробную информацию о методах измерений и рекомендуемые значения.

2.2 *Потери громкости*

Основная цель телефонного соединения – обеспечить тракт для передачи речи между ртом говорящего и ухом слушающего. Громкость принятого речевого сигнала зависит от звукового давления, обеспечиваемого говорящим, и потерь громкости в звуковом тракте от входа микрофона телефонного аппарата на одном конце соединения до выхода телефонного приемника на другом конце соединения. Эффективность речевой связи по телефонным соединениям и степень удовлетворенности абонента зависят в значительной мере от имеющих место потерь громкости. Если потери громкости превышают предпочтительные пределы, усилия абонента, чтобы расслышать информацию, увеличиваются, а степень удовлетворенности абонента снижается. При более высоких потерях громкости разборчивость снижается и увеличивается время передачи заданного объема информации. С другой стороны, если потери громкости слишком низкие, то удовлетворенность абонента снижается из-за того, что принимаемая речь слишком громкая.

На протяжении многих лет инженерами, занимающимися вопросами передачи, использовались различные методы для измерения и представления потерь громкости в телефонных соединениях. Метод эквивалента затухания, являющийся субъективным методом, широко используемым в МККТТ, представлен в Рекомендациях P. 42 и P. 72 (*Красная книга*).

Так как при использовании эквивалентов затухания возникали затруднения, то вместо общего эквивалента затухания был выбран скорректированный эквивалент затухания (СЭЗ), как определено в Рекомендации G. 111 (*Красная книга* МККТТ). Эта замена требует внести некоторую коррекцию в рекомендуемые значения потерь громкости для полных и частичных соединений.

В Рекомендациях P. 76, P. 78 и P. 79 содержится информация о субъективных и объективных методах определения показателей громкости (ПГ), рекомендуемых в настоящее время. Ожидается, что эти методы позволят уменьшить необходимость субъективного определения потерь громкости, выраженных скорректированным эквивалентом затухания. Рекомендуемые в настоящее время значения потерь громкости, выраженные показателем громкости, приведены в Рекомендациях G. 111 и G. 121.

2.2.1 *Мнение абонента*

Мнение абонента о потерях громкости может меняться в зависимости от испытуемой группы и условий проведения испытаний. Результаты опроса мнения, приведенные в таблице 1/P. 11, представляют собой репрезентативные результаты разговорных испытаний, проведенных в лабораторных условиях для телефонных соединений, в которых другие характеристики, как, например, шумы цепи, снижали качество передачи незначительно. Эти результаты подтверждают важность контроля потерь громкости.

ТАБЛИЦА 1/Р. 11

Общий показатель громкости (дБ)	Репрезентативные результаты опроса [a)]	
	Процент "хорошее и отличное"	Процент "плохое и очень плохое"
5–15	> 90	< 1
20	80	4
25	65	10
30	45	20

[a)] На основе мнений о показателе качества передачи (см. Приложение А).

2.2.2 *Рекомендованные значения показателя громкости*

В таблице 2/Р. 11 представлена дополнительная информация о величине показателя громкости, рекомендованной или изучаемой МККТТ.

Примечание. – Рекомендованные значения показателей громкости изучаются в рамках Вопроса 19/XII.

2.3 *Шум цепи*

Шум цепи телефонного соединения оказывает основное влияние на степень удовлетворенности абонента и эффективность речевой связи. Этот шум может включать белый шум цепи и интермодуляционный шум, вносимый системами передачи, а также фон переменного тока и взаимные помехи других типов, такие, как импульсные помехи и одночастотные тональные сигналы. Удовлетворенность абонента зависит от мощности, частотного и амплитудного распределения шума. Для данного типа шума удовлетворенность абонента обычно равномерно уменьшается с повышением мощности шума.

Как правило, шум цепи выражается в виде показаний псофометра, стандартизированного МККТТ в Рекомендации О. 41. С помощью этого прибора могут быть сделаны частотно-взвешенные измерения мощности шумов, выраженные в дБмп, в различных точках телефонных соединений.

Примечание. – Хотя обычно псофометр используется для измерения широкополосных шумов цепи, некоторые субъективные измерения показывают, что он удовлетворительно характеризует субъективное мешающее влияние наведенной мощности фона переменного тока на каналы передачи сообщений.

2.3.1 *Результаты оценки методом опроса мнений*

Было проведено много измерений, продемонстрировавших влияние шума цепи на мнение абонентов. Эти измерения показали, что оценка шума цепи также сильно зависит от потерь громкости соединения и многих других факторов, в особенности шумов помещения и затухания местного эффекта.

Субъективное влияние шума цепи, измеренного в отдельной точке телефонного соединения, зависит от электроакустического затухания или усиления от точки измерения до выхода телефонного приемника. Для удобства оценки доли, вносимой различными источниками, очень часто шум цепи приводится к входу приемной части с конкретным СЭЗ на приеме или показателем громкости. Общей эталонной точкой является вход приемной части, в которой СЭЗ на приеме равен 0 дБ. Если шум цепи приводится к этой точке, то значение шума цепи менее –65 дБмп оказывает слабое влияние на качество передачи при обычном шуме помещения. Качество передачи снижается при более высоких значениях шума цепи.

В таблице 3/Р. 11 приведены типичные результаты проведенной методом опроса оценки влияния шума цепи путем разговорных испытаний в лабораторных условиях, когда другие параметры соединений, такие, например, как громкость, вносят небольшое дополнительное ухудшение. Эти результаты иллюстрируют влияние шума цепи. Если потери громкости превышают предпочтительные пределы, то влияние данного уровня шума становится более сильным.

Примечание. – Для получения дополнительной информации о влиянии шума цепи см. Приложение А к настоящей Рекомендации.

ТАБЛИЦА 2a/P. 11

Значения (в дБ) эквивалента затухания ЭЗ (q) и скорректированного эквивалента затухания СЭЗ (y) для различных соединений, указанных в Рекомендациях G. 111 и G. 121 Красной книги (приемные и передающие стыки в виртуальной точке аналоговой коммутации, VASP)

		ЭЗ (q), рекомендованный ранее	СЭЗ (y)
Оптимальные пределы для соединения (Рек. G. 111, § 3.2)	минимальный оптимальный максимальный	6 9 18	5[a)] 7[a)]–11 16
Средневзвешенные значения трафика			
Долгосрочные нормы			
– соединение (Рек. G. 111, § 3.2)	мин. макс.	13 18	13 16
– национальная система (передача) (Рек. G. 121, § 1)	мин. макс.	10 13	11,5 13
– национальная система (прием) (Рек. G. 121, § 1)	мин. макс.	2,5 4,5	2,5 4
Краткосрочные нормы			
– соединение (Рек. G. 111, § 3.2)	макс.	23	25,5
– национальная система (передача) (Рек. G. 121, § 1)	макс.	16	19
– национальная система (прием) (Рек. G. 121, § 1)	макс.	6,5	7,5
Максимальные значения для национальной системы в стране среднего размера (Рек. G. 121, § 2.1)	передача прием	21 12	25 14
Минимальные значения для национальной системы (передача) (Рек. G. 121, § 3)		6	7

[a)] Эти значения применимы при отсутствии эхо-сигнала; при наличии эхо-сигнала абоненты могут предпочесть несколько более высокие значения.

ТАБЛИЦА 2b/P. 11

Значения ПГ, указанные в Рекомендациях G. 111 и G. 121

	SLR[a)]	CLR[a)]	RLR[a)]	OLR[a)]
Средневзвешенные значения трафика				
долгосрочные	7–9[b)]	0–0,5[e)]	1–3[b) f)]	8–12[e) f) g)]
краткосрочные	7–15[b)]	0–0,5[e)]	1–6[b) f)]	8–21[e) f) g)]
Максимальные значения в стране среднего размера	16,5[c)]		13[c)]	
Минимальное значение	–1,5[d)]			

a) Как на рис. 1/P. 11.

b) Рек. G. 121, § 1.

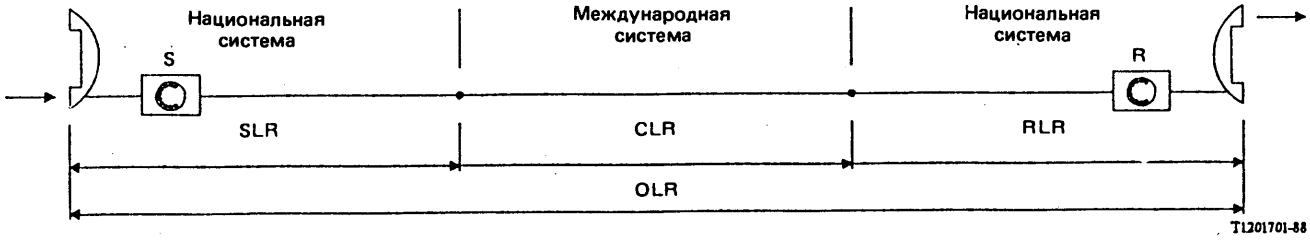
c) Рек. G. 121, § 2.1.

d) Рек. G. 121, § 3.

e) Если международная цепь цифровая, то CLR = 0. Если международная цепь состоит из одной аналоговой цепи, то CLR = 0,5 и тогда OLR повышается на 0,5 дБ. (Если вносятся частотные искажения, CLR может повышаться еще на 0,2 дБ. См. Приложение A, § A. 4.2 к Рекомендации G. 111.)

f) См. также замечания в Рек. G. 111, § 3.2.

g) Рек. G. 111, § 3.2.



CLR – показатель громкости канала
OLR – общий показатель громкости
RLR – показатель громкости приема
SLR – показатель громкости передачи

РИСУНОК 1/P. 11

Определение показателей громкости в международном соединении

ТАБЛИЦА 3/P.11

Шумы линии в точке 0 дБ RLR (дБмп)	Репрезентативные результаты опроса [a]	
	Процент "хорошее и отличное"	Процент "плохое и очень плохое"
– 65	> 90	< 1
– 60	85	2
– 55	75	5
– 50	65	10
– 45	45	20

[a] На основе оценки мнений о показателе качества передачи (см. Приложение А).

2.3.2 *Рекомендуемые значения шума цепи*

Шум цепи, вносимый различными частями соединения, должен поддерживаться на возможно более низком уровне. Основным источником шума цепи на соединениях средней и большой протяженности вероятнее всего является аналоговое оборудование передачи, где мощность шумов, как правило, пропорциональна длине цепи. В Рекомендации G. 222 рекомендуются нормы на шумы 10.000 пВт0п или – 50 дБм0п для систем передачи протяженностью 2500 км. При приведении к точке нулевого уровня громкости на приеме (предполагая, что потери составляют 6–12 дБ) это значение соответствует уровню шума в пределах от – 62 до – 56 дБмп, который достаточно высок и оказывает влияние на качество передачи.

Качество передачи снижается сильнее на длинных цепях или в соединениях, включающих несколько таких последовательных цепей. МККТТ указывает в Рекомендации G. 143, что желательно, чтобы суммарный шум, вносимый составной цепью из шести международных цепей, не превышал – 43 дБм0п на входе первой цепи составного соединения. Это соответствует приблизительно – 46 дБм0п на конце цепи или – 58 ... – 52 дБмп в точке нулевого уровня эквивалента затухания на приеме. Шумы, вносимые другими источниками шума в канал при международных соединениях, должны быть низкими по сравнению с шумами, допустимыми в аналоговых системах передачи. В ряде Рекомендаций содержатся конкретные указания по этому поводу.

Допуски на одночастотные тональные сигналы или узкополосные шумы должны быть более жесткие, чем на широкополосный шум. В общем случае для устранения недовольства абонента, вызванного одночастотными тональными сигналами, мощность любого отдельно взятого такого сигнала должна быть по крайней мере на 10 дБ ниже, чем псофометрическая мощность шума в цепи; там, где это возможно, рекомендуется иметь дополнительный запас 5 дБ.

Примечание. – Влияние импульсного шума зависит от частоты следования импульсов. Для импульсов, появляющихся в результате колебательного переходного процесса на частоте 2 кГц, длительностью около 1 миллисекунды (форма импульса обычно встречающаяся в устройствах передачи сообщений) опубликованы результаты испытаний, представленные в виде средних значений пиковой мощности отдельных импульсов, измеренной в линии телефонного аппарата. Результаты показывают, что импульсы шума, средняя частота следования которых составляет один импульс в секунду и менее, не вызывают недовольства абонентов, если их средняя интенсивность менее 65 dBrn (– 25 дБм). При частоте следования импульсов 45 в секунду допустимым является уровень 30 dBrn (– 60 дБм).

2.4 *Местный эффект*

Местный эффект телефонного аппарата – это передача звука от телефонного микрофона к телефонному приемнику в одном телефонном аппарате. Поэтому тракт местного эффекта телефонного аппарата является одним из трактов, через который говорящий слышит сам себя, когда говорит. К другим трактам относятся проводящий тракт головы и акустический тракт от рта к уху, возникающий из-за неплотного прижатия слуховой раковины телефона к уху. Наличие этих трактов влияет на восприятие абонентом местного эффекта.

Местный эффект влияет на качество телефонной передачи несколькими путями. Слишком низкое затухание местного эффекта приводит к появлению слишком громкой отраженной речи, а это снижает удовлетворенность абонента. Другим следствием недостаточного затухания местного эффекта является то, что говорящий стремится понизить уровень своей речи и/или отнести микротелефонную трубку от рта, снижая тем самым уровень приема на дальнем конце соединения. Перемещение микротелефонной трубки может также уменьшить степень закрытия уха и привести тем самым к более легкому проникновению шума помещения в ухо, снижая при этом уровень принимаемого сигнала, поступающего с дальнего конца соединения. Кроме того, тракт местного эффекта образует другой путь, по которому шумы помещения могут проникать в ухо. Очень низкие уровни затухания местного эффекта могут неблагоприятно сказаться на качестве передачи. При повышении затухания местного эффекта существует общий диапазон предпочтительных значений затухания. При чрезмерном затухании местного эффекта у абонента возникает ощущение "мертвого" соединения. Поэтому для многих соединений отсутствие местного эффекта не является желательным.

Ранее затухание местного эффекта оценивалось как потери громкости, почти так же, как потери громкости в соединении, например в виде эквивалента затухания местного эффекта (STRE) (Рекомендация P. 73, *Красная книга*). Лучший метод, который дает показатели, коррелированные с субъективным влиянием местного эффекта для говорящего абонента, описан в Рекомендации P. 76. Этот метод, показатель маскирования местного эффекта (STMR), учитывает проводимость головы и прямые акустические тракты как порог маскирования.

Последние исследования показали, что благодаря более широкому использованию линейных микрофонов в микротелефонных трубках метод показателей необходим также для контроля громкости шума помещения, слышимого через тракт телефонного местного эффекта, с помощью показателя местного эффекта слушающего (LSTR). В LSTR (Рекомендации P. 76 и P. 79) используются те же принципы и алгоритмы расчета, что и в STMR, но чувствительность местного эффекта измеряется при использовании источника шума помещения, а не источника искусственного рта.

Затухание местного эффекта зависит от конструкции телефонного аппарата и согласования полного сопротивления телефонного аппарата и абонентской линии. Изменения полного сопротивления на дальнем конце абонентской линии могут также дать значительное рассогласование на коротких абонентских линиях с малым затуханием. Рассогласование полного сопротивления в других точках соединения будет также сказываться на отраженном сигнале, но если задержка в обратном тракте значительна, то влияние обычно считается эхом говорящего (см. § 2.9).

2.4.1 *Рекомендованные значения затухания местного эффекта*

В Рекомендации G. 121, § 5, содержатся указания по выбору предпочтительных уровней местного эффекта при различных условиях соединений для абонентов, выступающих в роли диктора (STMR) и слушателя (LSTR).

Результаты субъективных испытаний мнения абонента в зависимости от затухания местного эффекта, выраженного через STMR, показали, что предпочтителен диапазон от 7 до 12 дБ (см. также Дополнение № 11). Меньшие значения затухания приводят к значительному снижению оценки абонента и должны использоваться с предосторожностью. Значения выше этого диапазона, до 20 дБ, допустимы, но более высокие значения создают эффект "мертвого" соединения.

Для контроля влияния шумов помещения высокого уровня нужно стремиться к тому, чтобы значение LSTR приближалось к 13 дБ. Как правило, этого не всегда можно добиться, так как для большей части телефонных аппаратов с линейными микрофонами и разговорных цепей показатель LSTR тесно связан с показателем STMR и обычно на 1,5–4 дБ выше его. [Взаимосвязь определяется величиной Δ_{sm} (DELSM) разностью между чувствительностью микрофона, измеренной при использовании источника шума помещения и измеренной с использованием рта. См. Рекомендации P. 64, P. 10, P. 79, Дополнение № 11 и Приложение A к Рекомендации G. 111, § A. 4.3.3.]

Поэтому соединения, имеющие низкие значения STMR, как правило, имеют низкие значения LSTR.

2.5 *Шум помещения*

Термин "шум помещения" используется для описания фонового шума окружающей телефонный аппарат среды. В жилых помещениях шум помещения может состоять из шумов бытовых электроприборов, радио или проигрывателя, разговора или уличного шума. В учреждении чаще всего эти шумы возникают из-за работы оргтехники, кондиционеров, разговора. Во многих случаях сравнивать влияние шума помещения с влиянием шума цепи нелогично. Однако в шумных условиях, когда, например, переговорные пункты расположены в общественных местах, шум помещения может оказывать существенное влияние на ход разговора или даже на возможность расслышать и понять суть сказанного.

Шум помещения может проникать в приемник телефонного аппарата несколькими путями. Во-первых, в результате рассеяния вокруг раковины телефонной трубки приемника. Во-вторых, через тракт местного эффекта телефонного аппарата, если затухание местного эффекта достаточно низкое по сравнению с рассеянием за раковиной телефонной трубки (см. § 2.4, выше). В-третьих, через другое ухо, хотя в этом случае влияние шумов на качество телефонного приема обычно меньше, чем от шумов, поступающих в "телефонное ухо", если звук в помещении не отвлекает внимание (например, плач ребенка). Наконец, в-четвертых, через передатчик и канал телефонного соединения.

Приведенные рассуждения в первую очередь относятся к обычным телефонным аппаратам. Громкоговорящие телефонные аппараты более чувствительны к шуму помещения.

Шумы в стационарных или подвижных автотранспортных средствах (обычно не относящиеся к шумам помещения) могут также оказывать значительное влияние на ведение разговора или на правильное понимание разговора, передаваемого по телефонным соединениям через станции подвижной связи.

2.6 *Частотные искажения*

Частотные искажения характеризуются затуханием передачи (или усилением) на частотах, отличных от 800 или 1000 Гц. Поэтому частотные искажения включают в себя низкочастотный и высокочастотный срезы, которые определяют эффективную полосу частот телефонного соединения, а также внутриполосные изменения затухания в зависимости от частоты. Потери громкости и артикуляция в телефонном соединении являются соответственно функцией частотных искажений. Даже если потери громкости поддерживаются на постоянном уровне, мнение о качестве передачи, определяемое субъективными испытаниями, как правило, ухудшается по мере увеличения частотных искажений.

Влияние на громкость частотных искажений в нижней части полосы пропускания сказывается сильнее, чем на высоких частотах. Влияние частотных искажений на звуковую артикуляцию, наоборот, более заметно на высоких частотах. Как в случае ослабления громкости, так и снижения разборчивости, обусловленных характеристиками полосы пропускания, можно считать, что значения ухудшения, вызванные частотными искажениями на низких и высоких частотах полосы, суммируются непосредственно, если крутизна частотных искажений больше чем 15 дБ/октава.

Влияние частотных искажений на оценки качества методом мнений при прослушивании и разговоре заметно уменьшается, если общие потери громкости соединения увеличиваются, особенно при наличии шума цепи. Влияние частотных искажений на оценки методом мнений обычно меньше, чем влияние потерь громкости, особенно при больших значениях потерь громкости, но может быть сопоставимо с влиянием шума, если величины потерь громкости и шума малы.

Нормы на качественные показатели сети для частотных искажений в электрических элементах всемирной четырехпроводной цепи, состоящей из 12 цепей, приведены в Рекомендации G. 132, но, конечно же, некоторое влияние оказывают и частотные характеристики самих телефонных аппаратов.

Примечание. – Дополнительная информация о влиянии частотных искажений на качество передачи приведена в Приложении B.

2.7 *Искажения групповой задержки*

Искажения групповой задержки характеризуются групповой задержкой на частотах, отличных от тех, где групповая задержка имеет минимальное значение. Искажения групповой задержки, как правило, более сильно влияют на качество передачи данных, чем на качество передачи речи; однако большие искажения групповой задержки могут привести к заметным искажениям речевого сигнала.

Влияние искажений групповой задержки на верхних и нижних границах полосы пропускания может быть описано как "звон" и "невнятная речь" соответственно. При отсутствии шума или частотных искажений влияние заметно при любых значениях потерь громкости. Однако влияние в обычной четырехпроводной составной цепи, как правило, несильное, поскольку искажения групповой задержки обычно сопровождаются тесно связанными с ними амплитудно-частотными искажениями.

Существующие нормы для искажений групповой задержки всемирной цепи, состоящей из 12 цепей, приведены в Рекомендации G. 133.

Примечание. – Дополнительная информация о влиянии искажений групповой задержки приведена в Приложении C.

2.8 *Абсолютная задержка*

Значения абсолютной задержки, характерные для наземных систем передачи, оказывают малое влияние на качество передачи речи при отсутствии эха говорящего или слушающего (например, при четырехпроводных соединениях) или если эхо говорящего и слушающего соответствующим образом регулируется. Спутниковые системы вносят большую задержку (около 300 мс в каждом направлении передачи), однако имеющиеся данные, полученные методом оценки мнений, показывают, что влияние на качество передачи соединения с одной спутниковой цепью незначительно при условии, что эхо говорящего и слушающего соответствующим образом регулируются. Имеющийся объем данных о влиянии односторонней задержки приблизительно на 600 мс (две последовательные спутниковые цепи) гораздо меньше, и результаты не очень достоверны. Поэтому рекомендуется проявлять осторожность при введении односторонней абсолютной задержки, существенно превышающей 300 мс.

Примечание. – Влияние эха, управление эхом и время распространения изучаются в рамках Вопроса 27/XII.

2.9 *Эхо говорящего*

Эхо говорящего появляется, если часть речевого сигнала говорящего возвращается с достаточной задержкой (обычно более чем 30 мс), что отличает этот сигнал от обычного местного эффекта. Эхо говорящего может быть вызвано отражениями при рассогласованиях полного сопротивления или другими процессами, например переходным разговором между направлениями передачи. Влияние эха говорящего является функцией затухания звукового эхо-тракта и задержки в эхо-тракте. В общем случае удовлетворенность абонента понижается при снижении затухания эхо-тракта или при повышении задержки в эхо-тракте.

Общий показатель громкости эхо-тракта в данном случае определяется как сумма:

- показателя громкости в двух направлениях передачи местной телефонной системы говорящего абонента (принимаются минимальные значения показателя громкости);
- показателя громкости в двух направлениях передачи между двухпроводными выходами местной телефонной системы говорящего абонента и двухпроводными входами четырехпроводной/двухпроводной оконечной установки слушающего абонента;
- среднего значения балансного затухания эха на стороне слушающего абонента.

На рис. 2/G. 131 представлены кривые допустимых значений эха, выражающие рекомендованные показатели громкости (ПГ), эхо-тракта для управления вероятностью появления нежелательного эха.

Примечание. – Влияние эха и времени распространения изучаются в рамках Вопроса 27/XII.

2.10 *Эхо слушающего*

Эхо слушающего относится к таким условиям передачи, при которых основной речевой сигнал поступает на приемный конец соединения с одним или более задержанными сигналами (эхом). Такое состояние может быть следствием многократных отражений в тракте передачи. Простейшим, и обычным, источником эха слушающего является четырехпроводный тракт передачи с малым остаточным затуханием, соединяющий две двухпроводные абонентские линии. В таком соединении причиной отражений может быть рассогласование полного сопротивления дифференциальных систем на каждом из концов четырехпроводного участка. Часть основного речевого сигнала, таким образом, может отражаться на дальнем конце четырехпроводного тракта, возвращаться на ближний конец и отражаться опять. В результате появляется эхо слушающего, величина которого относительно основного сигнала зависит от затухания дважды отраженного сигнала, а также затухания или усиления в двух направлениях четырехпроводного тракта передачи. Время задержки эха определяется в основном двукратным временем задержки четырехпроводного тракта. При небольших задержках эхо слушающего проявляется в изменении тембра речи. При длительных задержках эхо выражено более явно и иногда приводит к появлению эффекта "гулкости".

Эхо слушающего может характеризоваться дополнительным затуханием и дополнительной задержкой в эхо-тракте слушающего относительно потерь и задержки в тракте основного сигнала. Минимальная величина дополнительного затухания на частотах рабочего диапазона в эхо-тракте слушающего создает запас устойчивости. В результате эхо слушающего часто рассматривается как "почти зуммирующие искажения". В Рекомендации G. 122 содержится руководство по влиянию национальных сетей на устойчивость международных соединений.

2.11 *Нелинейные искажения*

Нелинейные искажения, в привычном смысле, появляются в системах, в которых выход и вход связаны нелинейно. Простым примером может быть система, в которой выходной сигнал, зависящий от входного сигнала $e_i(t)$, может быть представлен формулой:

$$e_0(t) = a_1 e_i(t) + a_2 e_i^2(t) + a_3 e_i^3(t) + \ldots$$

В случае синусоидального входного сигнала в выходном сигнале появляются гармоники второго, третьего и более высоких порядков. В случае сигналов более сложной формы нелинейные искажения часто рассматриваются как шумы от нелинейных переходов. Нелинейные искажения обычно более значительно ухудшают качество передачи данных, чем качество передачи речи, но они могут быть также существенны и для речи.

До сих пор одним из основных источников нелинейных искажений в телефонных соединениях были телефонные аппараты с угольными микрофонами. И хотя в настоящее время угольные микрофоны заменяются линейными микрофонами, появляются новые потенциальные источники нелинейных искажений, например цифровые схемы кодирования, особенно при низких скоростях передачи. Эти схемы вносят искажения квантования (см. § 2.12), которые являются разновидностью нелинейных искажений. Кроме того, значительные нелинейные искажения могут вносить другие устройства, такие, как слоговые компандеры и усилители, работающие в режиме перегрузки.

Дополнительная информация, касающаяся угольных и линейных микрофонов, приведена в Приложении D, а в Приложении F содержится информация о субъективных влияниях нелинейных искажений в целом.

Примечание. – Нелинейные искажения (в частности, определение подходящего метода объективной оценки норм) изучаются в рамках Вопроса 13/XII.

2.12 *Искажения квантования*

Искажения квантования появляются в цифровых системах, когда аналоговый сигнал дискретизируется и каждое дискретное значение кодируется в одну конечную последовательность значений. Разница между исходным аналоговым сигналом и сигналом, восстановленным после квантования, называется искажением квантования или шумом квантования. Для многих алгоритмов цифрового кодирования, таких, как А-закон или μ-закон ИКМ, которые подчиняются почти логарифмическому закону компандирования, субъективное влияние искажений квантования может быть аппроксимировано путем прибавления шума, коррелированного с сигналом (белый шум, модулированный речевым сигналом). Такой сигнал может генерироваться эталонным устройством модулированного шума, которое настраивается таким образом, чтобы обеспечить опорный сигнал с установленным и примерно постоянным отношением сигнала к шуму, коррелированному с сигналом. В Рекомендации Р. 70 описывается эталонное устройство модулированного шума, рекомендованное МККТТ для использования в оцениваемых цифровых кодеках, применяемых для телефонной речи. Отношение сигнала к шуму, коррелированному с сигналом, выраженное в децибелах, называется добротностью. Действующая добротность неизвестной цифровой системы может быть определена путем субъективного сравнения с эталонным устройством модулированного шума. (В Дополнении № 14 содержится руководство по использованию эталонного устройства модулированного шума, описанного в Рекомендации Р. 81).

Результаты субъективных испытаний были представлены некоторыми Администрациями, оценивавшими влияние как шума цепи, так и добротности на мнение абонента. Результаты испытаний такого рода позволяют оценить уровень шума цепи, который может обеспечить приблизительно такие же показатели качества передачи, как и заданный уровень искажений квантования.

Примечание. – Дополнительная информация содержится в Приложении Е. Качество передачи цифровых систем изучается в рамках Вопроса 18/XII.

2.13 *Дрожание фазы*

Дрожание фазы появляется в случае, если заданный сигнал при передаче модулируется по фазе или частоте на низких частотах. Если величина такого рода искажений достаточно велика, то качество передачи снижается. В таблице 4/Р. 11 приведены предельные значения для одночастотного дрожания фазы, представленные одной из Администраций. Результаты средних предельных значений выражены в виде отношения сигнала к боковой полосе первого порядка (C/SB) в децибелах. Среднее стандартное отклонение составило около 4 дБ.

2.14 *Внятный переходный разговор*

Внятный переходный разговор появляется, если речевой сигнал из одного телефонного канала переходит в другой телефонный канал так, что переходный сигнал слышен и внятен для одного или обоих участников второго телефонного канала. И хотя уровень внятного переходного разговора, если он не слишком высок, не очень ухудшает качество передачи, основной проблемой в этом случае является потеря конфиденциальности.

ТАБЛИЦА 4/Р.11

Частота модуляции дрожания фазы (Гц)	Среднее пороговое значение отношения сигнал/боковая полоса (дБ)	
	Говорящий – мужчина	Говорящий – женщина
25	10,9	13,8
80	14,4	16,3
115	12,3	18,3
140	13,8	20,0
200	17,0	18,0

На разборчивость сигнала, который переходит из одного телефонного соединения в другое, влияет несколько факторов. К ним относятся характеристики телефонных аппаратов (включая местный эффект), шум цепи, шум помещения, переходное затухание, уровень влияющего речевого сигнала говорящего и острота слуха слушающего.

В Рекомендации Р. 16 содержится информация о предельных значениях разборчивости переходного разговора и о методах расчета вероятности внятного переходного разговора. Проектные нормы для различных аппаратов в телефонном соединении должны выбираться так, чтобы вероятность внятного переходного разговора была достаточно мала. Обычно нормы должны обеспечить вероятность меньше одного процента в соединениях, в которых влияющий участник и участник, испытывающий влияние, вряд ли знакомы друг с другом и вряд ли испытают такой же переход опять. Более жесткая норма, равная 0,1 %, обычно устанавливается на оборудование местной сети, например на абонентские линии, соединяющие абонентов, которые могут оказаться соседями.

3 Влияние многих факторов, ухудшающих качество передачи, и использование моделей оценки мнения

На практике на качество передачи соединения могут влиять несколько снижающих качество передачи факторов, которые могут сосуществовать. Хотя результаты оценки мнения абонентов, описанные в § 2, пригодны для многих исследований, учитывающих один или два типа ухудшения передачи, они становятся слишком громоздкими, если количество исследуемых факторов ухудшения качества возрастает. Это привело к необходимости исследования более обширных аналитических моделей оценки мнения абонента, которые могут быть основаны на сумме результатов нескольких отдельных испытаний и исследований. Формулировка и применение этих более обширных моделей облегчаются наличием современных цифровых вычислительных машин. Теоретически такие модели в конечном счете могут включить влияния всех или большей части основных факторов ухудшения качества передачи, упомянутых ранее в § 2.

Примечание. – Хотя некоторые Администрации сообщили о своих усилиях, направленных на достижение этой цели, вопрос о моделях для прогнозирования качества передачи на основе объективных измерений все еще изучается в рамках Вопроса 7/XII [11]. В конце этого тома в Дополнении № 3 представлены примеры моделей оценки мнения, используемые фирмами Bellcore, British Telecom, NTT и CNET.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(к Рекомендации Р. 11)

Показатель качества передачи

А.1 *Введение*

В этом Приложении, подготовленном как часть ответа на Вопрос 4/XII (1985–1988), описываются модели оценки мнений в рамках простых разговорных испытаний для прогнозирования комбинированного влияния общего показателя громкости (OLR), рассмотренного в Рекомендации Р. 79, и псофометрического шума, выраженного в дБмп. Оно также включает влияние маскирующего показателя местного эффекта (STMR), шума помещения, выраженного в дБА, и частотных искажений.

A.2 *Параметры соединения, используемые в модели*

Ниже приведены параметры соединения и диапазон их значений.

	Параметры соединения	*Диапазон*
OLR	Общий показатель громкости в дБ	0–40
CN	Шум цепи в точке 0 дБ, RLR в дБмп	– 80... – 40
RN	Шум помещения в дБА	30–70
Q	Сигнал/искажение квантования в дБ	0–100
STMR(T)	Показатель маскирования местного эффекта (на стороне говорящего) в дБ	0–20
STMR(L)	Показатель маскирования местного эффекта (на стороне слушающего) в дБ	0–20
FL	Нижняя граничная частота (10 дБ) в Гц	200–600
FU	Верхняя граничная частота (10 дБ) в Гц	2500–3400

A.3 *Основная модель показателя качества передачи*

$I = I(S/N)I(BW)I(ST)$ (A–1)

$I(S/N)$ = Показатель потерь громкости и шума цепи

$= 1{,}026 - 0{,}013\sqrt{(OLRe - OLRp)^2 + 4} - 0{,}01(NT + 80)$ (A–2)

$OLRe$ = Действующий OLR при влиянии STMR(T) на уровень речи

$= OLR$ при $STMR(T) > 12$ дБ

$= OLR + [12 - STMR(T)]13$ при $STMR(T) < 12$ дБ (A–3)

$OLRp$ = Оптимальное значение OLR как функция CN и RN

$= 10 - (NT + 80)/10$ (A–4)

NT = Эквивалент общего шума цепи в дБмп

$= N1\ (+)\ NF\ (+)\ N(Q)$ (A–5)

$N1$ = Эквивалент шума цепи, учитывающий шумы цепи и шумы помещения, в дБмп

$= CN\ (+)\ RNE(L)\ (+)\ RNE(S)$ (A–6)

$RNE(L)$ = Эквивалент шума цепи, учитывающий шумы помещения и рассеяние раковины телефонной трубки в дБмп

$= RN - 116$ (A–7)

$RNE(S)$ = Эквивалент шума цепи, учитывающий шумы помещения и тракта местного эффекта в дБмп

$= RN - 100 - STMR(L) - D$ (A–8)

D = Показатель местного эффекта для шума помещения $- STMR(L)$

$= 15 - 0{,}006\,(RN - 30)^2$ (угольный передатчик) (A–9)

$= 3$ (линейный передатчик)

NF = Кажущийся минимальный уровень шума

$= -70$ дБмп (принятое значение) (A–10)

NQ = Эквивалент шума цепи искажений квантования в дБмп

$= -3 - OLR - 2{,}2Q$ (A–11)

$I(BW)$ = Показатель ширины полосы частот

$= [1 - 0{,}0008(FL - 200)]\,[1 - 0{,}00022(3400 - FU)]$ (A–12)

$I(ST)$ = Показатель местного эффекта

$= 1 - 0{,}00003(OLRe)\,[STMR(L) - 15]^2$ (A–13)

$$FI = 7{,}2I - 2 \quad (A\text{–}14)$$

$$X = 0{,}96(FI - 2) + 0{,}041(FI - 2)^3 \quad (A\text{–}15)$$

$$MOS = 4\exp(X)/[1 + \mathrm{EXP}(X)] \quad (A\text{–}16)$$

$$\%(G+E) = 100/[1 + \exp(-QA)] \quad (A\text{–}17)$$

$$QA = 1{,}59577A(1 + 0{,}04592A^2 - 0{,}000368A^4 + 0{,}000001A^6) \quad (A\text{–}18)$$

$$A = FI - 2{,}5 \quad (A\text{–}19)$$

$$\%(P+B) = 100 - 100/[1 + \exp(-QB)] \quad (A\text{–}20)$$

$$QB = 1{,}59577B(1 + 0{,}04592B^2 - 0{,}000368B^4 + 0{,}000001B^6) \quad (A\text{–}21)$$

$$B = FI - 1{,}5 \quad (A\text{–}22)$$

G = Хорошо

P = Плохо

E = Отлично

B = Очень плохо

A.4 *Типичные результаты*

На рис. A-1/P. 11 – A-7/P. 11 представлены типичные результаты, полученные на основе модели, описывающей среднее значение на основе метода опроса мнений (MOS).

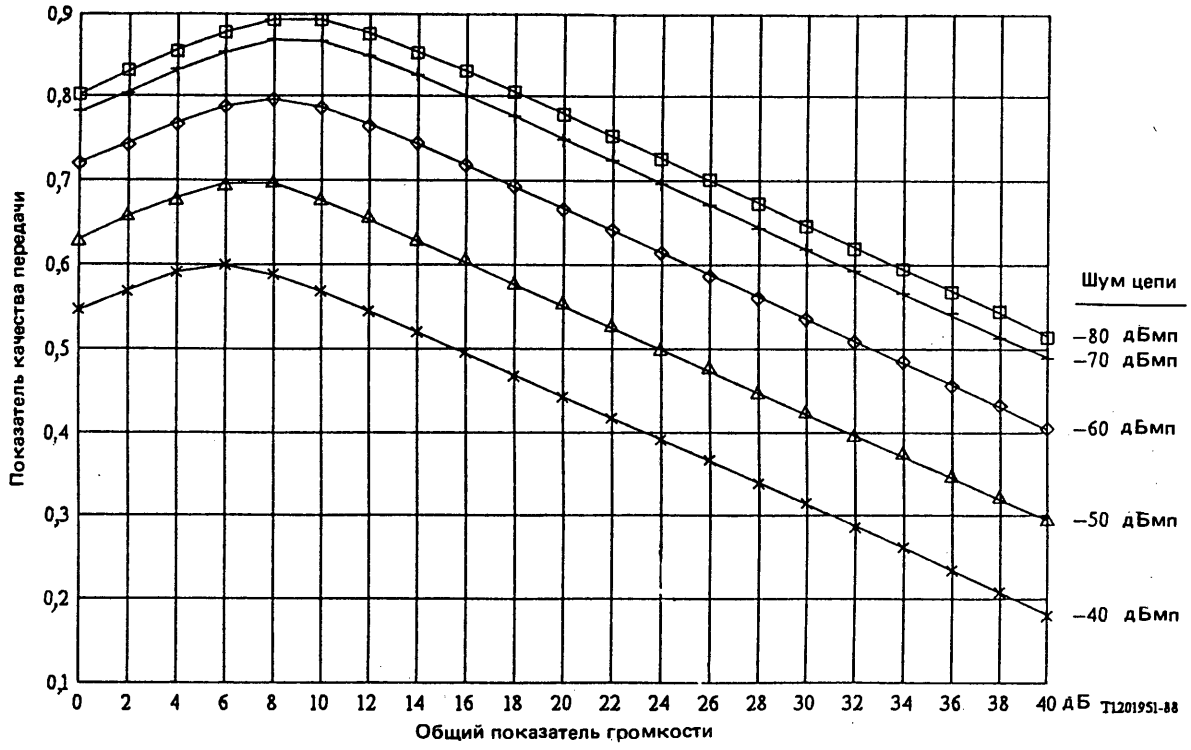


РИСУНОК A-1/P.11

Зависимость показателя качества передачи от общего показателя громкости и шума цепи

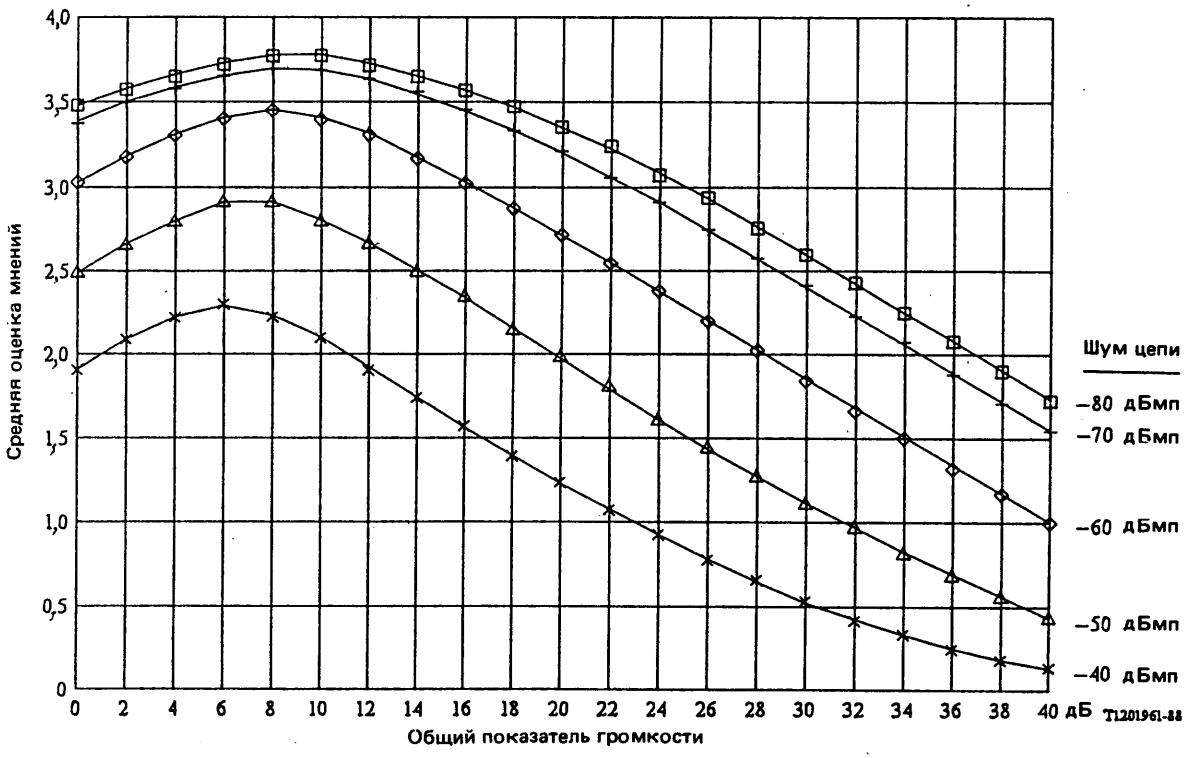


РИСУНОК A-2/P. 11

Зависимость средней оценки мнений от общего показателя громкости и шума цепи

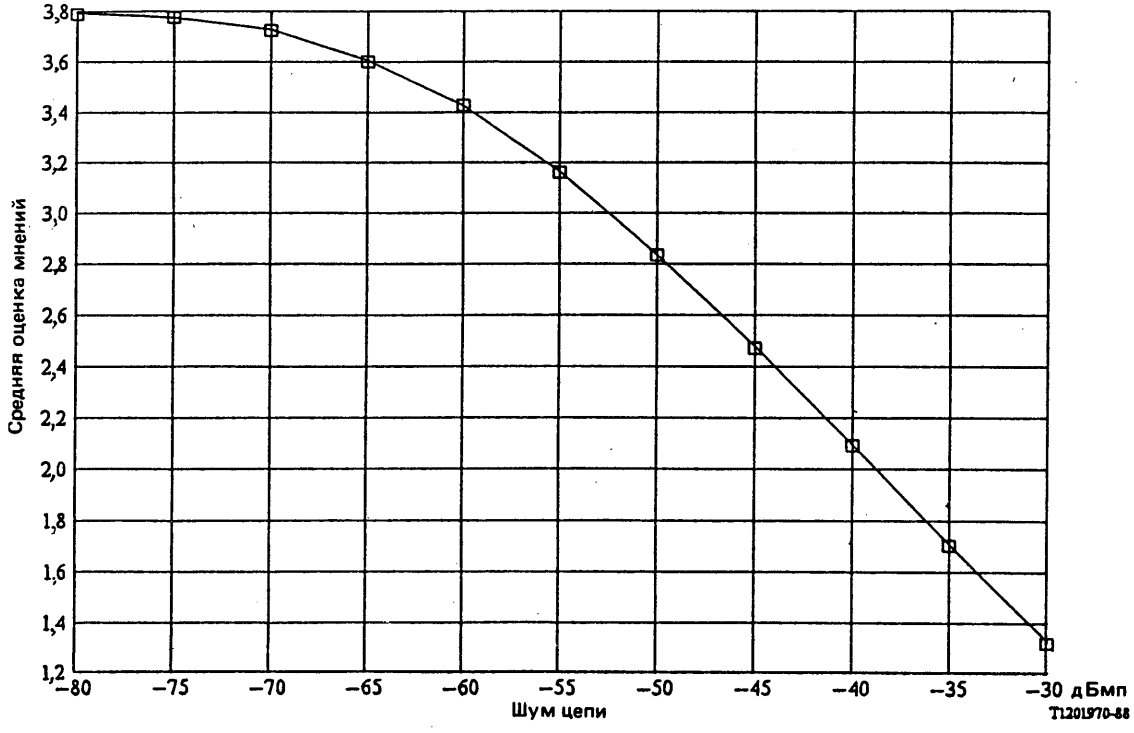


РИСУНОК A-3/P.11

Зависимость средней оценки мнений от шума цепи при OLR = 10 дБ

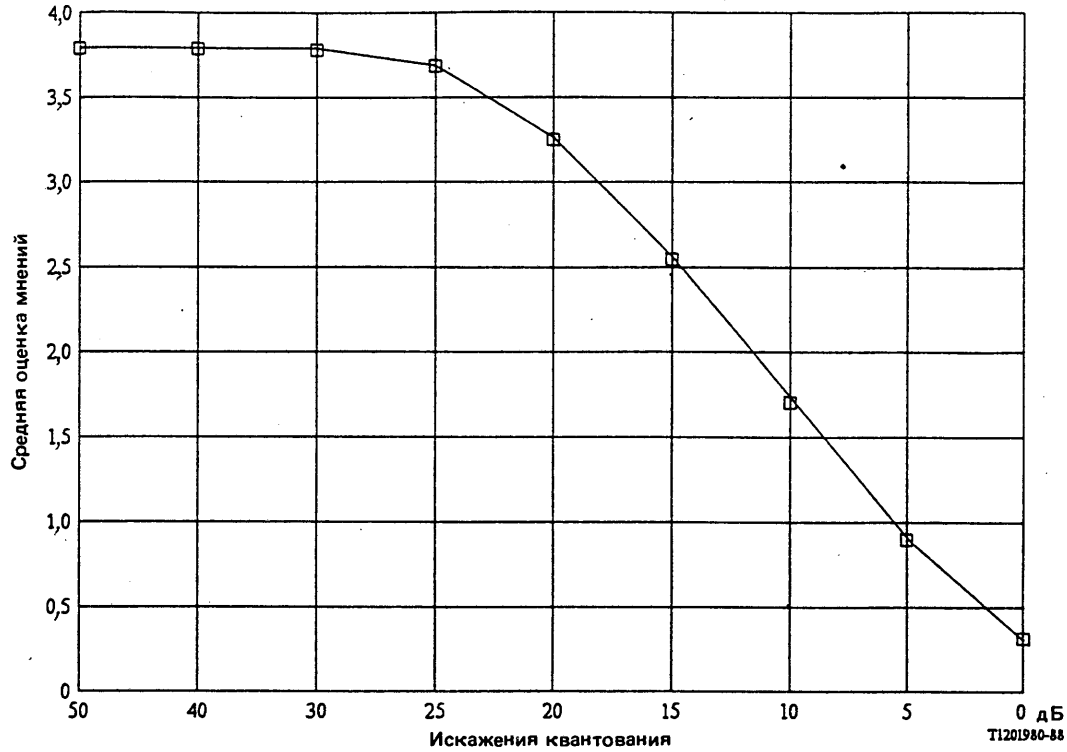


РИСУНОК A-4/P. 11

Зависимость оценки мнений от искажений квантования

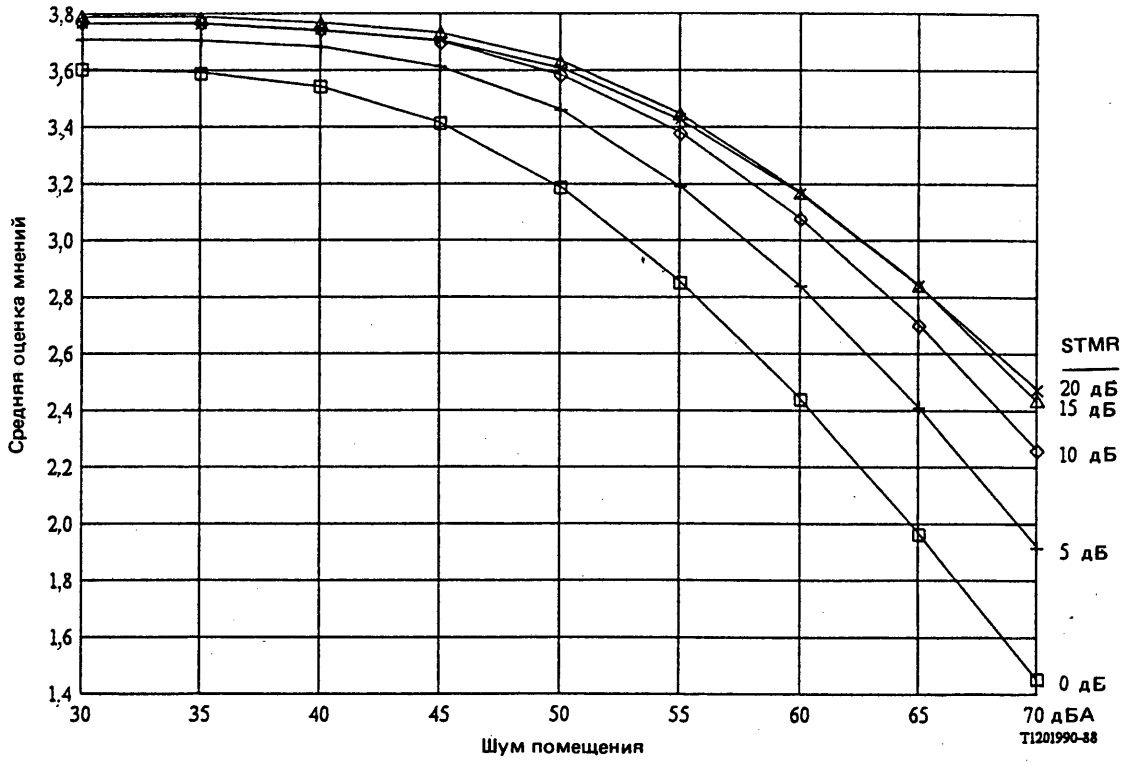


РИСУНОК A-5/P. 11

Зависимость средней оценки мнений от шума помещения и местного эффекта при использовании угольного микрофона

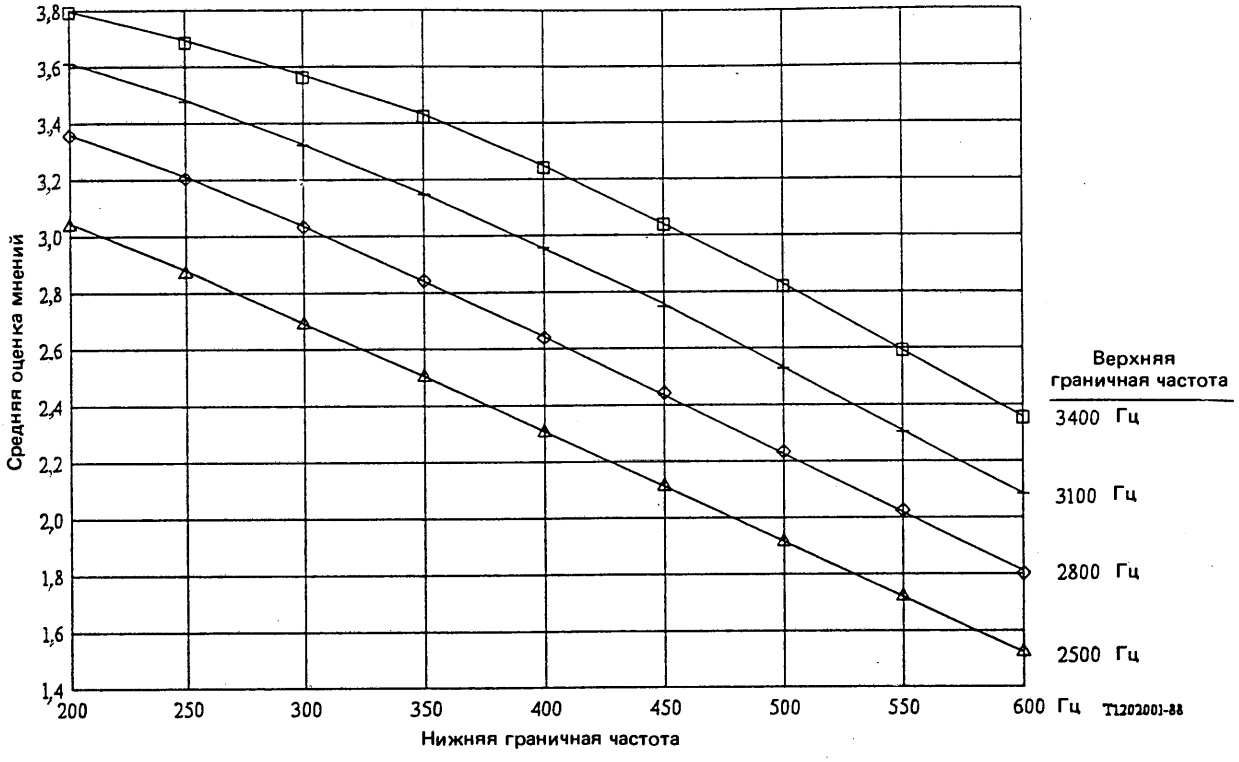


РИСУНОК A-6/P. 11

Зависимость средней оценки мнений от нижней и верхней граничных частот

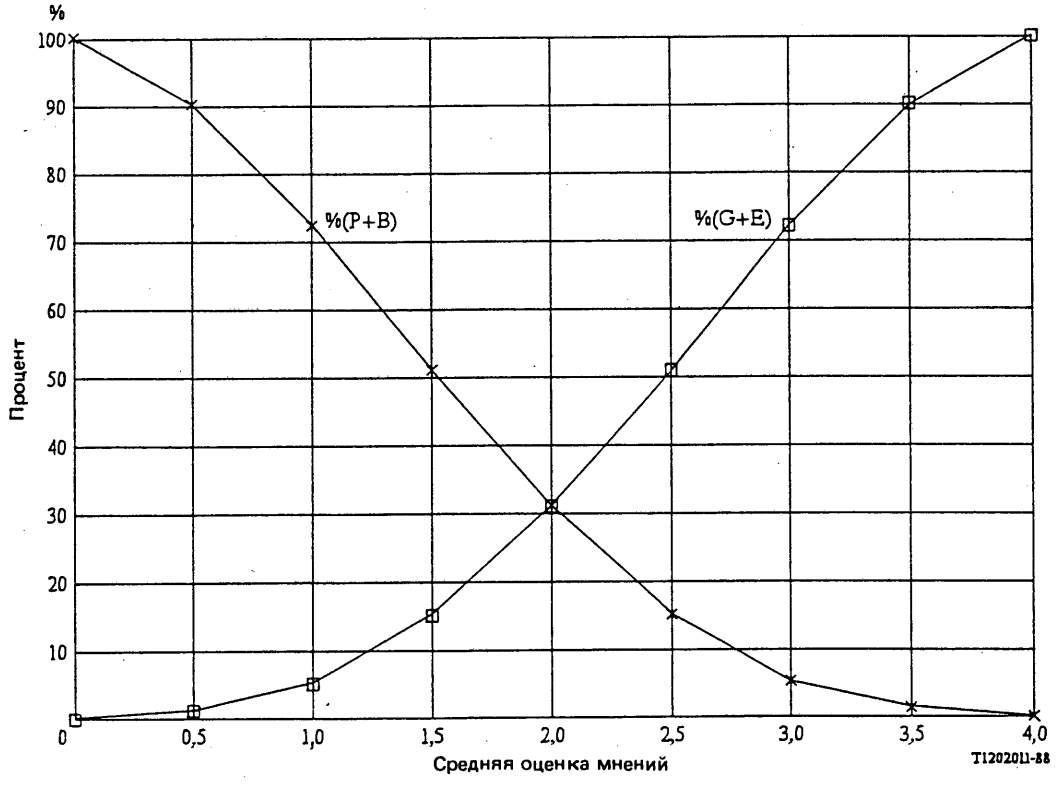


РИСУНОК A-7/P. 11

Взаимосвязь оценки мнения и показателя качества передачи: зависимость процентной доли оценок "G + E" и "P + B" от средней оценки мнений

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(к Рекомендации Р. 11)

Влияние частотных искажений на качество передачи

В.1 *Влияние частотных искажений на громкость и разборчивость*

Влияние частотных искажений на громкость сказывается на низких частотах сильнее, чем на высоких.

Влияние частотных искажений на разборчивость речи, в отличие от громкости, сказывается сильнее на высоких частотах, чем на низких. Значения эквивалента частотных искажений (I_L) и эквивалента потерь разборчивости (I_A) представляют собой разностные значения относительно соответствующего эквивалента затухания для системы с неограниченной полосой частот.

Как для значений эквивалента частотных искажений, так и для значений эквивалента потерь разборчивости, обусловленных характеристиками полосы пропускания, можно допустить, что аддитивный закон для значений ухудшения качества передачи выполняется на низких и высоких частотах, если крутизна характеристики затухания больше, чем 15 дБ/октава.

Влияние этого явления, определенное на основе изучения результатов расчетов и субъективных испытаний, представлено на рис. В-1/Р. 11, В-2/Р. 11, В-3/Р.11, В-4/Р. 11.

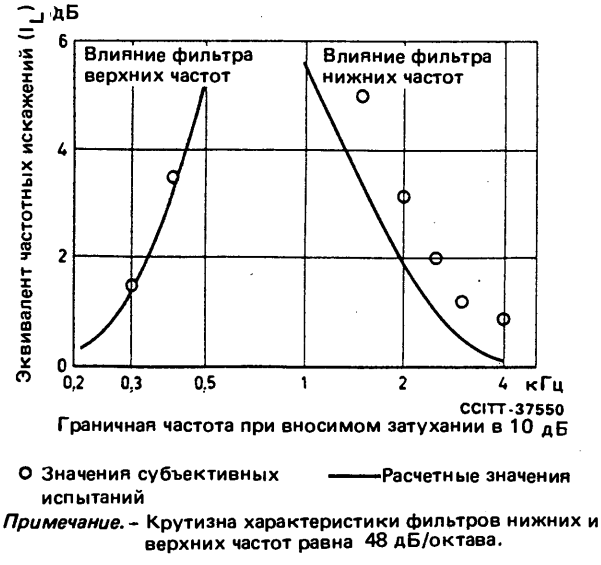
Примечание. – Эквивалент частотных искажений и эквивалент потерь разборчивости, описанные в этом разделе, определены для полного телефонного речевого тракта без учета частотных искажений соединительной линии.

В.2 *Влияние частотных искажений на оценки мнений при прослушивании и разговоре*

Влияние частотных искажений на оценки мнений при прослушивании и разговоре заметно возрастает при снижении общего затухания соединения. Эта тенденция может быть выражена более сильно при наличии шума цепи.

Влияние частотных искажений на оценки мнений сказывается несколько меньше, чем влияние потерь громкости, которые всегда преобладают при любых и особенно больших значениях общих потерь громкости. Однако считается, что их влияние сравнимо или даже сильнее, чем влияние шума при определенных условиях, особенно в соединениях с низкими общими потерями громкости.

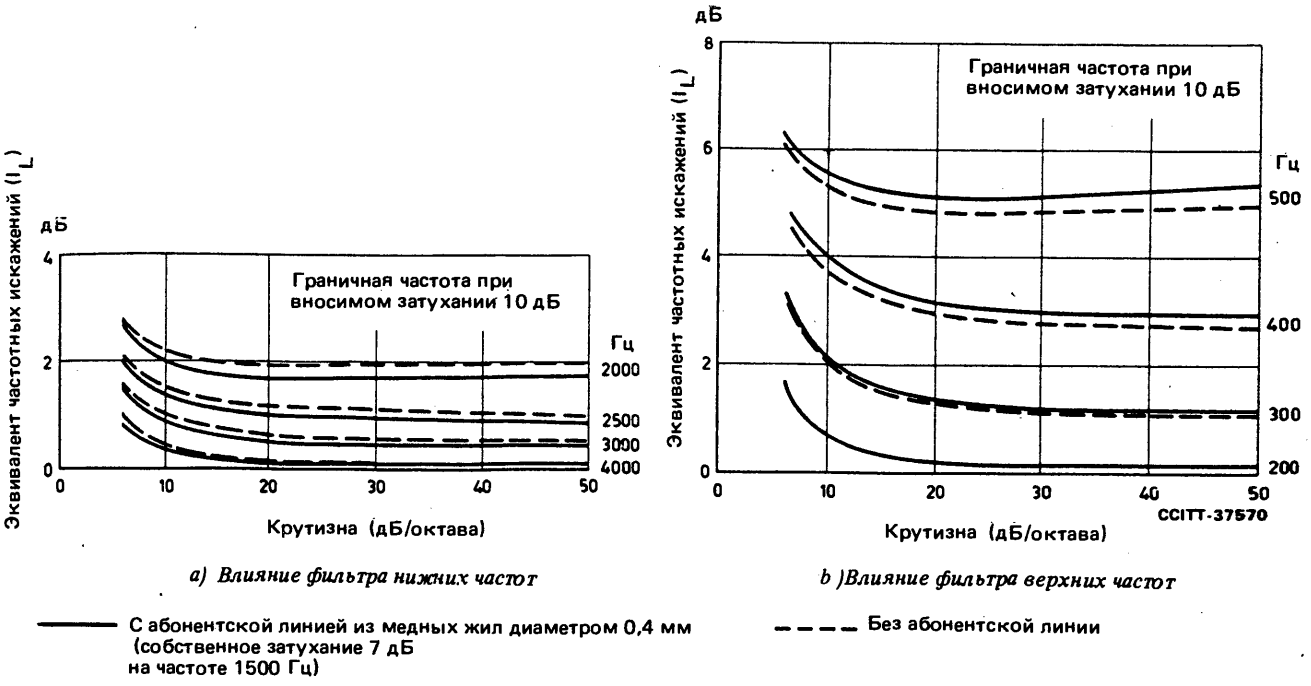
См. рис. В-5/Р. 11, В-6/Р. 11, В-7/Р. 11 и таблицу В-1/Р. 11.



Примечание. – Крутизна характеристики фильтров нижних и верхних частот равна 48 дБ/октава.

РИСУНОК В-1/Р. 11

Влияние граничной частоты на громкость



a) Влияние фильтра нижних частот

b)Влияние фильтра верхних частот

——— С абонентской линией из медных жил диаметром 0,4 мм (собственное затухание 7 дБ на частоте 1500 Гц)

– – – – Без абонентской линии

РИСУНОК B-2/P. 11

Влияние крутизны характеристик фильтров нижних и верхних частот на громкость

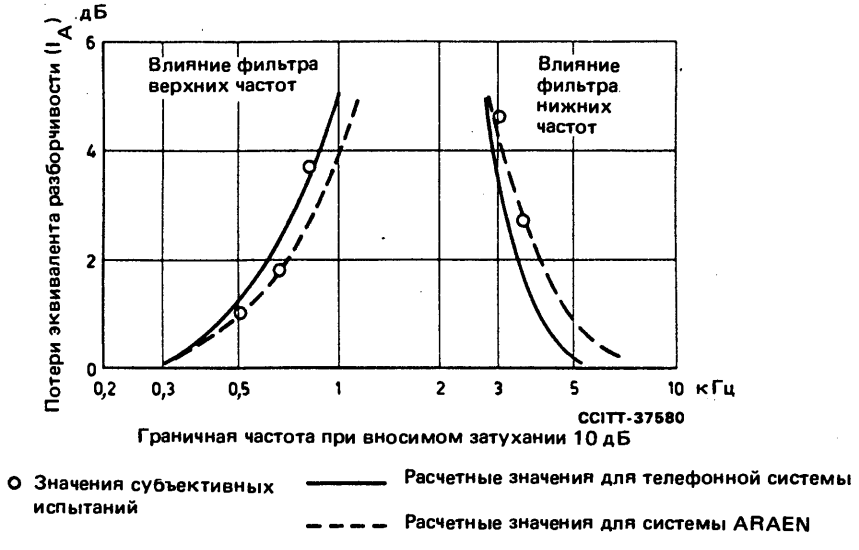
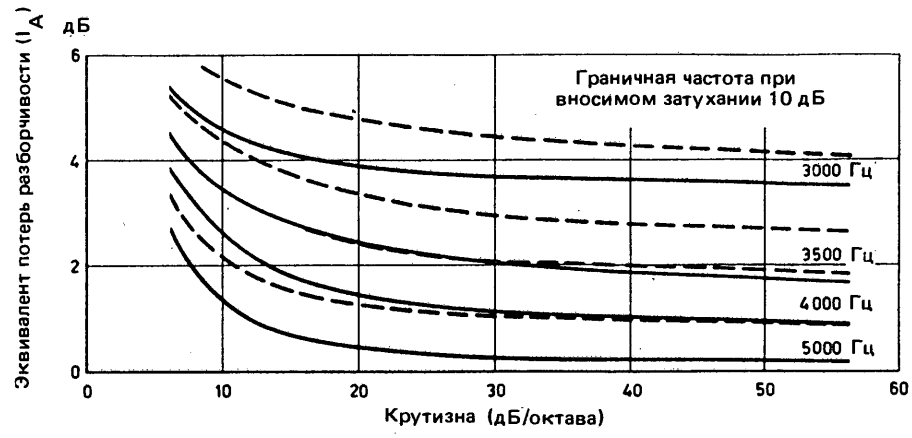
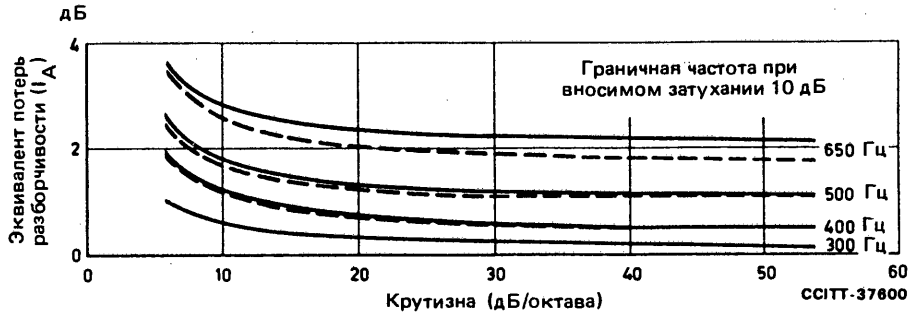


РИСУНОК B-3/P. 11

Влияние граничной частоты на разборчивость



a) Влияние фильтра нижних частот



b) Влияние фильтра верхних частот

——— Расчетные значения для телефонной системы

– – – Расчетные значения для системы ARAEN

РИСУНОК B-4/P. 11

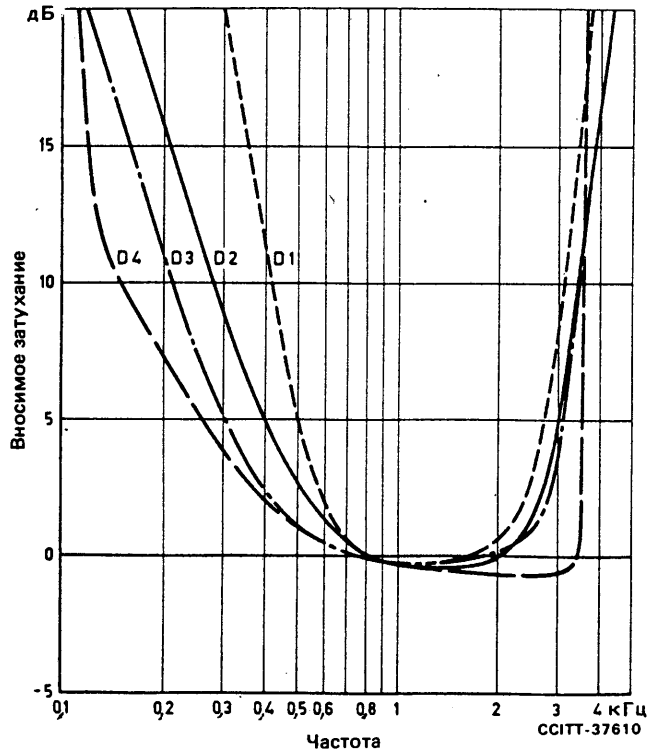
Влияние крутизны характеристик узкополосного и широкополосного фильтра на разборчивость

ТАБЛИЦА B-1/P. 11

Условия испытаний методом оценки мнений

№	Показатели	Условия разговорных испытаний методом оценки мнений при использовании местных телефонных систем	Примечание
1	Потери соединения	3, 13, 23, 29 дБ	Измеренные на частоте 800 Гц
2	Уровень шума линии	ICN_0 [a] = – 48,5 дБмп (14000 пВтп) – 54,5 дБмп (3500 пВтп) – 60,5 дБмп (900 пВтп) – 78,5 дБмп (14 пВтп)	Включая шумы станции: спектральные характеристики – 8 дБ/октава
3	Шумы помещения	50 дБА	
4	Передающая и приемная части	Местные телефонные системы Телефон: Модель 600 Абонентская линия: диаметр 0,4 мм, затухание 7 дБ на частоте 1500 Гц Питающий мост: станция ХВ (220 + 220 Ом) Полное сопротивление: 600 Ом	SCRE + RCRE = 9,3 дБ [b]
5	Частотные искажения	D1, D2, D3, D4 (рис. B-5/P. 11)	

a) Вносимый шум цепи, отнесенный к входу приемной части телефона при скорректированном эквиваленте затухания на приеме 0 дБ.
b) SCRE = скорректированный эквивалент затухания на передаче; RCRE = скорректированный эквивалент затухания на приеме.



D1: Допустимые в 95% случаях характеристики из 12 четырехпроводных цепей на основе рис. 1G. 232, график № 2B.

D2: Характеристики цепи из 12 четырехпроводных цепей на основе рис. 1/G. 132.

D3: Средние характеристики D4 и D2.

D4: Фильтр SRAEN (Рекомендации G. 111 и P.11).

РИСУНОК B-5/P. 11

Характеристики частотных искажений соединения для указанных условий испытаний

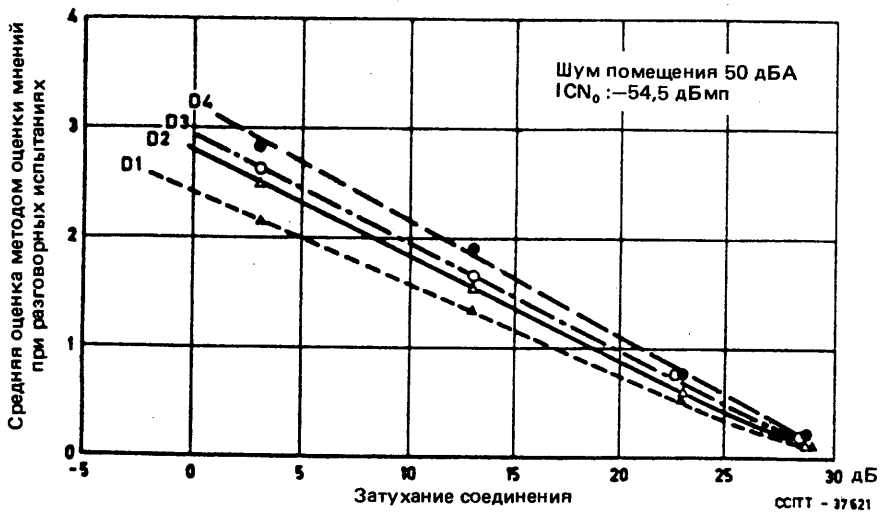


РИСУНОК B-6/P. 11

Влияние частотных искажений на среднюю оценку мнений при разговорных испытаниях

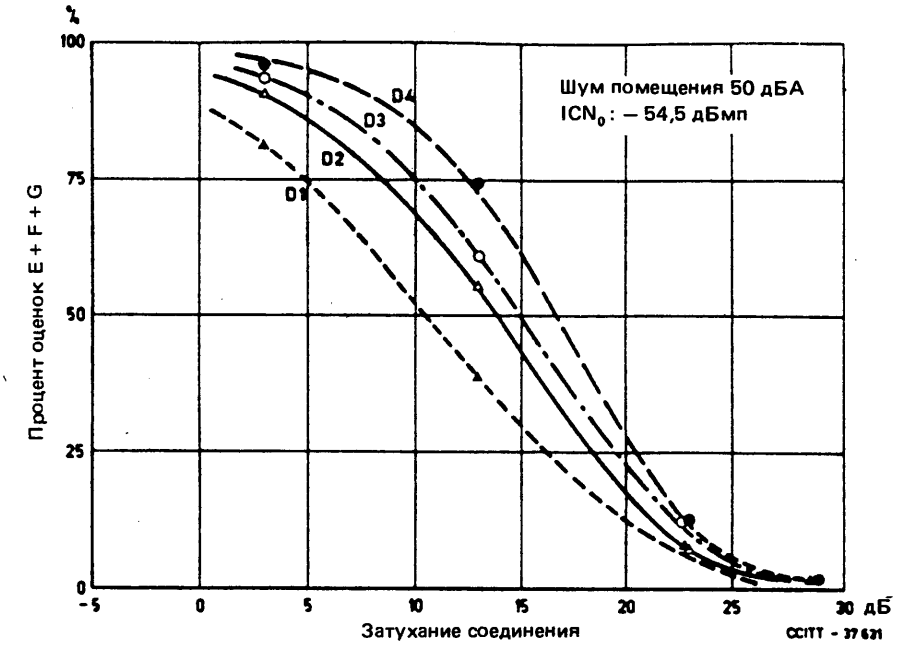


РИСУНОК B-7/P. 11

Влияние частотных искажений на долю оценок F, G и E при разговорных испытаниях

B.3 *Примеры влияния частотных искажений*

ТАБЛИЦА B-2/P. 11

Примеры различных способов представления характеристик частотных искажений

Частотные искажения	Параметры						Эквивалентное затухание (дБ)				
	Граничная частота (Гц)		Крутизна (дБ/октава)		Вносимое затухание (дБ)		Пример 1		Пример 2	Пример 3	
	f_{L10}	f_{H10}	f_{L10}	f_{H10}	на 300 Гц	на 3,4 кГц	I_L	I_A	$I_{2,5}$	I_{Y_C}	$I_{\%FGE}$
D4	150	3500	7,0	300	3,8	0	0	0	0	0	0
D3	210	3400	10,0	31,5	5,2	10	0,8	0,3	–	2,3	1,8
D2	280	3300	10,7	29,1	8,8	10	1,2	0,5	1,8	3,8	2,8
D1	420	3100	22,2	31,1	20,0	15	3,2	2,2	4,2	7,8	6,3

I_L Эквивалент частотных искажений (расчетная величина).
I_A Перепад эквивалента потерь разборчивости при 80 % разборчивости речи (расчетная величина).
$I_{2,5}$ Перепад эквивалента затухания MOS при $Y_{LE} = 2,5$.
I_{Y_C} Перепад эквивалента затухания MOS при $Y_C = 2,5$.
$I_{\%FGE}$ Суммарный показатель перепада эквивалента затухания, если доля оценок F, G и E равна 50 %.

B.4 *Метод оценки частотных искажений с помощью единицы частотных искажений (adu)*

Для оценки влияния частотных искажений может использоваться единица частотных искажений (adu). Однако в правиле планирования на основе использования adu нет необходимости.

Примечание. – Частотные искажения в цифровой системе контролируются действующим правилом планирования, основанным на использовании единицы искажений квантования (qdu), поскольку методы, используемые при применении qdu в цифровой системе, учитывают влияние частотных искажений. Поэтому нет необходимости в правиле планирования на основе использования adu.

В таблице B-3/P. 11 представлена величина частотных искажений, равная одной adu.

ТАБЛИЦА B-3/P. 11

Определение частотных искажений для одной adu

Частота (Гц)	Затухание (дБ)
200	1,57
300	0,40
400	0,12
500	0,08
600	0,06
800	0,01
1000	0
2000	– 0,02
2400	0,05
2800	0,14
3000	0,17
3400	1,04

Примечание. – Эта характеристика для одной adu составлена на основе таблицы A-4/G. 113.

Частотная характеристика чувствительности местной телефонной системы (LTS), применяемая для определения влияния использования adu на качество речи, представлена в таблице B-4/P. 11. Это – характеристика промежуточной эталонной системы (IRS) без учета характеристик фильтра SRAEN. IRS для каждой передающей и приемной части должна использоваться как передающая и приемная части сети. Для обычного телефонного аппарата разности частотных характеристик чувствительности рассчитываются из характеристик IRS без учета характеристик фильтра SRAEN и преобразуются в несколько adu методом показателей количества adu.

Метод показателя частотных искажений, выраженный количеством adu, описывается следующим уравнением:

$$N = \frac{1}{4}\left(\frac{A'_{300}}{A_{300}} + \frac{A'_{400}}{A_{400}} + \frac{A'_{500}}{A_{500}} + \frac{A'_{3000}}{A_{3000}}\right),$$

где:

N – количество adu;

A'_f – частотные искажения характеристик на частоте f (дБ);

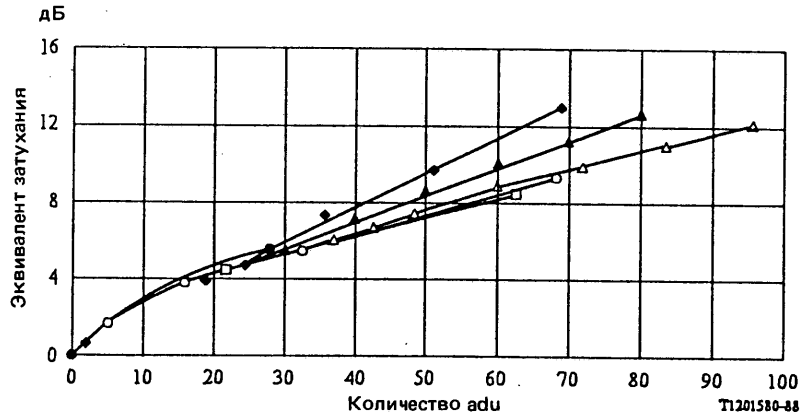
A_f – частотные искажения одной adu на частоте f (дБ).

На рис. B-8/P. 11 представлены полученные на основе оценки мнений значения эквивалента затухания для различного количества adu. Используя частотные характеристики, приведенные в таблицах B-3/P. 11 и B-4/P. 11, рассчитывают опорную точку и количество adu методом показателей количества adu. В соответствии с рис. B-8/P. 11 суммарный эквивалент затухания равен приблизительно 0,15 дБ на adu и пропорционален количеству adu.

ТАБЛИЦА B-4/P. 11

Частотная характеристика чувствительности LTS, применяемая для определения влияния использования adu

Частота (Гц)	Относительный уровень на выходе (дБ)	
	на передаче	на приеме
100	– 22,0	– 21,0
125	– 18,0	– 17,0
160	– 14,0	– 13,0
200	– 10,0	– 9,0
250	– 6,8	– 5,7
315	– 4,6	– 2,9
400	– 3,3	– 1,3
500	– 2,6	– 0,6
630	– 2,2	– 0,1
800	– 1,2	0
1000	0	0
1250	1,2	0,2
1600	2,8	0,4
2000	3,2	0,4
2500	4,0	– 0,3
3150	4,3	– 0,5
4000	0	– 11,0
5000	– 6,0	– 23,0
6300	– 12,0	– 35,0
8000	– 18,0	– 53,0



Источники

- ○ Приложение A к настоящей Рекомендации
- □ Китай [1]
- △ ATT [2]
- ● NTT [3]
- ◆ NTT [4]
- ▲ Суммарное затухание

Количество adu	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Показатель громкости соединения	0	1,0	1,8	2,4	3,1	3,7	4,3	5,1	5,9
Суммарное затухание	0	3,1	4,8	6,1	7,5	8,9	10,2	11,3	12,7

РИСУНОК B-8/P. 11

Значение эквивалента затухания для различного количества adu на основе метода оценки мнений

ПРИЛОЖЕНИЕ С

(к Рекомендации Р. 11)

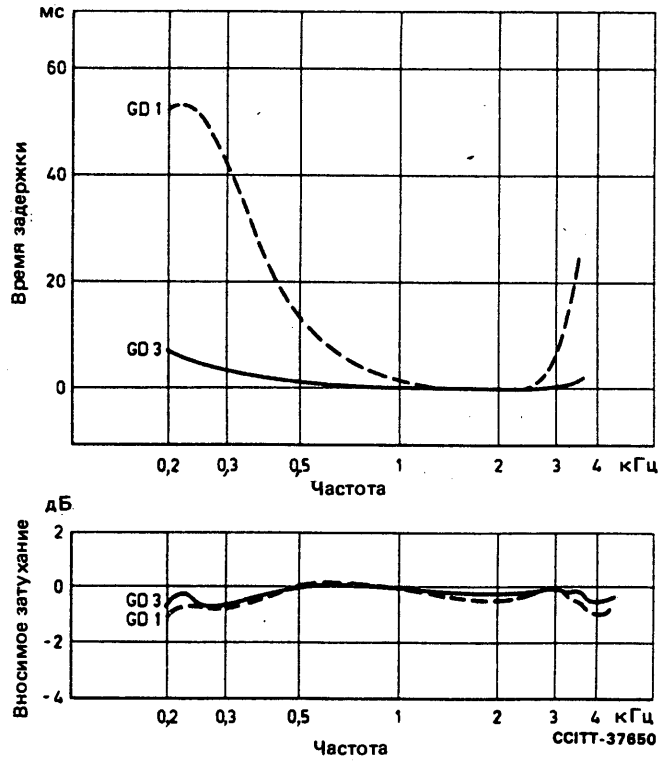
Влияние искажений групповой задержки на качество передачи

Влияние искажений групповой задержки описывается как "звон" в верхней части полосы пропускания и как "невнятная речь" в нижней части полосы пропускания.

При отсутствии шума или частотных искажений это влияние будет заметным во всем возможном диапазоне значений громкости.

Однако на практике влияние в четырехпроводной цепи сказывается не сильно, так как обычно оно сопровождается сопутствующими амплитудно-частотными искажениями.

См. рис. С-1/Р. 11, С-2/Р. 11 и С-3/Р. 11.



GD1: Аппроксимация для цепи, состоящей из 12 цепей, соответствующая 95% возможных значений

GD3: Аппроксимированное значение для одной стандартной современной цепи

Примечание. Условия испытания такие же, как и при оценке частотных искажений. Цепи, моделирующие искажения групповой задержки соединения при испытаниях, не вносят амплитудно-частотных искажений.

РИСУНОК С-1/Р. 11

Искажения групповой задержки в испытуемом соединении

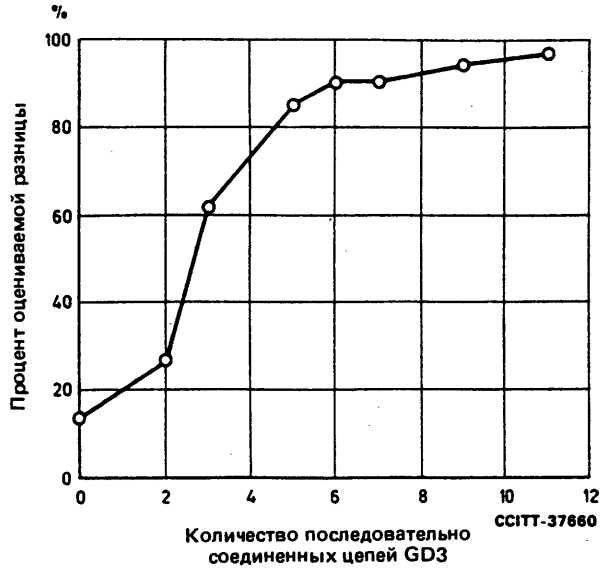
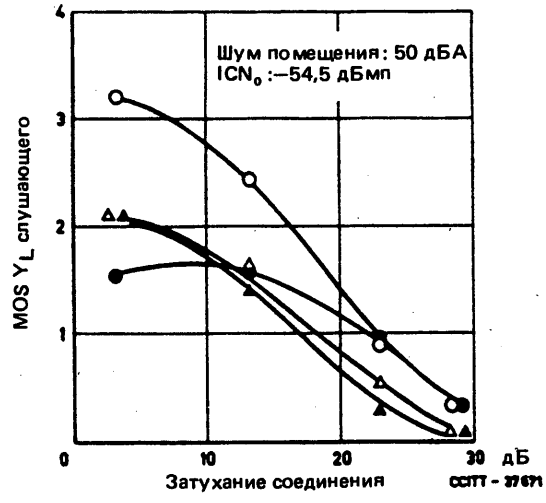


РИСУНОК C-2/P. 11

Возможность обнаружения искажений групповой задержки



Частотные искажения	Групповая задержка
○ D4	нет
● D4	GD1
△ D1	нет
▲ D1	GD1

РИСУНОК C-3/P. 11

Влияние искажений групповой задержки на оценку мнений слушающего

ПРИЛОЖЕНИЕ D

(к Рекомендации Р. 11)

Влияние угольных и линейных микрофонов на качество передачи

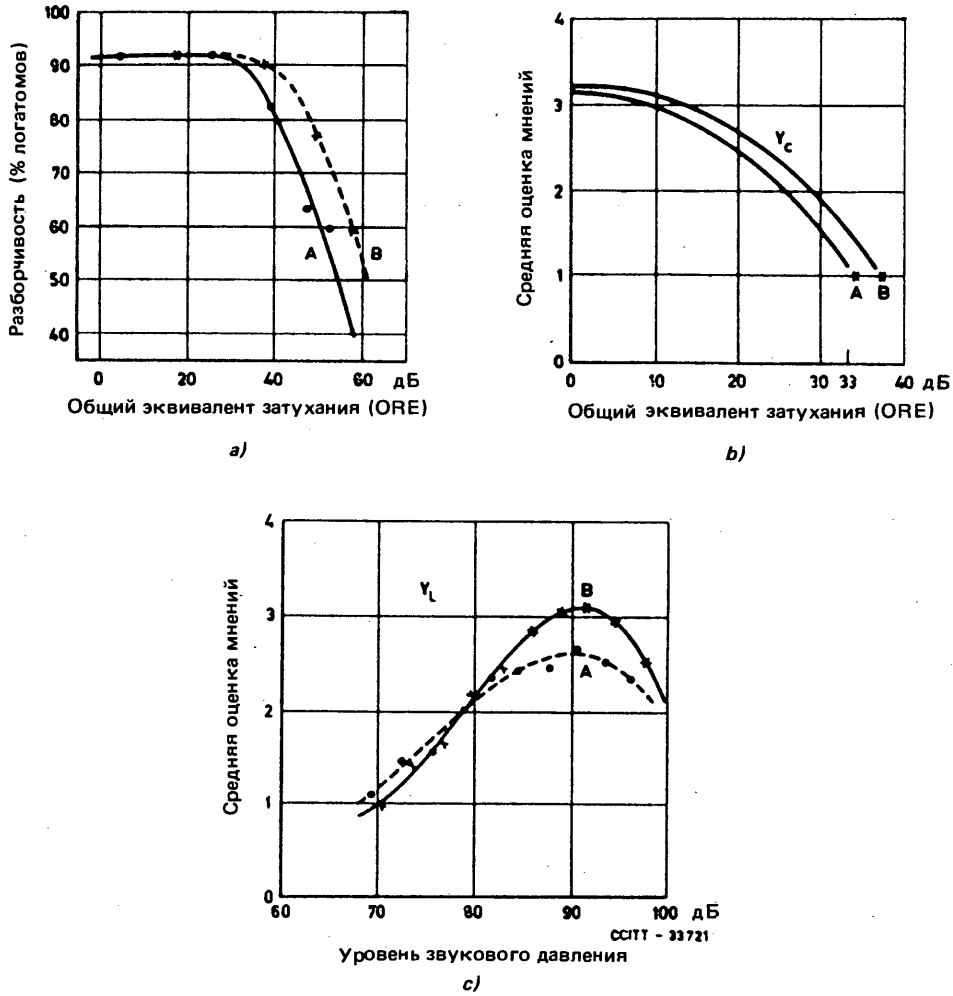
Была собрана информация о различии характеристик угольных и линейных (неугольных) микрофонов. Это различие проявляется не только в содержании нелинейных искажений из-за гармоник и продуктов взаимной модуляции, но также и в величине амплитудно-частотных искажений ("линейные искажения") и амплитудных искажений (зависящих от уровня) для двух типов микрофонов.

Типичные примеры результатов, полученных путем сравнительных испытаний, приведены на рис. D-1/P.11. Графики характеризуют качество передачи, выраженное через разборчивость или среднюю оценку мнений (только для разговора или прослушивания) в зависимости от эквивалента затухания или уровня звукового давления речи.

Однако каких-либо общих выводов из этих результатов, поступивших из различных источников и касающихся различных моделей микрофонов, сделать нельзя, так как нельзя выделить индивидуальные влияния нелинейных амплитудно-частотных и амплитудных искажений. Тем не менее все три примера показывают, что качество передачи несколько повышается при замене угольного микрофона линейным.

В примере *c)* наблюдается существенное улучшение качества при оптимальном уровне слышимости, в то время как на низких уровнях слышимости разницы нет (или даже разница отрицательная). В этом случае при наличии шума помещения и недостаточном затухании местного эффекта (эквивалент затухания местного эффекта равен 1–4 дБ при таких условиях испытаний) более низкая чувствительность отдельных типов угольных микрофонов в дальней акустической зоне может стать преимуществом.

При передаче в полосе частот более широкой, чем стандартная полоса частот телефонного канала – и в частности в случае громкоговорящего телефона, – вероятнее всего, более заметное улучшение качества звука дает использование линейных микрофонов вместо угольных микрофонов.



A угольный микрофон
B линейный микрофон

Примечание. — Полоса частот: 300 — 3400 Гц, шум помещения 50 дБ(А)

РИСУНОК D-1/P. 11

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

(к Рекомендации Р. 11)

Искажения квантования цифровых систем

В целях планирования сети для телефонной передачи речи удобно выделить соответствующие весовые коэффициенты любому процессу нестандартного аналого-цифрового преобразования, парам трансмультиплексоров и процессам, вносящим цифровое затухание. В одном из таких методов считается, что одна единица ухудшения качества передачи, обусловленного искажениями квантования, выделяется 8-разрядному кодеку с компандированием по А- или μ-закону. Временное правило планирования позволяет выделить на полное международное соединение 14 единиц ухудшения качества, 5 единиц на каждый национальный участок и 4 единицы для международной цепи. Такое правило позволило бы иметь 14 последовательно соединенных 8-битовых неинтегрированных процессов.

Модель оценки субъективного мнения (см. Дополнение № 3 в конце настоящего тома) дает результаты, показывающие, что Q[2] полного последовательного соединения 14 неинтегрированных 8-разрядных систем равна приблизительно 20 дБ. Эта же модель показывает, что одна 7-разрядная система имеет приблизительно то же значение Q, что и три 8-разрядные системы. (Этот вывод сделан на основе заключения, что значения Q для цифровых систем складываются как 15 $\log_{10}$, то есть 2 цифровые системы, имеющие Q = 24,5 дБ каждая, при асинхронном последовательном соединении будут иметь Q = 20 дБ.) Рекомендуется до получения дополнительной информации выделять 7-разрядной системе 3 единицы (3 qdu) ухудшения качества.

Для целей планирования рекомендуются временные значения ухудшения качества, приведенные в таблице Е-1/Р. 11 и основанные на рассмотрении качества телефонной речи.

Примечание. – Эти предварительные выводы основаны на ограниченном объеме информации; по мере поступления новой информации могут вводиться весовые коэффициенты.

ТАБЛИЦА Е-1/Р. 11

Распределение единиц снижения качества передачи телефонной речи

Процесс	Количество единиц ухудшения	Замечания
Один 8-разрядный ИКМ по А- или μ-закону	1	(Примечание 1)
Пара 7-разрядных ИКМ (А- или μ-закон)	3	(Примечание 1)
Цифровой удлинитель, реализуемый манипуляцией 8-разрядных ИКМ кодовых слов	1	(Примечание 2)
32 кбит/с АДИКМ-V	3,5	(Примечание 3)

Примечание 1. – Для целей общего планирования величина ухудшения распределяется поровну между передающей и приемной частями.

Примечание 2. – Приведенное ухудшение почти одинаково для всех значений цифровых удлинителей в диапазоне 1–8 дБ. Единственное исключение составляет удлинитель по А-закону 6 дБ, который вносит незначительное ухудшение качества передачи сигналов до – 30 дБм0 и таким образом требует 0 единиц искажений квантования.

Примечание 3. – АДИКМ-V = АДИКМ с адаптивным предсказанием (Рекомендация G. 721).

---

[2] Q – это отношение мощности речи к мощности коррелированного с речью шума, определяемой субъективно при использовании MNRU (эталонный блок модулированного шума) (см. Рекомендацию Р. 81). Методы, используемые для субъективной оценки кодеков при помощи MNRU, приведены в Дополнении № 14.

ПРИЛОЖЕНИЕ F

(к Рекомендации P. 11)

Влияние нелинейных искажений на качество передачи

Субъективное влияние нелинейных искажений на реальную речь в большой степени зависит от точной формы нелинейности. На рис. F-1/P. 11 представлены некоторые указания по ухудшению качества передачи, выраженного в виде среднего значения методом оценки мнений и полученного при реальных субъективных испытаниях, проведенных BNR в 1982 г. и 1986 г. и фирмой NTT в 1986 г., для двух форм нелинейности, а именно квадратичной и кубической.

Следует подчеркнуть, что для заданной величины искажения (выраженной в процентах от гармонических искажений синусоидального сигнала, имеющего тот же среднеквадратичный уровень, что и речь) субъективное влияние кубической нелинейности сказывается сильнее, чем влияние квадратичной нелинейности.

Информация, представленная на рис. F-1/P. 11, была получена экспериментальным путем для тракта говорящий – слушающий и необязательно должна относиться к нелинейным искажениям, появляющимся в тракте местного эффекта говорящего, где имеется эффект маскирования неискаженного речевого сигнала.

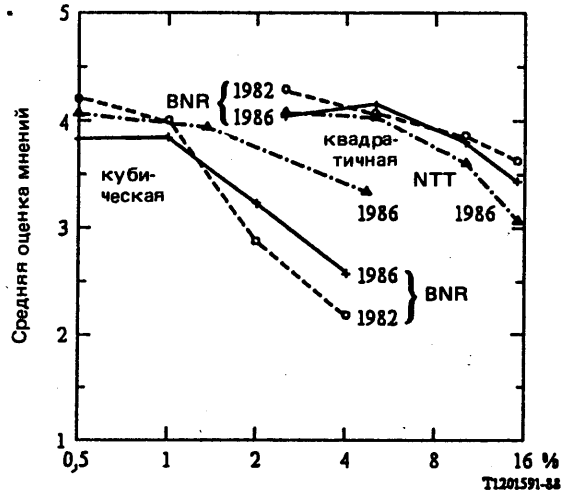


РИСУНОК F-1/P. 11

Субъективные показатели нелинейных искажений

Библиография

[1] МККТТ – Вклад COM XII-№ 46, Исследовательский период 1981–1984 гг.

[2] МККТТ – Вклад COM XII-№ 84, Исследовательский период 1981–1984 гг.

[3] МККТТ – Вклад COM XII-№ 88, Исследовательский период 1981–1984 гг.

[4] МККТТ – Вклад COM XII-№ 173, Исследовательский период 1981–1984 гг.

СУБЪЕКТИВНОЕ ВЛИЯНИЕ ПРЯМОГО ПЕРЕХОДНОГО РАЗГОВОРА; ПОРОГИ СЛЫШИМОСТИ И РАЗБОРЧИВОСТИ

(Женева, 1972 г.; изменена в Женеве, 1976 г. и 1980 г.; Малага-Торремолинос, 1984 г.; Мельбурн, 1988 г.)

1 Факторы, влияющие на предельные значения переходного разговора

Степень слышимости и разборчивости сигнала переходного влияния зависит от большого количества факторов.

Основные факторы, сказывающиеся на разборчивости звукового сигнала переходного разговора, приведены ниже.

1.1 *Качество передачи телефонных аппаратов*

Решающим фактором являются показатели громкости на приеме и передаче. Это же касается показателя местного эффекта при наличии шума помещения. Предполагается использование современных телефонных аппаратов со сглаженной амплитудно-частотной характеристикой.

1.2 *Шум цепи*

Должен учитываться шум цепи соединения, подверженного влиянию. Уровень шума измеряется псофометром, оснащенным схемой с весовой обработкой для телефонных каналов, как это описано в Рекомендации О.41.

1.3 *Шум помещения*

Шум помещения непосредственно воздействует на ухо путем просачивания через неизбежные воздушные зазоры между ухом и приемником телефонной трубки и косвенно в виде местного эффекта. Местный эффект также зависит от условий работы. В отличие от шума цепи влияние шума помещения может быть снижено до определенной степени пользователем телефона. По этой причине, а также для учета неблагоприятных условий, измерения слышимости переходного разговора проводятся при небольшом, а также при пренебрежимо малом шуме помещения. Так как порог слышимости весьма чувствителен к маскирующим эффектам, то под "пренебрежительно малым" шумом помещения понимается уровень шума намного ниже 10 дБА. Относительно низкий уровень шума в 40 дБА имеет очень заметный маскирующий эффект и поэтому может служить примером "небольшого" шума помещения.

1.4 *Шум телефонного аппарата*

Кроме маскирующего влияния шума цепи и шума помещения на переходный разговор, следует учитывать внутренний шум телефонного аппарата в соединении, подверженном влиянию переходного разговора. В современных телефонных аппаратах этот шум генерируется электронными схемами (усилителями и т. д.), а в старых конструкциях телефонных аппаратов источником шума являются угольные микрофоны. Внутренний шум может выражаться и рассматриваться как эквивалент шума цепи.

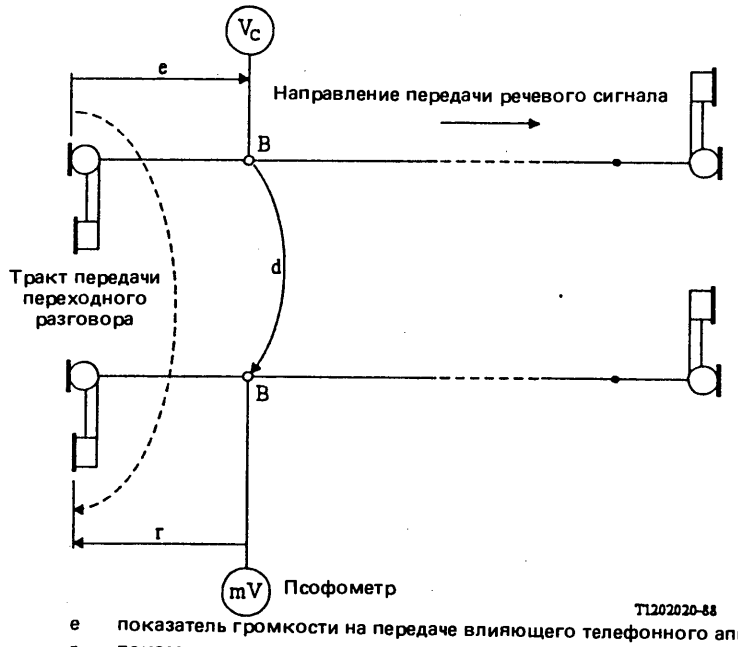
1.5 *Разговор в канале, подверженном переходному разговору*

Во время активной речи в канале, подверженном переходному разговору, реальные уровни переходного разговора неслышны. Однако до начала разговора или во время длинных пауз в разговоре можно услышать и понять переходный разговор. Как правило, было бы неразумно осуществлять планирование, считая, что соединение, подверженное переходному разговору, всегда активно; поэтому информация, приведенная в настоящей Рекомендации, предполагает отсутствие разговора в канале, подверженном переходному разговору.

1.6 *Уровень переходного разговора*

Разборчивость переходного разговора в значительной мере зависит от природы переходного влияния, в свою очередь, зависящего в основном от частоты.

Показатель громкости тракта переходного разговора – от разговорного сигнала во влияющей линии до подверженного влиянию телефонного аппарата абонента – можно подразделить на потери громкости тракта переходного разговора между влияющей линией и линией, подверженной влиянию, и на показатель громкости на приеме телефонного аппарата, подверженного влиянию. Это разделение представлено на рис. 1/Р. 16.



e показатель громкости на передаче влияющего телефонного аппарата;
r показатель громкости на приеме телефонного аппарата, подверженного влиянию;
d потери громкости в тракте переходного разговора;
B зажимы телефонного аппарата;
V_c уровень разговорной речи.
Влияющий и подверженный влиянию телефонные аппараты находятся на одном конце: переходный разговор на ближний конец.
Влияющий и подверженный влиянию телефонные аппараты находятся на противоположных концах: переходный разговор на дальний конец.

РИСУНОК 1/Р.16

Тракт передачи переходного разговора

Для заданного уровня речи V_c разборчивость сигнала переходного влияния зависит от показателя громкости $d + r$. В Рекомендации G. 111, § A.4.4.4, показатель громкости переходного разговора на приеме определяется как:

$$XRLR = RLR\,(аппарат) + L_x,$$

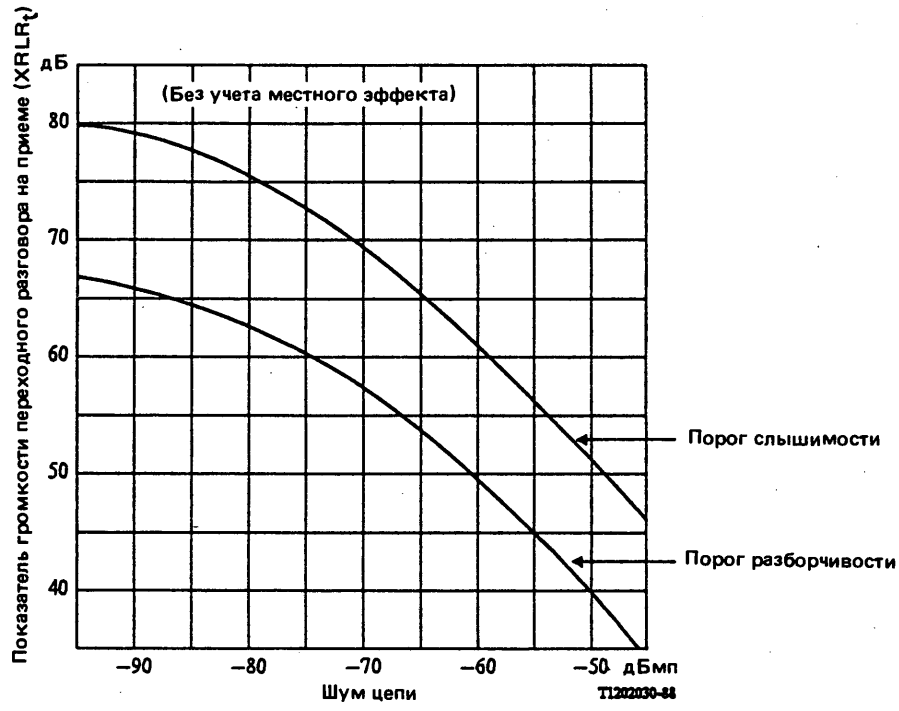
где *RLR (аппарат)* относится к телефонному аппарату, подверженному влиянию.

Громкость сигнала переходного разговора L_x рассчитывается как показатель громкости, но при значении показателя степени m = 1, которое справедливо вблизи порога слышимости.

Из-за отсутствия дополнительной информации значение L_x может быть взято равным затуханию, измеренному или рассчитанному на частоте 1020 Гц.

2 Средние значения порога слышимости и разборчивости переходного разговора слушающего абонента

Кривые на рис. 2/Р. 16 представляют показатель громкости переходного влияния на приеме, соответствующий порогу слышимости и разборчивости ($XRLR_t$) в зависимости от шума цепи. Для целей планирования рекомендуется считать шум помещения пренебрежимо малым, что создает наиболее неблагоприятные условия.



Примечание 1. – Шум цепи измерен на зажимах телефонного аппарата. Шум помещения считается пренебрежимо малым.

Примечание 2. – Предполагается, что уровень во влияющей линии равен – 18 дБВ активного разговорного уровня.

РИСУНОК 2/Р.16

Зависимость порогового значения показателя громкости переходного разговора на приеме от шума цепи

Порог слышимости определяется величиной переходного разговора в телефонном аппарате слушающего абонента, при которой наличие речевого сигнала может быть только обнаружено, но речь невозможно понять. Порог разборчивости переходного разговора определяется такой величиной влияющего сигнала в телефонном аппарате слушающего абонента, при которой можно понять отдельные слова или фразы.

Кривые на рис. 2/Р.16 представляют медианные значения порогов слышимости и разборчивости, так что в каждом случае 50 % мнений абонентов лежит соответственно выше и ниже конкретной кривой. Было установлено, что стандартное отклонение для слушающих абонентов находится в пределах 4–6 дБ, а для целей планирования рекомендуется значение 5 дБ. На рис. 3/Р. 16 представлены кривые распределения двух указанных порогов для большой выборки слушающих при отсутствии шума цепи. Разность показателей XRLR двух кривых составляет около 12 дБ.

Результаты первых проведенных экспериментов (для которых представлены кривые на рис. 2/Р. 16) были выражены разговорным уровнем (то есть в единицах волюма (VU)) и показывают удовлетворительную степень соответствия.

Однако предыдущие варианты Рекомендации Р. 16 были основаны на предположении, что между уровнем громкости на передаче и уровнем речи в линии имеется определенная взаимосвязь. Это допущение требует коррекции в пределах 11 дБ и поэтому не справедливо. Кроме того, разговорные уровни, выраженные в единицах волюма, оказались разными при измерениях идентичных выборок речи, проведенных в разных странах. Поэтому предполагается, что уровень речи во влияющей линии фиксирован и независим от показателя громкости на передаче (SLR) этой цепи.

Пороговые значения, приведенные на рис. 2/Р. 16, основаны на предположении, что уровень речи V_c при нормальных условиях разговора равен –18 дБВ активного разговорного уровня (измеренного в соответствии с Рекомендацией Р.56) на зажимах влияющего телефонного аппарата. Это значение является расчетным средним значением разговорного уровня на передающем конце соединения во многих странах при довольно высоком общем показателе громкости [между оптимальным и максимально допустимым (OLR)].

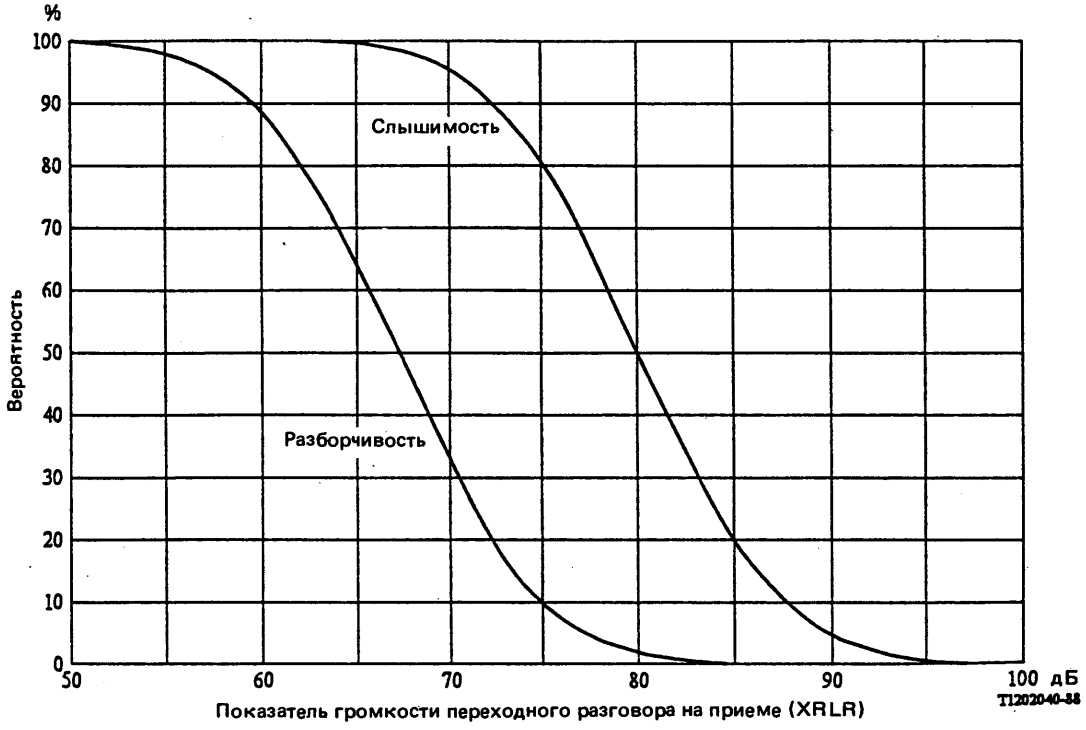


РИСУНОК 3/Р.16

Распределение слушающего для показателя громкости переходного разговора на приеме при различных определениях порога

Стандартное отклонение разговорных уровней достаточно большое. Для расчета следует использовать значение $\sigma = 5$ дБ.

Для расчета пороговых значений разговорного уровня, отличных от – 18 дБВ, значение XRLR должно быть скорректировано на величину разницы с учетом ее знака (для более высоких уровней требуются более высокие значения XRLR и наоборот).

Значение $XRLR_t$ является суммой потерь громкости в тракте переходного разговора и потерь громкости на приеме линии, подверженной влиянию. В целях получения потерь громкости в тракте переходного разговора, L_x, для конкретного порогового значения следует вычесть значение RLR (аппарата).

Обычно для любого разговорного уровня и показателя громкости на приеме L_x определяется в соответствии с рис. 2/Р. 16 по формуле:

$$L_x = XRLR_t - RLR\,(аппарата) + (18 + V_c).$$

3 Влияние шума помещения

Шум помещения достигает уха слушающего как через зазор, образуемый раковиной микротелефонной трубки, так и посредством местного эффекта. Для заданного значения местного эффекта шум помещения может быть пересчитан в эквивалент шума цепи с помощью модели передачи, как описано в Дополнении № 3. На рис. 2 этого Дополнения представлено семейство пересчитанных кривых с использованием местного эффекта в качестве параметра.

Для примера можно сказать, что при достаточно большом затухании местного эффекта (таком же, как и в предыдущем варианте Рекомендации Р.16) уровень шума помещения 40 дБА эквивалентен шуму цепи с уровнем –85 дБмп. Этот уровень шума снижает пороговое значение XRLR приблизительно на 8 дБ. В большинстве случаев дополнительное снижение может быть вызвано просачиванием через зазор вокруг раковины приемника телефонной трубки.

Однако, как правило, степень влияния этого фактора предсказать нельзя, поскольку оно зависит как от формы раковины телефонной трубки, так и от привычек абонента.

В то время как кривые на рис. 2/P. 16 представляют средние значения слышимого или внятного переходного разговора при различных значениях шума, кривые на рис. 3/P. 16 представляют вероятность этих переходных влияний при условии, что шум пренебрежимо мал. Аналогичные кривые вероятности могут быть получены из средних значений для любого значения шума цепи путем использования кумулятивных нормальных распределений вероятности при стандартном отклонении, равном 6 дБ.

В более общем случае следует также прибавить дисперсию речи говорящего. Средний разговорный уровень, используемый при расчетах, может быть выбран ниже, чем относительно высокий уровень, принятый для кривых на рис. 2/P. 16, например –20 дБВ, который более близок к среднему разговорному уровню на сети. Пример расчета такой общей вероятности приведен в Приложении А.

Пороговые значения показателя громкости переходного разговора, приведенные в настоящей Рекомендации, могут быть использованы различным образом. Одной из возможных интерпретаций может быть следующая: потребовать, чтобы все нормальные телефонные соединения (то есть неправильные соединения исключаются) имели бы условия переходного разговора, находящиеся между двумя принятыми пороговыми значениями. Это означает, с одной стороны, что не имеет смысла требовать более высокого затухания переходного разговора, чем затухание, которое соответствует порогу слышимости, а с другой стороны, что порог разборчивости не должен превышаться.

Другая интерпретация может быть следующей: установить такое требование, чтобы существовала небольшая вероятность (например, 5 %) того, что внятный переходный разговор подвергается воздействию пренебрежимо малого шума помещения и самого низкого уровня шума цепи, которые могут быть на сети. На практике условия шума более благоприятны в том смысле, что довольно часто переходный разговор маскируется шумом помещения и шумом цепи до такой степени, что становится неслышимым. Поэтому в среднем соединении риск внятного переходного разговора будет гораздо ниже, чем заданный процент для самого неблагоприятного условия.

Требования к переходному влиянию необязательно должны быть одинаковыми для всех частей сети. Хотя засекречивание телефонной связи находится еще на начальном этапе, абонент склонен давать резко негативную оценку переходному разговору, который имеет место при местных вызовах в его непосредственном окружении и при котором нарушение тайны разговора может иметь неблагоприятные социальные последствия. Проблема "социального переходного разговора" рассматривается в [1].

На практике не во всех случаях разговор во влияющей линии прослушивается в линии, подверженной влиянию (во время пауз в разговоре). Информацию на эту тему и то, как рассчитывать в этом случае вероятности, можно найти в [2].

Как правило, вероятность существования абонентов, потенциально подвергающихся внятному переходному влиянию, не должна быть хуже (то есть выше) следующих показателей:

- вызовы собственной станции: 1 из 1000;
- вызовы от других станций: 1 из 100.

Примечание. – Принципы расчета вероятности переходного разговора в целом рассматриваются в Рекомендации G. 105.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(к Рекомендации P. 16)

Пример расчета вероятности

Вероятность понимания отдельных слов разговора при наложении переходного разговора может быть рассчитана для случайно выбранного слушающего. Результат такого расчета может использоваться как основа для определения минимально необходимого затухания переходного разговора между абонентскими линиями на национальной сети.

Чтобы продемонстрировать метод использования информации, приведенной в настоящей Рекомендации, для расчета вероятности мешающего (внятного) переходного разговора примем, что:

средний разговорный уровень V_c = –20 дБВ;

показатель громкости на приеме телефонных аппаратов *RLR (аппарата)* = –6 дБ;

шум цепи и помещения отсутствует;

стандартное отклонение уровней говорящего σ_T = 5 дБ;

стандартное отклонение распределения чувствительности слушающего σ_L = 6 дБ;

стандартное отклонение *RLR (аппарата)* σ_s = 1 дБ.

Пороговое значение разборчивости переходного разговора при отсутствии шумов, взятое из рис. 2/P. 16, будет $XRLR_t$ = = 67 дБ.

В соответствии с формулой, приведенной в конце § 2, и с заданными допущениями требуемые потери громкости в среднем тракте переходного разговора будут равны:

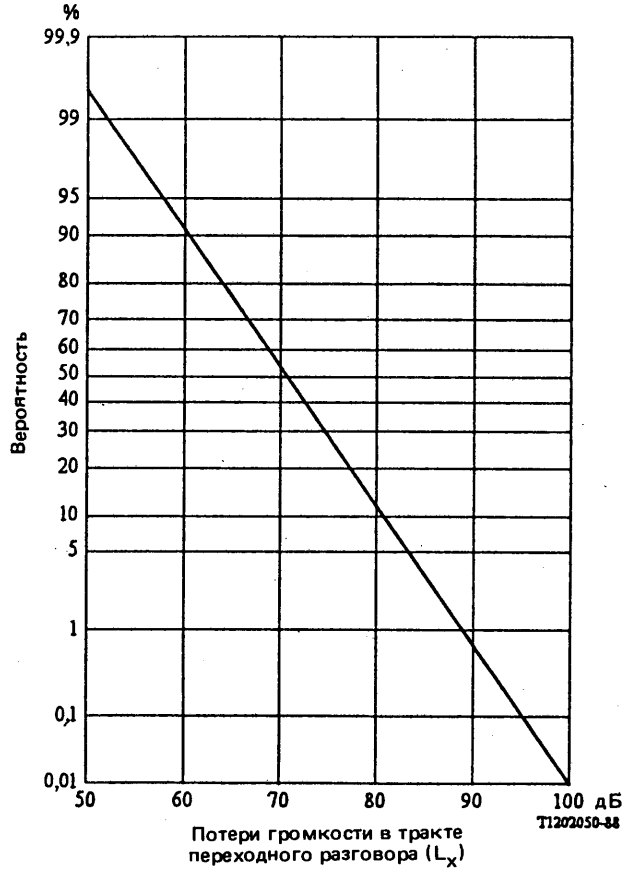
$$L_x = 67 + 6 - 2 = 71 \text{ дБ}.$$

Суммарное стандартное отклонение функции вероятности:

$$\sqrt{\sigma_T^2 + \sigma_L^2 + \sigma_S^2} = 7{,}87 \text{ дБ}.$$

При таких значениях L_x и σ можно представить функцию кумулятивного нормального распределения вероятностей, приведенную на рис. А-1/Р. 16. Функция показывает вероятность того, что слушающий может понять отдельные слова переходного разговора при определенном значении потерь громкости в тракте переходного влияния. Например, при L_x = 75 вероятность равна 30 %. С другой стороны, для того чтобы получить вероятность, равную всего 5 %, необходимо, чтобы потери громкости в тракте переходного влияния были бы равны 84 дБ. При вероятности 1 % потребуется, чтобы потери громкости в тракте переходного разговора составляли 89 дБ и 95 дБ – при вероятности 0,1 %.

Приведенный расчет основан на некоторых типичных значениях уровня речи и чувствительности на приеме при отсутствии шума. Аналогичные расчеты могут быть легко проведены с использованием других данных и также с учетом влияния шума. Для реальной оценки вероятности внятного переходного разговора для абонентов в целом должно быть предложено некоторое статистическое распределение шума цепи (а возможно, и шума помещения абонента).



V_C (среднее) = –20 дБВ; R'LR (аппарата) = – 6 дБ; стандартное отклонение = 7,9 дБ

РИСУНОК А-1/Р.16

Зависимость вероятности понимания отдельных слов при прослушивании разговора от (взвешенных) потерь громкости в тракте переходного разговора L_x

Библиография

[1] WILLIAMS (H.), SILOCOCK (W. W.), SIBBALD (D.): Social crosstalk in the local area network, *El. Comm.*, Vol. 49, No. 4, London, 1974.

[2] LAPSA (P. M.): Calculation of multidisturber crosstalk probabilities, *BSTJ*, Vol. 55, No. 7, New York, 1976.

РАЗДЕЛ 2

АБОНЕНТСКИЕ ЛИНИИ И ТЕЛЕФОННЫЕ АППАРАТЫ

Рекомендация Р. 30

КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЕРЕДАЧИ ГРУППОВЫХ АУДИОТЕРМИНАЛОВ (GAT)

(Мельбурн, 1988 г.)

1 Введение

Групповые аудиотерминалы (GAT) представляют собой оконечные устройства, предназначенные для использования несколькими абонентами.

Термин "GAT" служит для обозначения самых разных видов выпускаемой аппаратуры: от телефонного аппарата без микротелефонной трубки для группового пользования до гораздо более сложной студии для телефонной конференц-связи.

МККТТ считает, что групповые аудиотерминалы должны соответствовать спецификациям[1], изложенным в настоящей Рекомендации.

При подключении к телефонной сети групповые аудиотерминалы должны также соответствовать Рекомендации Р. 34 в отношении показателя громкости. Положения Рекомендации Р. 34 могут также учитываться в случае использования цепей, управляемых голосом. Для GAT важны и акустические характеристики того помещения, где они используются, поэтому они могут быть снабжены усовершенствованными устройствами обработки акустических эхо-сигналов.

GAT первого поколения будут применяться главным образом на четырехпроводных цифровых сетях и будут использовать алгоритм кодирования широкополосных речевых сигналов, описываемый в Рекомендации G. 722. Следует срочно определить технические характеристики таких терминалов, учитывая при необходимости положения настоящей Рекомендации.

Типовая конфигурация GAT представлена на рис. 1/Р. 30.

Терминал этого типа включает в себя один или несколько микрофонов, один или несколько громкоговорителей, усилитель на передаче и приеме. В случае необходимости GAT может быть снабжен устройством для управления и смешивания звука в направлении к громкоговорителям и от микрофонов, кодеком для цифровых сетей, управляемым голосом устройством регулировки усиления, а также устройством обработки эхо-сигналов.

Место использования группового аудиотерминала играет очень большую роль. В настоящей Рекомендации приводятся некоторые измерения, подлежащие выполнению непосредственно на месте использования GAT. Эти измерения обозначаются латинским выражением "in situ" (на месте). Они должны проводиться с полным комплектом аппаратуры в конференц-зале, но без участников конференц-связи.

Данная Рекомендация состоит из трех следующих частей:

- параметры соединения;
- параметры передачи;
- параметры ближнего конца.

---

[1] Приведенные в настоящей Рекомендации спецификации являются объектом дальнейшего совершенствования и потому рассматриваются как предварительные.

ARCHIVES U.I.T. GENÈVE

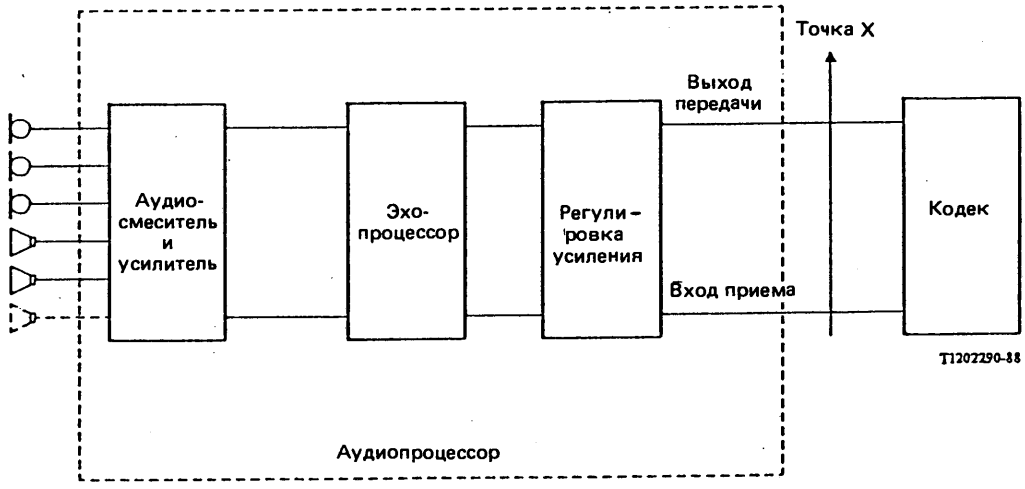


РИСУНОК 1/P. 30

Конфигурация группового аудиотерминала

В настоящей Рекомендации рассматривается использование двух следующих испытательных сигналов:

– акустического испытательного сигнала, определяемого в Рекомендации P. 50 (см. примечание): то есть искусственного голоса, определяемого в Рекомендации P. 50, который воспроизводится источником звука (искусственным ртом), описываемым в § 2 Рекомендации P. 51;

– электрического испытательного сигнала, долговременный спектр которого идентичен акустическому сигналу и который обеспечивает на нагрузке, согласованной с внутренним активным сопротивлением источника, уровень – 22 дБВ.

Оба испытательных сигнала фильтруются в полосе частот системы передачи.

Примечание. – Предпочтительный акустический сигнал, который следует применять для настройки и акустических трактов при выполнении измерений, определяется в Рекомендации P. 50. Однако в некоторых случаях могут использоваться и другие сигналы, например модулируемый голосом шум или розовый шум.

2 Параметры соединения

Речь идет об основных параметрах, относящихся к групповому аудиотерминалу, который должен быть подключен к сети и должен обеспечивать соединение между несколькими пунктами.

2.1 *Чувствительность на передаче*

2.1.1 *Широкополосные GAT*

В случае широкополосного применения характеристики передачи аудиоканала должны соответствовать Рекомендации G. 722.

2.1.1.1 *Настройка передающей части*

Источник звука устанавливается на краю стола для участников конференц-связи на средней линии каждого места участника, как это определяется в Рекомендации P. 34 (см. рис. 3/P. 34), и подает сигнал, соответствующий Рекомендации P. 64 (то есть с уровнем – 4,7 дБПа в эталонной точке рта).

Во время настройки передающей части микрофоны группового аудиотерминала должны располагаться на столе, как при реальном использовании.

Регулировка усиления микрофона должна обеспечивать при любом положении источника звука уровень на выходе, равный – 22 (± 2) дБВ в точке X (см. рис. 1/P. 30); предполагается, что используется сигнал, предлагаемый в Рекомендации P. 50. В указанной выше величине учитываются следующие значения: 18 дБ для пик-фактора речевого сигнала и 6 дБ для флуктуаций, обусловленных разбросом уровня речи участников конференц-связи и их возможными перемещениями.

2.1.2 *Групповые аудиотерминалы, включенные в коммутируемую телефонную сеть общего пользования*

Такие терминалы должны отвечать требованиям Рекомендации Р. 34.

2.2 *Испытание устойчивости*

В случае, когда тракты громкоговорителя и микрофона включаются шлейфом в эталонной точке X рис. 1/Р. 30 и когда источник звука подготовлен к работе так, как это указано в § 2.1, минимальный запас устойчивости группового аудиотерминала должен составлять 3 дБ.

Регулятор уровня речевого сигнала во время измерения должен находиться в положении максимума.

3 Требования к качеству передачи

Данные требования ограничивают снижение качества передачи, вносимое в сеть групповым аудиотерминалом.

3.1 *Электроакустические требования*

3.1.1 *Микрофон*

Электроакустические характеристики микрофонов должны соответствовать Публикации 581-5 МЭК.

3.1.2 *Измерения в октавных полосах частот*

Общую частотную характеристику на передаче рекомендуется измерять in situ. Значение, получаемое в результате такого измерения, соответствует разности между октавными спектрами электрического сигнала на стыке X и акустическим возбуждением в эталонной точке рта. Искусственный рот размещается так, как это указано в § 2.1.1.

Чтобы избежать слишком больших флуктуаций частотной характеристики системы, поскольку измерения выполняются на месте, рекомендуется проводить эти измерения в октавных полосах на частотах от 125 Гц до 4 кГц.

Сумма абсолютных разностей между значениями, полученными измерениями, и средним значением результатов этих измерений должна быть минимальной. В практических условиях приемлема величина, равная 10 дБ.

3.2 *Характеристики эха*

3.2.1 *Ограничение акустического эха*

Чтобы обеспечить достаточное подавление акустических эхосигналов, необходимо снабдить аудиопроцессор эхокомпенсатором или эхозаградителем. Для получения самого высокого качества передачи речи рекомендуется применять эхокомпенсаторы. При этом рекомендуется всегда дополнять использование эхокомпенсаторов использованием слабых эхозаградителей, чтобы избежать нежелательной передачи фоновых шумов в моменты отсутствия речи. Это условие особенно важно для многосторонней конференц-связи.

3.2.2 *Затухание отражения эха*

Затухание отражения эха аудиосистемы должно измеряться в эталонной точке X рис. 1/Р. 30, при этом регулятор уровня речевого сигнала должен находиться в положении максимума. При подаче электрического испытательного сигнала, определяемого в § 1, на входные клеммы (прием) уровень на выходных клеммах (передача) не должен превышать – 62 дБВ.

Значение затухания акустического эха, равное 40 дБ, включает в себя запас 5 дБ, обеспечивающий затухание отражения эха 35 дБ в тех случаях, когда для конференц-связи используются несколько групповых аудиотерминалов. Это значение 35 дБ должно рассматриваться как минимальное. Следует предусмотреть в перспективе значение затухания акустического эха, равное 45 дБ (в частности, для тех случаев, когда микротелефонная трубка подключена к терминалу, не использующему микротелефонную трубку); известно, что такое значение предотвращает любое субъективное снижение качества передачи, обусловленное запаздывающим акустическим эхосигналом [1, 2]. Таким образом, уровень, измеряемый в эталонной точке X, будет составлять –72 дБВ.

Примечание. – Эхокомпенсатор должен допускать двойной разговор при незначительном снижении качества передачи (изучается в рамках Вопроса 2/XII).

3.3 *Электрический шум*

Уровень электрического шума, вносимого групповым аудиотерминалом в эталонной точке X, в пределах частотной полосы передачи должен быть ниже – 55 дБм. Уровень любой внеполосной составляющей не должен превышать более чем на 20дБ уровень шума внутри полосы частот.

Измерение должно выполняться при отсутствии в помещении участников конференц-связи и без входящих сигналов на стороне приема, чтобы избежать включения микрофонных цепей.

Уровень шума, вносимого групповым аудиотерминалом в эталонной точке X при включенных микрофонах, не должен быть выше – 50 дБм. Для измерения этого шума систему необходимо перевести в режим передачи, имитируя в помещении речь только одного участника конференц-связи.

3.4 *Реверберационное поле, воспринимаемое микрофоном*

Для выполнения данного измерения источник звука размещается таким образом, чтобы расстояние между источником звука и любым из микрофонов в три раза превышало расстояние между микрофоном и точкой, определяемой для юстировки передающей части. Рекомендуется также устанавливать источник звука на расстоянии не менее одного метра от стен. В этих условиях уровень сигнала, измеряемого в точке X, не должен превышать – 29 дБВ (в этом значении учитывается отношение прямое поле/отраженное поле, равное 6 дБ) [3]. Для измерения этого сигнала систему необходимо перевести в режим передачи, имитируя в помещении речь только одного участника конференц-связи. Испытание должно проводиться с каждым микрофоном, установленным в помещении.

В Дополнении № 16 указаны основные критерии выбора конференц-зала в отношении его акустической подготовки и в отношении размещения микрофонов и громкоговорителей.

4 Требования к качеству на ближнем конце

В этой части Рекомендации излагаются минимальные требования, предназначенные для местных пользователей.

4.1 *Электроакустические требования*

4.1.1 *Громкоговорители*

Электроакустические характеристики громкоговорителей должны соответствовать Публикации 581-7 МЭК.

4.1.2 *Измерения в октавных полосах частот*

Общую частотную характеристику на приеме рекомендуется измерять "in situ". Значение, получаемое данным измерением, соответствует разности между октавными спектрами акустического сигнала, воспроизводимого громкоговорителем или громкоговорителями на местах прослушивания, и входного электрического сигнала на стыке X.

Сумма абсолютных разностей между значениями, полученными измерениями, и средним значением результатов измерений должна быть минимальной. В практических условиях приемлема величина, равная 12 дБ.

4.2 *Чувствительность на приеме*

4.2.1 *Регулировка уровня речевых сигналов*

Терминал телефонной конференц-связи должен предусматривать регулировку уровня речевых сигналов. Усиление в положении максимума должно соответствовать требованиям § 4.2.2. Регулировка уровня речевых сигналов должна, в принципе, быть связана с механизмом ограничения эха.

4.2.2 *Настройка приемной части*

4.2.2.1 *Широкополосные GAT*

Электрический испытательный сигнал подается на вход системы. Усиление на приеме должно регулироваться таким образом, чтобы уровень звукового давления составлял не менее 65 дБ и на 20 дБ превышал уровень акустического шума в эталонной точке рта. Регулировка должна осуществляться при максимальном положении регулятора уровня речевых сигналов.

4.2.2.2 *Групповые аудиотерминалы, включенные в аналоговую коммутируемую телефонную сеть общего пользования*

Данные терминалы должны отвечать требованиям Рекомендации P. 34.

Библиография

[1] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 170, Исследовательский период 1985–1988 гг.

[2] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 171, Исследовательский период 1985–1988 гг.

[3] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 172, Исследовательский период 1985–1988 гг.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРЕДАЧИ ЦИФРОВЫХ ТЕЛЕФОННЫХ АППАРАТОВ

(Мельбурн, 1988 г.)

В настоящей Рекомендации рассматриваются показатели громкости на передаче и приеме, показатель маскирования местного эффекта, показатель местного эффекта слушающего, а также частотные характеристики чувствительности на передаче и приеме. Другие важные характеристики находятся на стадии изучения.

1 Показатель громкости на передаче (SLR) и показатель громкости на приеме (RLR)

С учетом положений, содержащихся в § 3.2 Рекомендации G.111, рекомендуется:

- в качестве краткосрочной нормы принять номинальные значения SLR в пределах от 5 до 11 дБ и номинальные значения RLR в пределах от – 1 до 5 дБ;
- в качестве долгосрочной нормы принять номинальные значения 8 дБ для SLR и 2 дБ для RLR.

Примечание 1. – Рекомендуемые значения SLR и RLR вовсе не исключают необходимости использования в некоторых случаях устройств уменьшения эха.

Примечание 2. – Акустическое затухание телефонного аппарата является важным фактором эхотракта и требует особого внимания. Наличие регулятора речевого уровня в телефонном аппарате обеспечит уменьшение затухания эха на величину, равную величине, на которую возрастает усиление.

Примечание 3. – Для цифровых телефонных аппаратов, подключенных к учрежденческой АТС (к которой могут подключаться также аналоговые телефонные аппараты), значения нижней части указанного выше диапазона могут потребоваться для обеспечения абонентам того уровня приема, к которому они привыкли при пользовании аналоговыми телефонами. Можно изучить вопрос о регулировании речевого уровня на приеме.

2 Показатель маскирования местного эффекта (STMR) и показатель местного эффекта слушающего (LSTR)

Принимая во внимание:

- оптимальное STMR в условиях отсутствия эха;
- влияние маскирования местного эффекта на эхо говорящего при малых задержках;
- проблемы, связанные с повышенным окружающим шумом;
- привычки, приобретенные абонентами при пользовании существующими аналоговыми телефонными аппаратами,

МККТТ рекомендует принимать[1]:

- номинальные значения STMR в пределах от 10 до 15 дБ;
- номинальные значения LSTR > 15 дБ.

(Нет необходимости устанавливать максимальные значения LSTR.)

Примечание. – После накопления достаточной информации о влиянии эхосигналов с малым временем задержки (например, 10 мс) эти значения могут быть изменены.

3 Частотные характеристики чувствительности цифровых телефонных аппаратов на передаче и приеме

Принимая во внимание:

- совместимость с аналоговыми телефонными аппаратами в смешанной аналого-цифровой сети;
- отсутствие необходимости компенсации зависящих от длины линии амплитудно-частотных искажений, что имеет место при использовании аналоговых телефонов;
- задачу получения самого высокого общего качества, обеспечиваемого при использовании цифровых телефонных аппаратов,

---

[1] Приведенные здесь спецификации являются объектом дальнейшего совершенствования и потому рассматриваются как предварительные.

рекомендуется соблюдать следующие требования в отношении частотных характеристик чувствительности на передаче и приеме:

- следует выбирать равномерную частотную характеристику на приеме (S_{JE}) в полосе 300–3400 Гц;
- следует стремиться к получению номинальной частотной характеристики на передаче (S_{MJ}), возрастающей с крутизной, указанной на рис. 1/P.31;
- на частотах ниже 200 Гц крутизна на передаче должна уменьшаться, как минимум, на 6 дБ с каждой октавой.

Примечание 1. – Характеристики S_{JE} и S_{MJ} обычно оцениваются на основе измерений S_{Je} и S_{mJ}, выполняемых в соответствии с Рекомендацией P. 66.

Примечание 2. – Расширение нижней полосы частот до 200 Гц будет способствовать более естественному звучанию телефонного разговора.

Примечание 3. – Обычные соображения, касающиеся фильтров защиты от наложения спектров, относятся и к частотным характеристикам.

Примечание 4. – Резкие пики характеристик могут отрицательно сказываться на устойчивости, поэтому их следует избегать.

Примечание 5. – Определяемая таким образом предпочтительная кривая для S_{JE} и S_{MJ} должна рассматриваться как расчетная норма. По разным причинам отдельные характеристики телефона и микрофона будут в той или иной степени отклоняться от "идеальных" характеристик. Однако в Рекомендации, относящейся к желательным частотным характеристикам, трудно указать, насколько и как частотные кривые могут отклоняться от расчетной кривой, не становясь при этом неприемлемыми. Что касается выбора типа используемых телефонных аппаратов, то, как правило, требуется нормировать на национальном уровне форму частотных кривых на передаче и приеме так, как обычно определяются нормы допуска для показателя громкости. Эти нормы устанавливаются с учетом технических факторов, а также стоимости введения в эксплуатацию, производственных допусков и других экономических факторов.

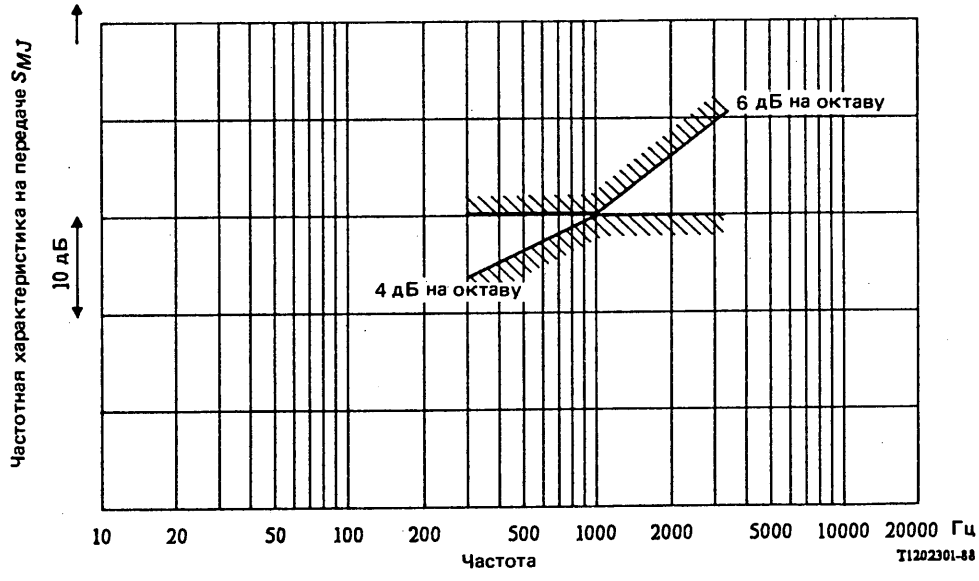


РИСУНОК 1/P.31

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕЛЕФОННЫХ БУДОК И АКУСТИЧЕСКИХ КОЖУХОВ

(Мельбурн, 1988 г.)

Настоящая Рекомендация имеет своей целью определить методы измерения, обеспечивающие оценку эффективности телефонных будок и акустических кожухов, предназначенных для улучшения качества телефонной передачи в местах с высоким уровнем окружающего шума. Помимо повышения качества телефонной связи при разговоре двух пользователей, в данной Рекомендации по мере необходимости учитывается также проблема сохранения в тайне разговора, ведущегося пользователем в будке или в акустическом кожухе, от лица, находящегося рядом с этой будкой или кожухом.

1 Методы оценки

Эффективность телефонной будки или акустического кожуха может оцениваться на основе субъективных и объективных измерений.

Объективные измерения базируются на измерении звукоизоляции (в звукопоглощающей камере, например); результаты этих измерений определяются разностью между уровнями звука, зарегистрированными внутри и снаружи телефонной будки или наоборот. Поскольку акустические характеристики внутри и снаружи телефонной будки отличаются друг от друга, результаты измерений звукоизоляции, получаемые в обоих случаях (источник шума снаружи и источник шума внутри будки), также различны. Следует добавить, что для открытых телефонных кабин и акустических кожухов измерения звукоизоляции дают результаты, которые не коррелируются с результатами, получаемыми с помощью субъективных оценок характеристик телефонной будки.

Субъективное измерение характеристик акустических кожухов и телефонных будок заключается в определении показателя разборчивости внутри будки в условиях окружающего шума (шума помещения, шума дорожного движения и т. д.). Эти результаты можно также получить путем объективного расчета показателя артикуляции с использованием, например, метода Крайтера, как это указано в приложении А.

Другой метод субъективной оценки эффективности телефонных будок и акустических кожухов состоит в определении разности порога разборчивости внутри и снаружи будки, находящейся в шумной среде.

Качественный показатель телефонных будок и акустических кожухов, характеризующий скрытность разговора пользователя в будке, может оцениваться субъективно путем измерения разборчивости разговора внутри будки или путем объективного измерения, которое заключается в вычислении показателя разборчивости (методом Крайтера, например) снаружи будки в условиях определенного шума.

Ввиду того что разборчивость внутри будки также зависит от местного эффекта телефонного аппарата, простое измерение звукоизоляции, не учитывающее снижения разборчивости, обусловленного местным эффектом, не позволяет правильно оценить повышение качества передачи, обеспечиваемое телефонной будкой или акустическим кожухом.

С учетом того, что:

1) международные телефонные соединения могут устанавливаться с телефонных аппаратов, размещенных в местах с высоким уровнем шума, но защищенных телефонной будкой или акустическим кожухом;

2) отсутствуют рекомендованные методы оценки улучшения качества телефонной передачи в результате использования телефонной будки;

3) оценка эффективности будки, основанная на измерении звукоизоляции, обеспечиваемой только традиционными способами (применением звукопоглощающих стенок будки), не всегда коррелируется с субъективной оценкой эффективности будки;

4) субъективные измерения разборчивости или изменения порога разборчивости позволяют определять эффективность будки, однако эти измерения требуют больших затрат, значительного времени и участия квалифицированных и хорошо подготовленных операторов;

5) отсутствуют Рекомендации, определяющие критерии уровня окружающего шума для телефонных будок, при котором обеспечивалось бы приемлемое качество телефонной передачи,

рекомендуются следующие методы измерения[1]:

a) оценка эффективности телефонных будок и акустических кожухов с учетом показателя разборчивости для слушающего внутри будки и при внешнем шуме среды с определенным акустическим спектром;

b) расчет показателя разборчивости внутри телефонной будки или акустического кожуха объективным методом, определяемым в § 3, с учетом акустического затухания будки и с учетом местного эффекта телефонного аппарата. Данный объективный метод обеспечивает быструю и достаточно точную для практических целей оценку эффективности будки;

c) использование (в качестве критерия оценки эффективности будки) показателя логатомной разборчивости, рассчитываемого с помощью показателя разборчивости (AI). Преобразование показателя разборчивости в показатель логатомной разборчивости зависит от языка и будет осуществляться с использованием соответствующей формулы;

d) оценка эффективности будки и акустического кожуха в реальных условиях, то есть когда пользователь говорит по установленному внутри будки телефонному аппарату с определенным местным эффектом и в условиях внешнего шума с уже известными средним уровнем и акустическим спектром.

2 Определение и описание расчетных параметров

Окружающий шум влияет на телефонные разговоры тремя путями:

1) в виде акустического шума (N_a), попадающего в ухо, не занятое в телефонном разговоре;

2) в виде акустического шума (N_b), попадающего в другое ухо через щели между ухом и микротелефонной трубкой;

3) в виде шума, воспринимаемого микрофоном и попадающего благодаря местному эффекту (N_s) в ухо, занятое в телефонном разговоре.

Акустический шум, обусловленный акустическими утечками между ухом и микротелефонной трубкой, имеет спектр, меняющийся в зависимости от плотности прилегания трубки к уху; таким образом, при оценке эффективности телефонных будок можно учитывать акустическое затухание (L_{RNE}) этого тракта.

Шум N_s, обусловленный местным эффектом, меняется в зависимости от типа используемого телефонного аппарата; как правило, его спектр отличается от спектра шума N_b, и несмотря на их взаимную корреляцию, суммирование значений мощности соответствующих спектров является, пожалуй, наилучшим методом оценки общего шума (N_g), воздействующего на ухо, занятое в телефонном разговоре.

Кроме того, шумы в обоих ушах (N_a, N_b) обычно имеют различные уровни и спектры; экспериментальные измерения показателя разборчивости [1] [2] свидетельствуют о том, что их мешающее воздействие можно определять вычитанием величины 10 дБ из величины уровня шума в свободном ухе (N_a).

С другой стороны, эти экспериментальные измерения показали, что *суммарный* эквивалентный шум N_T, используемый для расчетов показателя разборчивости, равен сумме амплитуд шумовых спектров в обоих ушах. Следовательно, суммарный эквивалентный шум N_T определяется по формуле:

$$N_T = 20 \log_{10} \left(10^{\frac{N_a - 10}{20}} + 10^{\frac{N_g}{20}}\right) \text{ дБ.}$$

Шум местного эффекта N_s зависит от затухания местного эффекта L_{MEST} между ртом и ухом, и измерять его нужно на уровне реального шума, который обычно составляет 65 дБ SPL (уровень звукового давления) в условиях рассеянного поля. Это требование особенно важно при использовании телефонных аппаратов с угольным микрофоном и электронных телефонных аппаратов с автоматической регулировкой усиления или с шумоподавляющим микрофоном.

3 Расчет эффективности телефонной будки или акустического кожуха

При определении показателя разборчивости конкретной телефонной будки или конкретного акустического кожуха в реальных условиях эксплуатации необходимо придерживаться процедуры, описываемой ниже.

Рассчитать:

a) шумовой спектр N_a внутри будки путем вычитания акустического затухания будки (L_a) из спектра внешнего шума (N_e). Затухание должно измеряться в третьоктавных полосах с присутствием в будке человека (или при наличии экрана, обеспечивающего эквивалентное поглощение звука) и в условиях рассеянного поля;

b) спектр шума N_b путем вычитания акустического затухания утечки через щели между ухом и микротелефонной трубкой (L_{RNE}) из шумового спектра N_a внутри будки;

---

[1] Документов, подтверждающих обоснованность технических требований, изложенных в настоящей Рекомендации, имеется пока недостаточно. Эти требования являются объектом дальнейшего совершенствования и потому рассматриваются как предварительные.

c) спектр N_s шума местного эффекта путем вычитания акустического затухания L_{RNST}[2] местного эффекта из шумового спектра N_a внутри будки;
d) спектр общего шума N_g в ухе, к которому прижата микротелефонная трубка, путем суммирования значений мощностей N_s и N_b;
e) спектр суммарного эквивалентного шума N_T путем суммирования амплитуд шумов в обоих ушах после вычитания величины 10 дБ из шумового спектра в свободном ухе;
f) показатель разборчивости (AI) методом Крайтера [3], предполагая, что речевой уровень 70 дБА соответствует предельному значению распределения линейного затухания.

В Приложении А приведен пример использования метода расчета.

4 Нормы эффективности телефонных будок и акустических кожухов

Эффективность телефонных будок и акустических кожухов может считаться удовлетворительной, если она обеспечивает показатель разборчивости, равный 0,6.

Согласно результатам, полученным Френчем и Стейнбергом [4] и представленным на рис. 1/P.32, это значение для большинства языков соответствует 80-процентной разборчивости логатомов внутри будки; оно может рассматриваться как минимальный приемлемый показатель эффективности будки, соответствующий максимальному уровню внешнего шума, при котором будка может обеспечивать хорошее качество передачи речи.

Следовательно, телефонные будки можно классифицировать по *уровню максимального внешнего шума* (MENL), при котором обеспечивается показатель разборчивости (AI), равный 0,6.

MENL, позволяющий классифицировать телефонные будки, определяется повторением расчетов AI, указанных в § 3, для различных уровней внешнего шума. Используя кривую значений показателя разборчивости в зависимости от уровней внешнего шума, можно определить MENL, соответствующий показателю разборчивости, равному 0,6. MENL зависит, конечно, не только от акустического затухания будки или акустического кожуха, но и от принимаемого уровня речи (эталонная величина которого принимается равной 70 дБА), а также от характеристик местного эффекта телефонного аппарата, которые должны измеряться при соответствующем уровне звукового давления (около 65 дБ SPL) и в условиях свободного поля.

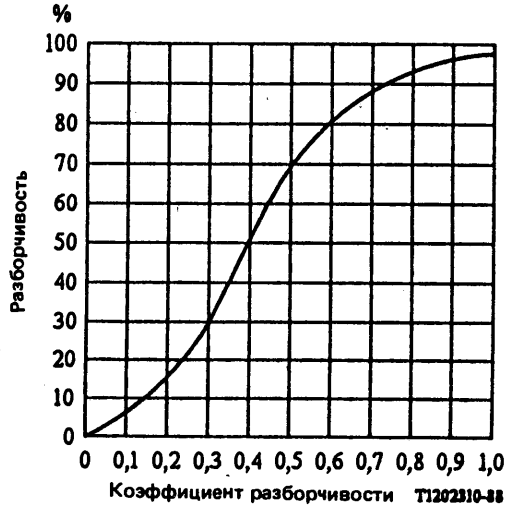


РИСУНОК 1/P.32

Зависимость между показателем разборчивости и логатомной разборчивостью

---

[2] Важно определить чувствительность местного эффекта к шуму помещения L_{RNST}, что требует использования в будке источника рассеянного шума помещения. Может потребоваться также использование манекена для имитации присутствия пользователя в будке.

5 Секретность телефонных разговоров

Будка может обеспечивать секретность телефонных разговоров, снижая уровень речевых сигналов, проникающих за пределы будки, в результате чего эти сигналы становятся неразборчивыми. Применяя метод Крайтера для расчетов показателя разборчивости проникающих наружу речевых сигналов при заданном уровне внешнего шума, можно определить расстояние, на котором разборчивость логатомов или показатель разборчивости снижается до определенной величины (например, показатель разборчивости = 0,3). Этот метод можно использовать для построения кривых при одинаковой разборчивости (изофен) во всех направлениях с увеличением расстояния от будки.

Примечание. – Повышение качества передачи разговора с точки зрения абонента на другом конце провода при его соединении с телефонным аппаратом, установленным в будке или акустическом кожухе, пока не изучалось. При рассмотрении данного аспекта телефонного соединения в любом случае необходимо принимать во внимание ряд других факторов, таких, например, как естественное увеличение громкости речи в шумной среде и действительное отношение сигнал/шум передаваемых сигналов.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(к Рекомендации Р. 32)

Пример расчета эффективности телефонной будки

Показатель разборчивости (AI) рассчитывается методом Крайтера.

Акустическое затухание телефонной будки, измеряемое в звукопоглощающей камере в каждой третьоктавной полосе частот, указывается в графе 2 таблицы А-1/Р. 32. Уровень суммарного шума за пределами будки составляет 80 дБА, а акустический уровень шума в каждой полосе частот указывается в графе 3. Частотные характеристики местного эффекта (L_{RNST}) телефонного аппарата, установленного в будке, даны в графе 4.

Уровень шума внутри будки в каждой центральной полосе частот (N_a) определяется вычитанием значения графы 2 из значения графы 3 (графа 5). Предполагается, что акустическое затухание микротелефонной трубки установленного в будке аппарата имеет значение, указанное на рис. А.1/Р.32 и в графе 6.

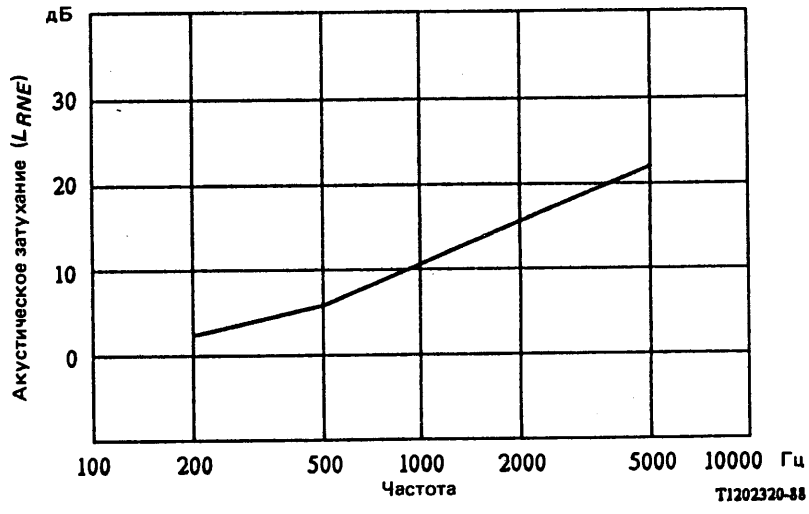


РИСУНОК А-1/Р.32

Акустическое затухание микротелефонной трубки, прижатой к уху

В графе 7 даны значения шума (N_b), обусловленного акустическими утечками между ухом и трубкой. Эти значения получают вычитанием значения графы 6 из значения графы 5.

В графе 8 даны значения шума местного эффекта (N_s) в каждой полосе частот. Эти значения получают вычитанием значения графы 4 из графы 5. Общий шум (N_g) в ухе, занятом в телефонном разговоре, указан в графе 9 в виде суммы мощностей уровней, приведенных в графах 8 и 7. Суммарный эквивалентный шум определяется путем сложения уровней графы 9 и значений графы 5, уменьшенных на 10 дБ (графа 10). Спектр речи (β') приводится в графе 11, а отношение сигнал/шум с поправкой на 12 дБ (с учетом пиковых значений речевого сигнала) указано (для каждой третьоктавной полосы) в графе 12. Коэффициенты Крайтера даны для каждой третьоктавной полосы в графе 13.

Показатель разборчивости получают умножением значений графы 12 на значения графы 13 и суммированием полученных результатов. Повторение расчетов при других уровнях внешнего шума позволяет получить диаграмму показателя разборчивости в зависимости от уровней внешнего шума для рассматриваемой телефонной будки (см. рис. А-2/Р.32). Рисунок показывает, что данная будка рассчитана на максимальный внешний шум с уровнем около 77 дБА, позволяющим классифицировать эту будку.

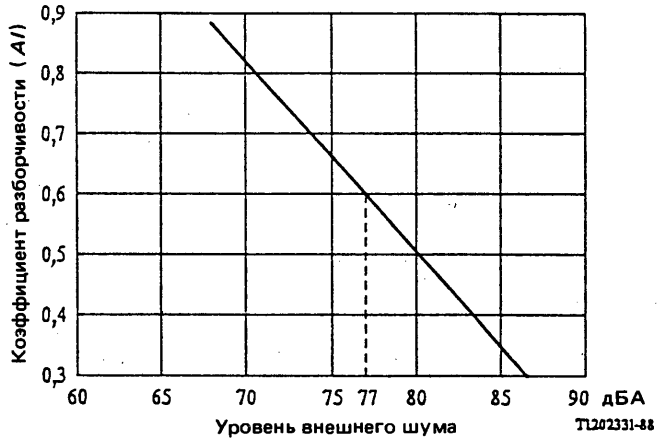


РИСУНОК А-2/Р.32

Показатель разборчивости в зависимости от уровня внешнего шума

(MENL будки = 77 дБА)

ТАБЛИЦА A-1/P.32

Центральная частота третьоктавной полосы (Гц)	Акустическое затухание будки, L_a (дБ)	Внешний шум, N_e (дБ SPL)	Акустическое затухание местного эффекта, L_{RNST} (дБ)	Шум в будке, N_a (дБ SPL)	Акустическое затухание микротелефонной трубки, L_{RNE} (дБ)	Шум, обусловленный акустическими утечками, N_b (дБ SPL)	Шум местного эффекта, N_s (дБ SPL)	Общий шум в занятом ухе, N_g (дБ SPL)	Суммарный эквивалентный шум, N_T (дБ SPL)	Спектр речи, β' (дБ SPL)	Сигнал + 12 дБ / Шум	Коэффициент Крайтера	Произведение (13) × (12)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5) = (3) – (2)	(6)	(7) = (5) – (6)	(8) = (5) – (4)	(9)	(10)	(11)	(12) = (11) + 12дБ – – (10)	(13)	(14)
200	10	77,5	12	67,5	3	64,5	55,5	65,0	68,1	61	4,9	0,004	0,0196
250	13	76,5	12	63,5	4	59,5	51,5	60,1	63,4	63	11,6	0,001	0,0116
315	13	73,5	11	60,5	5	55,5	49,5	56,5	60,0	64	16,0	0,001	0,0160
400	15	74,0	9	59,0	6	53,5	50,0	54,8	58,4	65	18,6	0,0014	0,0260
500	14	72,5	9	58,5	7	51,5	49,5	53,6	57,4	65	19,6	0,0014	0,0277
630	14	72,0	10	58,0	8,5	49,5	48,0	51,8	56,1	63	18,9	0,002	0,0378
800	16	72,0	12	56,0	10,0	46,0	44,0	48,1	53,1	62	20,9	0,0020	0,0418
1000	15	71,0	12	56,0	11,5	44,5	44,0	47,3	52,7	61	20,3	0,0024	0,0487
1250	15	69,5	9	54,5	13,0	41,5	45,5	47,0	51,9	60	20,1	0,0030	0,0603
1600	15	68,0	9	53,0	14,5	38,5	44,0	45,1	50,1	58	19,9	0,0037	0,0736
2000	11	66,0	8	55,0	16,0	39,0	47,0	47,6	52,4	54	13,6	0,0037	0,0503
2500	11	64,0	10,5	53,0	17,5	35,5	42,5	43,3	49,2	49	11,8	0,0034	0,0401
3150	12	62,0	14	50,0	19,0	31,0	36,0	37,2	44,7	47	14,3	0,0034	0,0486
4000	12	61,5	14	49,5	20,5	29,0	35,5	36,4	44,1	39	6,9	0,0024	0,0166
ВСЕГО (дБА)		80,0		66,3					64,7	70,0			AI = 0,52

SPL: Уровень звукового давления

Ссылки

[1] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 122 (Франция), Исследовательский период 1981–1988 гг.

[2] Документ МККТТ – Приложение 2, AP VII-№ 115.

[3] KRYTER, (K.): Methods for the calculation and use of Articulation Index. *J.A.S.A.*, Vol. 34, 1962.

[4] FRENCH, (N. R.) and STEINBERG (J. C.): Factors governing the intelligibility of speech sounds, *J.A.S.A.*, Vol. 19, 1947.

Библиография

МККТТ – Вклад ИК XII-№ 139 (Италия), Исследовательский период 1973–1976 гг.

МККТТ – Вклад ИК XII-№ 130 (Норвегия), Исследовательский период 1977–1980 гг.

МККТТ – Вклад TD 26 (Швеция), WP Laboratory (Женева, 17–19 января 1984 г.).

KRYTER (K.): The effects of noise on man, *Academic Press*, pp. 70–77, 1970.

Рекомендация P.33

АБОНЕНТСКИЕ ТЕЛЕФОННЫЕ АППАРАТЫ, СНАБЖЕННЫЕ ГРОМКОГОВОРЯЩИМИ ПРИЕМНИКАМИ ИЛИ МИКРОФОНАМИ С УСИЛИТЕЛЯМИ

(Мар-дель-Плата, 1968 г.; изменена в Женеве в 1972 и 1980 гг.)

МККТТ,

учитывая,

(a) что в телефонную сеть включается все большее число громкоговорящих телефонных аппаратов;

(b) что влияние, оказываемое этими аппаратами на качество телефонной передачи, носит сложный характер;

(c) что необходимо помочь Администрациям определить условия, обеспечивающие применение аппаратов этого типа в телефонных сетях,

рекомендует следующее:

(1) Во избежание перегрузки систем передачи средняя мощность разговорных токов за длительное время не должна превышать величину абсолютного уровня средней мощности, предусматриваемую проектами систем передачи. Принятая в Рекомендации G.223 [1] величина абсолютного уровня средней мощности, измеренного в точке нулевого относительного уровня, равна –15 дБм0 (средняя мощность 31,6 мкВт). Громкоговорящие телефонные аппараты с чувствительностью на передаче, соответствующей Рекомендации P.34, в нормальных условиях должны отвечать требованиям настоящей Рекомендации. Кроме того, во избежание внятного переходного разговора за счет высокого уровня разговорных токов и/или недостаточного уровня приема в случае низкого уровня разговорных токов следует убедиться в том, что колебания мощности разговорных токов незначительно превышают колебания, имеющие место при использовании современных телефонных аппаратов.

(2) Администрации должны принимать необходимые меры, чтобы следующий абонент мог отключать цепь передачи в случае возникновения генерации, или предусматривать соответствующие методы, чтобы управляемое голосом устройство препятствовало возникновению генерации.

Библиография

[1] Рекомендация МККТТ "Исходные положения для расчета шума в условных эталонных цепях для телефонии", том III, Рек. G. 223.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРЕДАЧИ ТЕЛЕФОННЫХ АППАРАТОВ БЕЗ МИКРОТЕЛЕФОННОЙ ТРУБКИ

(Мельбурн, 1988 г.)

1 Введение

Чувствительность на передаче и приеме телефонных аппаратов с микротелефонными трубками, обычно выражаемая в виде значений показателя громкости (ПГ), учитывается в большинстве стран при составлении плана передачи для национальной телефонной сети.

Поскольку соблюдение требований, изложенных в ряде Рекомендаций, в частности в Рекомендации G.121, можно обеспечить различными способами распределения значений ПГ между телефонными аппаратами и сетью, не представляется возможным подготовить единую международную Рекомендацию, определяющую значения ПГ без учета типа телефонного аппарата (с микротелефонной трубкой или без нее).

С другой стороны, значения чувствительности для телефонных аппаратов без микротелефонной трубки можно определять относительно значений чувствительности телефонных аппаратов с микротелефонными трубками, стандартизированных на национальном уровне. Настоящая Рекомендация имеет своей целью проблему обеспечения эквивалентных параметров (по меньшей мере в отношении громкости на передаче и приеме) телефонных аппаратов обоих типов. При этом необходимо принимать во внимание поведение и привычки среднестатистического говорящего или слушающего пользователя. Относительные значения чувствительности, указанные в § 2 и 3, были получены в результате эксплуатационных испытаний с целью соблюдения этого требования.

Имеются и другие характеристики, которые важны для качества телефонных соединений, устанавливаемых с телефонных аппаратов без трубки, но которые пока не рассматриваются в существующих Рекомендациях. Эти характеристики изучаются в рамках Вопроса 2/XII [1].

Громкоговорящие телефонные аппараты (см. Рекомендацию Р.10), не исключающие полностью использование микротелефонной трубки, могут соответствовать отдельным положениям настоящей Рекомендации.

2 Чувствительность на передаче

Показатель громкости (ПГ) на передаче (SLR) телефонного аппарата без микротелефонной трубки должен быть примерно на 5 дБ хуже (то есть выше) показателя громкости на передаче соответствующего аппарата с микротелефонной трубкой (точное значение зависит от типа используемой трубки).

Примечание. – Испытания на качество телефонных разговоров во многих странах показали, что сопоставимые значения напряжения разговорного тока в линии получаются в тех случаях, когда показатель громкости на передаче телефонного аппарата без трубки на 5 дБ выше, чем у используемого аппарата с микротелефонной трубкой.

Величина этого расхождения в 5 дБ обусловлена следующими факторами:

a) средний уровень передачи речи для телефонных аппаратов без трубки примерно на 3 дБ выше, чем для микротелефонных трубок;

b) выходной уровень аппарата с микротелефонной трубкой в режиме разговора примерно на 1 или 2 дБ ниже выходного уровня в режиме передачи речи, определяемом для измерений показателя громкости;

c) имеются и другие незначительные расхождения, например в различных кривых частотных характеристик.

Если чувствительность на передаче зависит от уровня шума помещения, то необходимо постоянно следить за компенсацией ожидаемого увеличения уровня передачи речи в соответствии с уровнем шума помещения.

Пользователь не должен располагать возможностью регулировки чувствительности на передаче.

3 Чувствительность на приеме

Чувствительность на приеме телефонного аппарата без микротелефонной трубки, не снабженного устройством автоматической регулировки усиления, должна устанавливаться в пределах от 15 до 30 дБ. Этот диапазон должен охватывать значение показателя громкости на приеме (RLR), равное значению показателя громкости на приеме соответствующего аппарата с микротелефонной трубкой, и значение показателя громкости на приеме, которое лучше примерно на 10 дБ.

Примечание 1. – Должны приниматься все необходимые меры, позволяющие иметь уверенность в том, что увеличение усиления в результате регулировки волюма речи не приведет к прослушиванию чужих телефонных разговоров вследствие переходного разговора.

Примечание 2. – В принципе ПГ на приеме телефонного аппарата без микротелефонной трубки должен быть равен ПГ на приеме соответствующего аппарата с микротелефонной трубкой в тихом помещении. Диапазон типичных уровней шума помещения требует, однако, дополнительного усиления не менее 10 дБ.

Показатели громкости не всегда применимы к телефонным аппаратам без трубки, снабженным устройством автоматической регулировки усиления принимаемого уровня (усиления, регулируемого напряжением входящих речевых сигналов). В подобных случаях конструкция телефонных аппаратов без трубки должна быть рассчитана на то, чтобы уровень прослушивания при максимальной для этого аппарата длине линии мог быть заранее установлен на такое значение, которое можно было бы считать оптимальным компромиссом между уровнями, необходимыми для прослушивания в тихих и шумных помещениях.

Примечание 3. – Оптимальный уровень прослушивания зависит от уровня шума в помещении и других внешних факторов. Кроме того, необходимо учитывать многие индивидуальные особенности слушающих пользователей.

Средний оптимальный уровень только для прослушивания, по-видимому, соответствует уровню звукового давления порядка 65 дБ при шуме помещения 45 дБА или 70 дБ при шуме помещения 55 дБА. Для получения, однако, максимальных оценок методом мнений при испытаниях на слышимость разговоров может потребоваться повышение уровня приема речи на 5–10 дБ.

4 Кривые частотных характеристик

4.1 *Частотная характеристика на передаче*

Согласно имеющимся данным, оптимальная крутизна частотной характеристики на передаче (при измерениях с использованием телефонного аппарата без трубки, расположенного на столе) составляет от 0 до +3 дБ на октаву при равномерной частотной характеристике на приеме.

Лишь в условиях сильной реверберации разборчивость может быть улучшена небольшим увеличением предыскажения. Поэтому при введении частотной коррекции с учетом предполагаемого затухания кабеля частотная характеристика на передаче не должна возрастать более чем на 2 или 3 дБ с каждой октавой.

На частотах ниже 300 Гц характеристика должна постепенно снижаться. Не исключено, что на частотах ниже 200 Гц ее снижение будет более резким.

Примечание. – В полосе 200–300 Гц обеспечивается наиболее естественное звучание передаваемой речи, поэтому данная полоса должна быть включена в полосу передачи телефонных аппаратов без микротелефонной трубки.

На частотах выше 4000 Гц необходим спад со скоростью не менее чем на –6 дБ/октава (предпочтительно на –12 дБ/октава), который позволяет исключить переходный разговор в соседних каналах некоторых типов цепей большой протяженности.

4.2 *Частотная характеристика на приеме*

Частотная характеристика на приеме в полосе частот 200–4000 Гц должна быть достаточно равномерной.

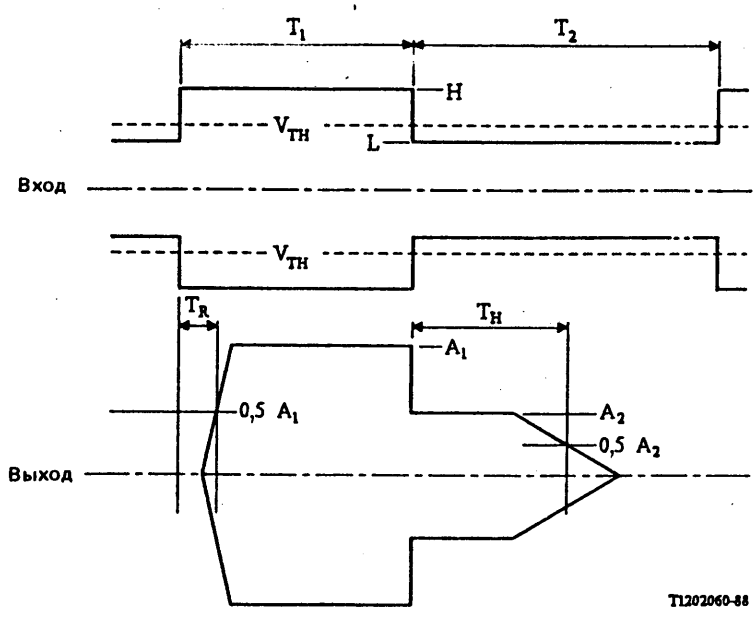
Данное требование относится к звуковому давлению в неискаженном поле на месте слушающего пользователя, включая стол, как это указано в § 6.

5 Характеристики переключения

Большинство телефонных аппаратов без микротелефонной трубки и с громкоговорящим приемником снабжены цепью переключения голосом, позволяющей избежать генерации за счет акустической связи. Эти цепи вносят затухание на передаче или приеме разными способами. Переключение с одного направления передачи на другое осуществляется в тех случаях, когда сигнал с уровнем, превышающим заданный порог, подается в противоположном направлении или когда управляющее устройство, проанализировав относительные уровни и характер сигналов в обоих направлениях передачи, разрешает переключение.

Основными параметрами этой функции переключения голосом являются (см. рис. 1/P.34 и 2/P.34):

- пороговый уровень V_{TH}: минимальный уровень сигнала, необходимый для компенсации вносимого затухания;
- время нарастания T_R: временной интервал между точкой пересечения увеличивающимся входным сигналом порога V_{TH} и точкой компенсации 50 % вносимого затухания;
- время удержания T_H: временной интервал между точкой пересечения уменьшающимся входным уровнем порога V_{TH} и точкой внесения 50 % затухания при переключении;
- время переключения T_S: время перехода с одного направления передачи на другое (см. рис. 2/P.34).



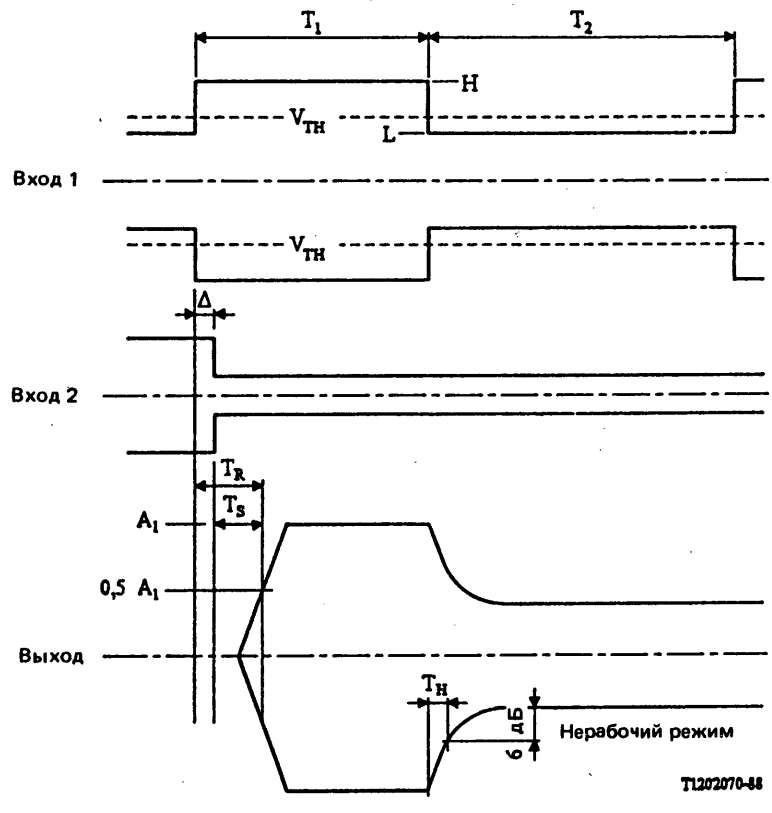
T_R Время нарастания

T_H Время удержания

V_{TH} Пороговый уровень

Примечание. — В случае, показанном здесь, время переключения T_S превышает $T_R + T_H$.

РИСУНОК 1/Р.34



T_S Время переключения

РИСУНОК 2/Р.34

Адекватный выбор значений параметров может свести к минимуму снижение качества передачи речи, обусловленное голосовым переключением; неточный выбор, в частности значений времени переключения, может быть причиной серьезных искажений и потери начальных или конечных согласных в передаваемой речи.

Измерения характеристик переключения голосом можно разделить на две группы:

a) измерения характеристик при разговорах с чередованием речи, когда два абонента говорят поочередно, не прерывая друг друга; в этом случае допускается возвращение цепи переключения голосом в исходное состояние до ее включения входным сигналом другого направления передачи;

b) измерения характеристик при одновременных разговорах, когда оба абонента могут прерывать друг друга одновременно произносимыми словами или когда речевые сигналы на одном конце соединения присутствуют одновременно с шумовыми сигналами на другом конце.

Характеристики, измеряемые в первом случае, имеют первостепенное значение, поскольку они могут влиять на характеристики одновременных разговоров. Следовательно, в отношении этих характеристик необходима постоянная проверка телефонных аппаратов без трубки.

Для измерения характеристик, указанных в пункте a), выше, рекомендуется использовать сигнал, состоящий из периодической последовательности тональных импульсов (см. рис. 1/P.34). Должна предусматриваться возможность регулировки значений времени включения и выключения T1 и T2, а также амплитуд H и L. Для поочередного переключения телефонного аппарата без трубки на передачу и прием рекомендуется в случае b) применять две последовательности смещенных по фазе тональных импульсов (например, акустический сигнал с частотой 1 кГц и электрический сигнал с частотой 400 Гц). Измеряемые таким способом характеристики переключения будут, вероятно, более удобными для анализа результатов субъективных разговорных испытаний.

Различают три типа телефонных аппаратов без микротелефонной трубки:

5.1 *Тип 1* – Аппараты без микротелефонной трубки, в которых переключение направления передачи происходит при достижении абсолютного порогового уровня V_{TH}.

Желательно, как правило, чтобы пороговое значение поддерживалось на низком уровне и чтобы время нарастания и время удержания были, соответственно, малым и большим. С другой стороны, в условиях практической эксплуатации слишком короткое время нарастания (порядка нескольких миллисекунд) может привести к тому, что цепь переключения голосом будет срабатывать от импульсных помех, а слишком большое время удержания будет, вероятно, препятствовать естественному переключению во время разговора. Кроме того, если пороговый уровень более чем на 25 дБ ниже уровня активной речи, то цепь переключения будет слишком легко срабатывать под воздействием окружающего шума.

Рекомендуются следующие характеристики переключения:

a) время нарастания T_R не должно превышать 15 мс, и предпочтительно оно должно быть меньше 10 мс;

b) время удержания T_H должно превышать 100 мс; если пороговый уровень находится в пределах предпочтительного диапазона, то значения T_H рекомендуется принимать в пределах от 150 до 250 мс; выбор значений времени удержания свыше 400 мс не дает сколь-либо заметного улучшения рабочих характеристик;

c) пороговый уровень V_{TH} должен быть не менее чем на 20 дБ ниже уровня активной речи; если время удержания превышает 300 мс, то можно использовать уровни в пределах от –20 до –15 дБ; не рекомендуется использовать уровни выше –15 дБ.

Для измерения V_{TH} амплитуду, начиная с низкого уровня, постепенно увеличивают до тех пор, пока не происходит переключение. Таким образом получают абсолютное значение порогового уровня. Пороговое значение обычно выражается в виде разности между этим значением и средним эффективным значением напряжения речевых сигналов в активном состоянии.

5.2 *Тип 2* – Телефонные аппараты без микротелефонной трубки, направление передачи которых зависит от относительных уровней в обоих направлениях передачи, а также в некоторых случаях от уровней шума (акустического или электрического), усиления усилителей, автоматической регулировки усиления, предшествующего направления передачи и т. д.

Рекомендуются следующие значения:

a) T_R должно быть меньше 15 мс, а если возможно, меньше 10 мс;

b) T_H может быть меньше 50 мс;

c) рекомендуется, чтобы значение T_S, измеряемое с помощью двух входных сигналов (вход 1 и вход 2 на рис. 2/P.34), составляло около 100 мс.

Примечание. – В условиях сильной реверберации некоторые аппараты без микротелефонной трубки с таким временем T_S могут иметь неудовлетворительные рабочие характеристики.

Более подробная информация об уровнях и методах измерения содержится в § 3.5 Руководства по телефонометрии.

5.3 *Тип 3* – Телефонные аппараты без микротелефонной трубки, в которых используется компенсация эха.

Некоторые сведения, касающиеся оценки телефонных аппаратов, снабженных средствами компенсации эха, приводятся в Рекомендации Р.30.

Примечание. – Во избежание акустической связи через микрофон трубки внесение затухания в некоторых громкоговорящих телефонных аппаратах может осуществляться на приеме. Это затухание может вноситься в случае слишком высокого уровня сигнала, поступающего в громкоговоритель, или слишком высокого уровня сигнала, посылаемого микрофоном в громкоговоритель.

Рекомендуется ограничивать продолжительность введения и удаления вносимого затухания временем 20 мс, а также ограничивать величину этого затухания, чтобы избежать клиппирования принимаемой речи.

6 Условия измерений

Как для субъективных, так и для объективных измерений следует использовать измерительные схемы, описываемые в данном параграфе.

6.1 *Стол для проведения испытаний*

Телефонный аппарат без микротелефонной трубки устанавливается во время испытаний на стол, отвечающий требованиям, указанным ниже.

Поверхность стола, на который ставится испытываемый телефонный аппарат, должна быть прочной (например, из полированной фанеры или соответствующего твердого дерева), ровной, жесткой и горизонтальной и должна обеспечивать отражение звука. Площадь стола должна составлять около 1 м^2 (но не менее 0,96 м^2) при ширине не менее 800 мм [2].

Примечание. – Данная схема должна применяться для всех измерений, включая запись частотных характеристик, несмотря на явления обусловленной столом дифракции, которые могут вызывать заметные провалы и пики на частотной характеристике (см. § 6.5.2).

6.2 *Испытательная схема*

Схема, используемая для субъективных и объективных испытаний телефонных аппаратов без микротелефонной трубки с одно- и двухблочной конструкцией, показана на рис. 3/Р.34.

Если проекции корпуса не являются прямоугольными, точка В располагается на пересечении средней линии, проходящей через корпус, и внешнего контура вертикальной проекции корпуса.

Передний край корпуса должен быть перпендикулярен к линии А–В.

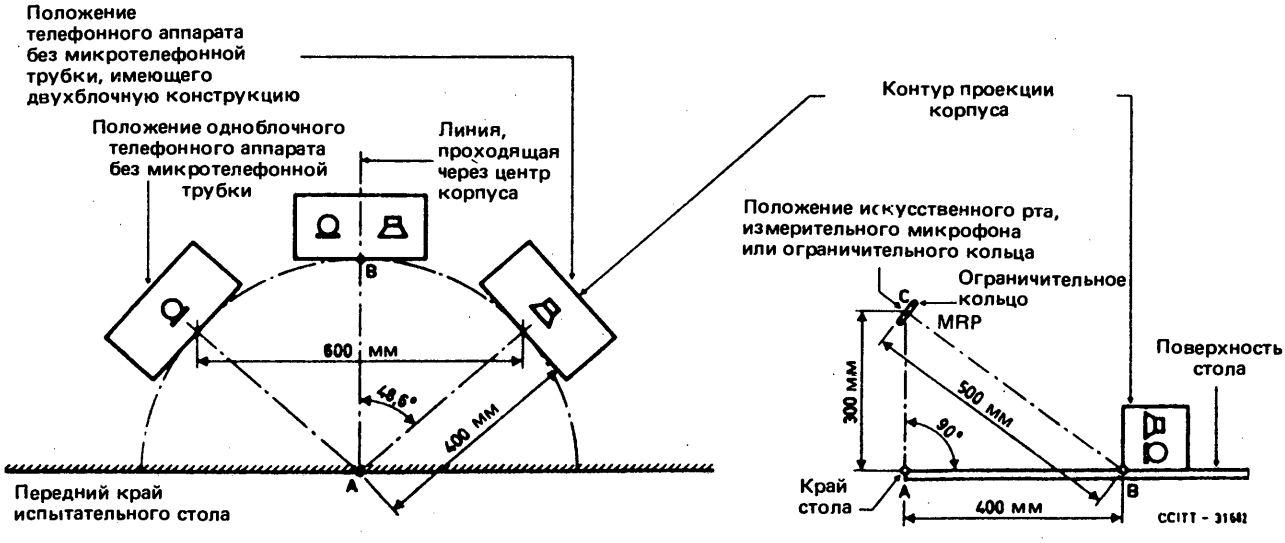


РИСУНОК 3/Р.34

Испытательная схема для субъективных и объективных измерений

6.3 *Условия, которые должны соблюдаться при проведении испытаний*

Акустика помещения, в котором происходят испытания, не должна оказывать решающего влияния. Объективные измерения рекомендуется выполнять в условиях, практически идентичных условиям акустического поля в свободном пространстве (при отсутствии эха) до минимальной частоты 175 Гц, и таким образом, чтобы испытательная схема находилась целиком внутри свободного акустического поля.

Примечание. – Можно считать, что удовлетворительные условия свободного акустического поля соблюдаются, если погрешности, обусловленные отклонением от идеальных условий, не превышают ±1 дБ.

Испытания должны проводиться при незначительном уровне окружающего шума. Что касается объективных измерений, то эти условия можно считать обеспеченными, если значение коэффициента шума или критерия шума меньше 15 [4], [5]. Для субъективных испытаний окружающий шум достаточно поддерживать на уровне ниже 35 дБА.

6.4 *Субъективные оценки*

Показатели громкости должны определяться в соответствии с Рекомендацией P. 78.

Примечание. – Общие сведения об эквивалентах затухания содержатся в томе V *Красной книги* (1985 г.) и в Руководстве по телефонометрии.

6.4.1 *Передача*

В принципе уровень речи при измерении показателя громкости на передаче (SLR) телефонного аппарата без микротелефонной трубки должен быть таким же, как при измерениях телефонных аппаратов с микротелефонной трубкой.

Если допустить, что эффект препятствия эталонного микрофона незначителен, то нет необходимости в том, чтобы во время испытания говорящий поочередно пользовался ограничительным кольцом эталонного микрофона и ограничительным кольцом телефонного аппарата без микротелефонной трубки.

Как правило, нормированный уровень речи и использование стандартного испытательного текста или фразы достаточны для того, чтобы телефонный аппарат без микротелефонной трубки с целью переключения голосом соответствовал условиям передачи, необходимым при определении показателя громкости на передаче. В противном случае уровень речи может быть повышен на величину до 5 дБ, что, возможно, потребует компенсации в эталонной системе для сохранения прежнего уровня прослушивания.

Если чувствительность на передаче зависит от уровня шума помещения, то субъективное измерение должно выполняться в тихом помещении (при уровне шума помещения менее 35 дБА). Более подробные данные о рабочих характеристиках телефонного аппарата без микротелефонной трубки могут быть получены путем повторения измерений на передаче с увеличением шума помещения до максимального значения 60 дБА.

6.4.2 *Прием*

Уровень речи на эталонном микрофоне при измерении эквивалента затухания R25 на приеме или показателя громкости (ПГ) на приеме должен быть в принципе таким же, как уровень, определяемый для измерений на телефонных аппаратах с микротелефонной трубкой. Таким образом, в случае уравнивания громкости эталонной системы и тракта испытуемой системы должна обеспечиваться возможность получения сигнала с амплитудой, достаточной для переключения телефонного аппарата без микротелефонной трубки в состояние приема.

Трудности могут иногда возникать при приближении к состоянию равновесия при большом затухании балансового аттенюатора, когда низкий уровень входного сигнала может оказаться недостаточным для переключения телефонного аппарата без микротелефонной трубки в состояние приема. Уровень речи говорящего в этом случае можно повысить на величину до 5 дБ, чтобы разница в громкости была минимальной.

Примечание. – Это приведет также к увеличению уровня приема речи при балансе, однако в этом случае невозможно скорректировать это изменение изменением затухания эталонной системы.

Получение баланса громкости в состоянии приема может быть облегчено применением громкоговорящей промежуточной эталонной системы. Однако рассмотрение такой системы выходит за рамки данной Рекомендации.

6.5 *Объективные оценки*

Объективные оценки громкоговорящих телефонных аппаратов без микротелефонной трубки включают в себя:

- измерение частотной характеристики чувствительности на передаче и приеме;
- объективное определение показателей громкости методом, описанным в Рекомендации P. 79.

Примечание. – Некоторые Администрации для целей внутреннего планирования используют и другие методы расчета показателей громкости, рассматриваемые в Дополнении № 19.

6.5.1 *Измерения чувствительности*

6.5.1.1 *Измерения чувствительности на передаче*

Частотная характеристика на передаче телефонного аппарата с громкоговорителем и/или без микротелефонной трубки записывается на выходных клеммах аппарата с использованием тех же электрических соединений, что и для телефонных аппаратов с трубкой. Акустический вход микрофона обеспечивается искусственным ртом, который устанавливается в положение, показанное на рис. 3/P.34.

В этом случае чувствительность на передаче местной телефонной системы определяется по формуле:

$$S_{mJ} = 20 \log_{10} \frac{V_s}{p_m} \text{ дБ относительно 1 В/Па,}$$

где V_s – напряжение на нагрузке 600 Ом и p_m – звуковое давление в эталонной точке рта (MRP).

Может быть использован измерительный уровень, предлагаемый в Рекомендации P.64, то есть –4,7 дБПа в эталонной точке рта (см. рис. 3/P. 34), что соответствует уровню –29 дБПа на расстоянии 50 см от рта при отсутствии аппарата и стола.

Примечание. – В некоторых телефонных аппаратах без микротелефонной трубки используются "шумозащитные" цепи, что влечет за собой обязательное изменение сигнала источника. Правильное решение заключается в импульсной подаче этого сигнала с соответствующей частотой следования, например 250 мс для состояния "сигнал включен" и 150 мс для состояния "сигнал выключен". Определенные таким образом значения чувствительности телефонных аппаратов без микротелефонной трубки не могут быть использованы для расчета показателей громкости на передаче. Для выполнения этого расчета эталонное звуковое давление в эталонной точке рта должно иметь уровень на 24,2 дБ выше (в среднем в рассматриваемой полосе частот).

6.5.1.2 *Измерение частотной характеристики чувствительности на приеме*

Чувствительность на приеме телефонного аппарата с громкоговорителем и/или без микротелефонной трубки определяется по формуле:

$$S_{Je} = 20 \log_{10} \frac{p_R}{{}^1/_2 E_J} \text{ дБ относительно 1 Па/В,}$$

где p_R – звуковое давление в точке C на рис. 3/P.34 и E_J – э.д.с. генератора с внутренним сопротивлением 600 Ом.

6.5.2 *Измерение и расчет показателей громкости*

6.5.2.1 *На передаче*

Показатель громкости на передаче можно рассчитывать в соответствии с Рекомендацией P.79, используя частотные характеристики чувствительности, полученные измерением тракта между электрическим выходом аппарата и акустическим входом, которым является эталонная точка рта (см. рис. 3/P.34).

Примечание. – Некоторые Администрации для целей внутреннего планирования применяют и другие методы расчета показателей громкости, представленные в Дополнении № 19.

Однако следует соблюдать осторожность в определении условий и в интерпретации результатов этих объективных испытаний. Полученные к настоящему времени результаты действительны для ограниченного числа телефонных аппаратов, при этом существенное значение имеет выбор измерительного сигнала. В определенных условиях применение искусственного речевого сигнала может вызывать срабатывание цепей защиты от шума (путем внесения некоторого затухания на передаче). Использование искусственного голоса, отвечающего требованиям Рекомендации P.50 (временно рекомендованные характеристики сигнала, близкого к естественной речи), позволяет получать более точные результаты.

6.5.2.2 *На приеме*

Объективные измерения, описываемые в § 6.5.1.2, выполняются с помощью микрофона в свободном поле в точке C (см. рис. 3/P.34).

Показатели громкости рассчитываются в соответствии с Рекомендацией P.79, при этом должны приниматься во внимание следующие два явления:

- эффект дифракции головы аудитора;
- соответствующая коррекция с учетом различия в прослушивании одним ухом и двумя ушами.

Данная проблема продолжает изучаться в рамках Вопроса 2/XII.

Временно считается, что результаты расчетов показателей громкости должны корректироваться на 14 дБ в сторону уменьшения.

Примечание. – Некоторые Администрации для целей внутреннего планирования применяют и другие методы расчета показателей громкости, которые приведены в Дополнении № 19.

Библиография

[1] МККТТ – Вопрос 2/XII, Вклад ИК XII-№ 1, Исследовательский период 1989–1992 гг.

[2] European Committee for Standardization (CEN) *Office chair/desk working position – dimensions and design requirements,* CEN: prEN91/August 1981.

[3] МККТТ, "Метод измерения чувствительности громкоговорящего телефонного аппарата", приложение 2 к Вопросу 17/XII, Белая книга, том V, МСЭ, Женева, 1969.

[4] ISO *Assessment of noise with respect to community response,* ISO Recommendation 1996, 1971.

[5] BERANEK (L. L.): Noise and Vibration Control, *McGraw Hill,* pp. 564–566, New York, 1971.

Рекомендация P.35

ТЕЛЕФОННЫЕ АППАРАТЫ С МИКРОТЕЛЕФОННОЙ ТРУБКОЙ

(*Малага-Торремолинос, 1984 г.; изменена в Мельбурне, 1988 г.*)

1 Характеристики передачи

План передачи для международных телефонных соединений рассматривается в Рекомендации G.101.

В Рекомендациях G.111 и G.121 рассматривается качество передачи, то есть показатели громкости, для международных и национальных телефонных соединений, соответственно.

Эти Рекомендации позволяют Администрациям распределять требуемые характеристики между аналоговыми телефонными аппаратами и другими частями сети при условии соблюдения характеристик в целом.

Следовательно, невозможно точно определить характеристики аналоговых телефонных аппаратов, однако можно дать некоторые концептуальные указания. Такие указания содержатся в Дополнении № 10.

Требования, относящиеся к цифровым телефонным аппаратам, изложены в Рекомендации P.31.

2 Габариты микротелефонной трубки

Форма и размеры микротелефонной трубки имеют большое значение как для уровня передачи, так и для уровня приема. Положение слуховой раковины должно обеспечивать герметичность ее прилегания к уху, а форма микротелефонной трубки должна заставлять пользователя держать ее в оптимальном положении относительно головы.

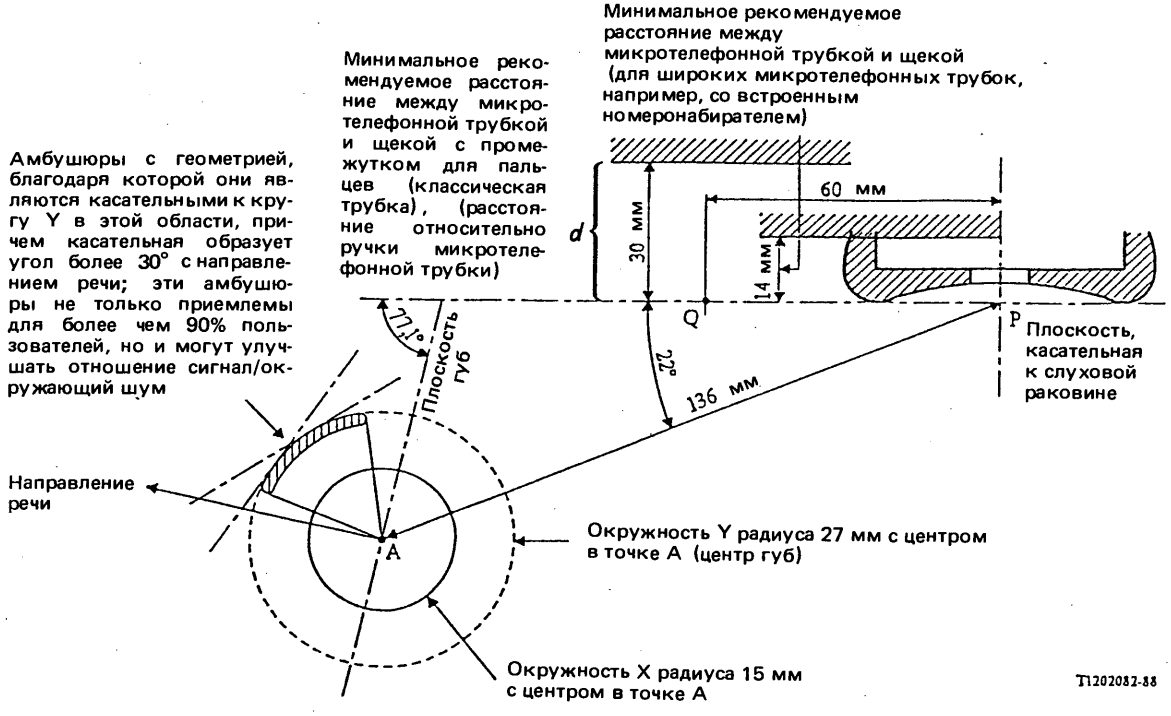
Ссылка [1] представляет собой эргономическое исследование, содержащее сведения о распределении соответствующих размеров относительно пальцев и головы.

Исследование, посвященное размерам головы и проведенное в Китайской Народной Республике, содержится в [2]. Более позднее исследование [3] показывает, что амбушюр микротелефонной трубки для удобства пользования должен находиться немного за пределами (например, порядка 10–12 мм) окружности, охватывающей на 80 % центр губ участников испытаний (не менее 4000 человек). Микротелефонная трубка с такими размерами (см. рис. 1/P.35) будет приемлемой для 90 % пользователей. Если расстояние между губами и амбушюром будет больше, то отношение сигнал/окружающий шум будет хуже и будет труднее соблюдать рекомендуемые значения затухания местного эффекта для слушающего (см. Рекомендации G.121, P.11, P.76, P.79 и Дополнение № 11). Следовательно, отношение сигнал/окружающий шум и удобное для пользования положение амбушюра должны учитываться, и необходимо находить приемлемое решение.

3 Рекомендации, касающиеся микротелефонной трубки

С учетом соображений, изложенных выше, МККТТ рекомендует использовать микротелефонные трубки, размеры которых соответствуют указанным на рис. 1/P.35 (в отношении положения амбушюра и минимального расстояния между трубкой и щекой).

Примечание. – Слуховая раковина, конструкция которой обеспечивает герметичность прилегания к уху по МЭК 318 (Рекомендация P.51), облегчит выполнение лабораторных и заводских испытаний. Опыт показывает, что в большинстве случаев такие раковины обеспечивают также хорошую герметичность для естественного уха.



Примечание 1. – Точка A находится в центре окружности X, охватывающей 80% положений губ участников испытаний, описанных во Вкладах [2] и [3].

Примечание 2. – Окружность Y охватывает эллипс, указанный в [1].

РИСУНОК 1/P.35

Ссылки

[1] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 49 (ITT), Исследовательский период 1973–1976 гг.

[2] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 21 (Китайская Народная Республика), Исследовательский период 1977–1980 гг.

[3] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 112 (Китайская Народная Республика), Исследовательский период 1977–1980 гг.

Библиография

МККТТ – Вклад ИК XII-№ 32 (Соединенное Королевство), Исследовательский период 1973–1976 гг.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ИЗБЫТОЧНОГО ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ, СОЗДАВАЕМОГО ТЕЛЕФОННЫМИ ПРИЕМНИКАМИ

(Малага-Торремолинос, 1984 г.; изменена в Мельбурне, 1988 г.)

Использование устройств, предназначенных для предотвращения явления избыточного акустического давления, создаваемого телефонными приемниками, рассматривается в Рекомендации К.7. Методы, позволяющие проверять чувствительность этих устройств к кратковременным импульсам и более длительным (как, например, тональные сигналы) помехам, даны в указанной Рекомендации. В этой Рекомендации описывается также метод проверки этих устройств на отсутствие мешающего влияния на обычные речевые сигналы.

Предварительное замечание. – Опираясь на результаты научных исследований, некоторые авторы и организации предложили критерии вероятности повреждения слуха, базирующиеся на изменениях звукового давления в "импульсных" режимах, для которых, впрочем, имеется несколько определений. Были предложены также критерии вероятности повреждения слуха для более длительных акустических помех, например тональных сигналов. Однако эти критерии не могут быть прямо отнесены к условиям испытаний и измерений, описываемых ниже. При сопоставлении результатов для их проверки обязательно должны приниматься во внимание некоторые исходные положения, не рассматриваемые в настоящей Рекомендации, которая имеет целью только описание простого метода для практического применения и для анализа полученных результатов. Рекомендуемые критерии опираются, кроме того, на опыт многих стран в отношении качества телефонных приемников, необходимого для обеспечения безопасности пользователей и операторов. Администрации по своему усмотрению могут принимать более низкие уровни ограничения, чтобы уменьшить мешающее воздействие акустических помех на абонентов, однако эти уровни не должны быть столь низкими, чтобы отрицательно сказываться на нормальных речевых уровнях.

1 Эффективность защиты от кратковременных импульсов

Чтобы убедиться в надежности устройства защиты телефонного аппарата от акустических ударов, вызываемых кратковременными импульсами, рекомендуется проверять характеристики этого устройства следующим образом:

a) полный телефонный аппарат, в том числе и защитное устройство, находится в нормальных (с точки зрения электропитания) рабочих условиях и в положении, соответствующем телефонному разговору (телефонная трубка, например, снята);

b) слуховая раковина телефонной трубки аппарата обычно прижимается к искусственному уху, соответствующему Рекомендации Р.51 (и Публикации 318 МЭК);

c) искусственное ухо электрически соединяется с измерителем уровня звука, соответствующим Публикации 651 МЭК, правильно откалиброванным и снабженным цепями, необходимыми для измерения пиковых уровней звукового давления. Указанный прибор должен быть 2-го класса для испытаний заводских образцов и может быть 3-го класса для проверки серийно выпускаемых телефонных аппаратов;

d) электрические импульсы подаются на клеммы телефонного аппарата через соответствующую схему, которая позволяет накладывать их на постоянный ток питания, не вызывая их короткого замыкания. Эти импульсы вырабатываются генератором, представленным на рис. 1/К.17 Рекомендации К.17 и предназначенным для испытаний промежуточных усилителей на симметричных парах (R_3 = 25 Ом, C_2 = 0,2 мкФ, см. таблицу 1/К.17). Испытательное напряжение составляет от 0 до 1,5 кВ;

e) телефонный аппарат проверяется также на собственные акустические импульсы, создаваемые при манипуляциях с рычажным переключателем или при наборе номера;

f) для пунктов d) и e), выше, наблюдаемый пиковый уровень акустического давления (максимальное мгновенное значение) должен быть ниже 140 дБ относительно 20 мкПа. Для обычно используемых телефонных аппаратов Администрациям рекомендуется ограничить долговременное значение этого уровня величиной 135 дБ.

Примечание. – В отдельных случаях, например для телефонных гарнитур операторов, Администрации могут применять и другие нормы.

2 Эффективность защиты от более длительных помех

Чтобы убедиться в надежности устройства защиты телефонного аппарата от вероятных акустических ударов, вызываемых более длительными помехами, например тональными сигналами, рекомендуется проверять характеристики этого устройства следующим образом:

a) полный телефонный аппарат, в том числе и защитное устройство, находится в нормальных (с точки зрения электропитания) рабочих условиях и в положении, соответствующем телефонному разговору (телефонная трубка, например, снята);

b) слуховая раковина микротелефонной трубки аппарата обычно прижимается к искусственному уху, соответствующему Рекомендации P.51 (и Публикации 318 МЭК);

c) искусственное ухо электрически соединяется с измерителем уровня звука, соответствующим Публикации 651 МЭК и правильно откалиброванным для измерения уровней звукового давления, взвешенных с помощью шкалы A. Указанный прибор должен быть 2-го класса для испытаний заводских образцов и может быть 3-го класса для проверки серийно выпускаемых телефонных аппаратов;

d) на телефонный аппарат подается синусоидальный сигнал с частотой 1000±20 Гц[1], амплитуда которого увеличивается до тех пор, пока эффективное напряжение этого сигнала не достигнет значения 10 $В_{эфф}$ на клеммах аппарата или пока выходной акустический уровень телефонного приемника в установившемся режиме не достигнет своего предельного значения, если последнее значение достигается раньше;

e) телефонный аппарат проверяется также на собственные акустические помехи, например на тональные сигналы набора номера, поступающие обратно в телефонный приемник;

f) для пунктов d) и e) уровень звукового давления, взвешенный с помощью шкалы A в установившемся режиме, должен быть ниже 125 дБА ("медленная" реакция).

Примечание 1. – Тональные сигналы или другие помехи, которые по своей природе имеют длительность менее 0,5 с, должны рассматриваться как кратковременные импульсы, относящиеся к § 1. Повторяющиеся помехи, возникающие, например, при многочастотном наборе номера, относятся к § 2 и должны оцениваться с помощью измерителя уровня звука, откалиброванного для измерения средней характеристики "медленной" реакции.

Примечание 2. – В отдельных случаях, например для гарнитур телефонисток, Администрации могут применять и другие нормы.

3 Воздействие на нормальные речевые сигналы

Рекомендуется проверять, вызывает ли ослабление сильных сигналов, обеспечиваемое защитными устройствами, искажения нормальных речевых сигналов, например нелинейные искажения. Такая проверка может быть выполнена с помощью серии измерений в установившемся синусоидальном режиме на частоте 1000±20 Гц, связанных со следующими параметрами:

N – уровнем электрического напряжения на клеммах аппарата, определяемым по формуле:

$$N = 20 \log_{10} \frac{V_{эфф}}{0{,}775} \quad (дБ),$$

где $V_{эфф}$ соответствует эффективному значению напряжения (в вольтах) на клеммах. Значение $V_{эфф}$ = 0,775 В (–2,2 дБВ) дает $N = 0$ и соответствует уровню мощности 0 дБм на нагрузке 600 Ом;

$P(N)$ – звуковым давлением, создаваемым в определенных условиях телефонным приемником (например, давлением, измеренным на искусственном ухе, которое соответствует Рекомендации P.51) при уровне напряжения N на клеммах аппарата;

$A(N)$ – ослаблением электроакустической чувствительности относительно ее эталонного значения, определяемого для $N = -20$ дБ. $A(N)$ определяется по формуле:

$$A(N) = 20 \log_{10} \frac{P(-20)}{P(N)} + N + 20 \quad (дБ)$$

[$A(N) = 0$, если $N = -20$ дБ].

Полученные значения $A(N)$ должны совпадать со значениями в таблице 1/P. 36, которые были получены измерениями на нескольких типах телефонных аппаратов, снабженных различными устройствами защиты.

---

[1] Перечень ISO предпочтительных частот включает в себя эталонную частоту 1000 Гц, которая обычно используется для акустических испытаний. Для испытаний систем ИКМ в Рекомендации O.6 предлагается использовать частоту 1020 Гц, чтобы испытательная частота не была субгармоникой частоты дискретизации 8000 Гц. Эту Рекомендацию следует учитывать при испытаниях цифровых телефонных аппаратов.

Примечание 1. – Может оказаться полезным выполнить несколько дополнительных измерений, чтобы убедиться в том, что на частотах от 200 до 4000 Гц наблюдаемые значения $A(N)$ одного порядка.

Примечание 2. – Некоторые аппараты современной конструкции имеют ряд особенностей. Так, например, электроакустическая чувствительность зависит от условий подачи постоянного тока и (или) от уровня принимаемых сигналов (это не относится к устройствам защиты). В подобных случаях Администрации, намеревающиеся использовать такие аппараты, могут изменить вышеуказанные требования, но должны придерживаться основных принципов, лежащих в основе этих требований.

ТАБЛИЦА 1/Р.36

N (дБ)	$A(N)$ (дБ)
–20	0
–10	< 0,5
0	≤ 2

Рекомендация Р.37

НАПРЯЖЕННОСТЬ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ВОКРУГ РАКОВИНЫ МИКРОТЕЛЕФОННОЙ ТРУБКИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ СВЯЗЬ СО СЛУХОВЫМИ АППАРАТАМИ ДЛЯ ТУГОУХИХ

(Малага-Торремолинос, 1984 г.; изменена в Мельбурне, 1988 г.)

1 Введение

Магнитные индукционные системы, вводимые в микротелефонные трубки в качестве вспомогательных слуховых устройств, генерируют переменное магнитное поле, обладающее пространственными характеристиками, которые обеспечивают обнаружение поля с помощью слуховых устройств, снабженных индукционными катушками связи.

Прием сигнала тональной частоты через индукционную катушку связи часто позволяет получать приемлемое отношение сигнал/шум в тех случаях, когда прием акустического сигнала без применения такой катушки был бы искажен реверберацией и фоновым шумом.

Напряженность магнитного поля, обеспечивающая эффективную работу катушек связи в слуховых аппаратах, с одной стороны, должна быть достаточно высокой для получения приемлемого отношения сигнал/шум, но, с другой стороны, не должна вызывать перегрузку слухового аппарата.

Рекомендуемая величина напряженности магнитного поля была выбрана в соответствии с этими требованиями.

2 Сфера применения

Данная Рекомендация относится к микротелефонным трубкам, обеспечивающим магнитное поле для связи со слуховыми аппаратами. В ней определяются уровень, линейность и частотная зависимость магнитного поля, создаваемого микротелефонной трубкой, а также характеристики калиброванного электромагнитного зонда.

3 Пояснения к терминам

3.1 *Уровень напряженности магнитного поля*

Максимальная величина напряженности магнитного поля, измеряемая в соответствии с § 4.2.

3.2 *Измерительная плоскость*

Плоскость, параллельная плоскости раковины телефонной трубки и проходящая на расстоянии 10 мм от последней.

4 Измерения напряженности магнитного поля и рекомендуемые значения

4.1 *Калибровка акустического уровня приема*

Используя измерительное устройство, показанное на рис. 3/P.64, уровень генератора следует установить таким образом, чтобы уровень звукового давления составлял 80 дБ на частоте 1000 Гц. Этот уровень возбуждения используется для измерения амплитудно-частотных характеристик магнитного поля.

4.2 *Уровень напряженности магнитного поля*

Установить (как это указано в § 5) центр калиброванного электромагнитного зонда в измерительной плоскости и сориентировать его относительно цепи таким образом, чтобы создать максимальную связь. Определить магнитное поле на частоте 1000 Гц, используя уровень генератора, настроенный в соответствии с § 4.1.

Рекомендуется следующий диапазон значений напряженности магнитного поля:

от –17 до –30 дБ относительно 1 А/м.

Примечание. – Слуховые аппараты с индукционными катушками связи, предназначенными главным образом для связи с рамочными магнитными антеннами в аудиториях (см. Публикацию 118-4 МЭК), могут иметь чувствительность, которая соответствует напряженности поля вблизи верхней границы диапазона, рекомендуемого для связи с телефонными аппаратами.

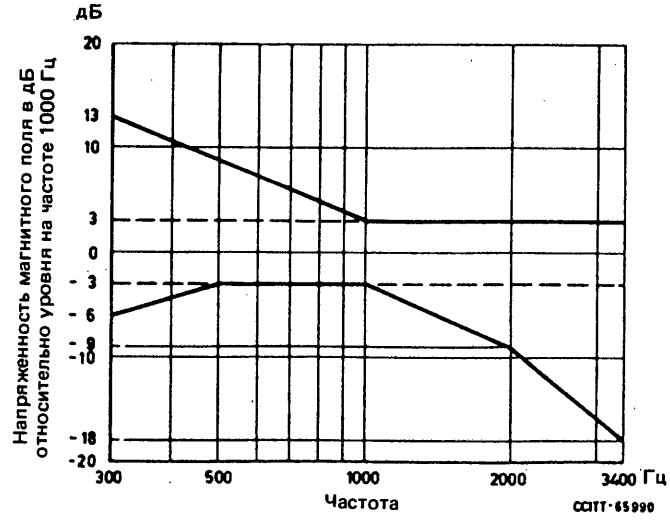
4.3 *Линейность магнитного поля*

Установив электромагнитный зонд так, как это указано в § 4.2, увеличить на 20 дБ уровень частоты 1000 Гц, определяемый в § 4.1, и измерить полученную напряженность магнитного поля.

Напряженность поля должна увеличиться на 20 дБ ± 1 дБ или, если телефонный аппарат имеет более высокую линейность, линейность магнитного поля должна быть такой же хорошей.

4.4 *Измерение частотных характеристик*

Установив электромагнитный зонд так, как это указано в § 4.2, и отрегулировав уровень возбуждения в соответствии с § 4.1, изменить частоту в пределах от 300 до 3400 Гц и измерить получаемую напряженность поля. Частотные характеристики напряженности магнитного поля должны оставаться в пределах шаблона, показанного на рисунке 1/P.37.



Примечание. — Предпочтительные частотные характеристики показаны штриховой линией (± 3 дБ). Область допустимых характеристик указана сплошными линиями.

РИСУНОК 1/P.37

Частотные характеристики напряженности магнитного поля

5 Электромагнитный зонд

5.1 *Размеры*

Для измерения магнитного поля рекомендуется применять калиброванный электромагнитный зонд со следующими размерами:

сердечник: длина (12,5 ± 1 мм)
поперечное сечение (1 мм ± 0,5 мм) × (2 мм ± 0,5 мм);

обмотка: длина (10 мм ± 1 мм)
поперечное сечение (2 мм ± 0,5 мм) × (73 мм ± 0,5 мм).

Обмотка должна быть короче, чем сердечник.

Примечание 1. – На расстояниях, сопоставимых с длиной катушки, магнитное поле может быть неоднородным. Кроме того, введение магнитного сердечника может также вызывать смещение силовых линий магнитного поля. Поэтому магнитный материал сердечника может иметь определенное значение.

Примечание 2. – Электромагнитный зонд в сочетании с элементами частотной коррекции должен иметь равномерную частотную характеристику в полосе 300–3400 Гц.

5.2 *Калибровка электромагнитного поля*

Чувствительность электромагнитного поля в зависимости от частоты должна измеряться с точностью до ± 0,5 дБ.

Метод, позволяющий создавать однородное магнитное поле с известной напряженностью, описан в Публикации 118-1 МЭК. Нелинейные искажения магнитного поля, используемого для калибровки, должны быть меньше 1 %.

5.3 *Искажения*

Искажения электромагнитного зонда должны составлять менее 2 % при измерении напряженности поля до +2 дБ относительно 1 А/м.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(к Рекомендации Р.37)

Измерение акусто-магнитного преобразователя, генерирующего магнитное поле

А.1 *Сфера применения*

В настоящем приложении определяется измерительный метод для акусто-магнитного преобразователя, преобразующего акустический выход телефонного приемника в соответствии с § 4.1 и § 4.2 в магнитное поле, которое может приниматься магнитной катушкой связи в слуховом аппарате.

А.2 *Определение плоскости преобразователя*

Плоскость преобразователя определяется как плоскость, образуемая точками соприкосновения плоской поверхности с поверхностью акусто-магнитного преобразователя, расположенного напротив раковины наушника.

А.3 *Определение измерительной плоскости*

Измерительная плоскость определяется как плоскость, параллельная плоскости преобразователя на расстоянии 10 мм.

А.4 *Процедуры измерения*

Измерения выполняются в соответствии с положениями настоящей Рекомендации.

Уровень звукового давления на выходе телефонного приемника измеряется с использованием искусственного уха и без акусто-магнитного преобразователя.

Характеристики магнитного поля акусто-магнитного преобразователя измеряются после закрепления этого преобразователя на телефонном приемнике.

Примечание. – В сообщении о полученных результатах следует указывать тип используемого телефонного аппарата.

A.5 *Требования к магнитному полю*

Магнитное поле, создаваемое преобразователем, закрепленным на микротелефонной трубке, должно отвечать требованиям к уровню и к частотным характеристикам, изложенным в §§ 4.2 и 4.4.

A.6 *Физические свойства*

Желательно, чтобы акусто-магнитный преобразователь имел следующие характеристики:

- удобство установки на раковине телефонной трубки и снятия с нее;
- плотное прилегание к раковине телефонной трубки, чтобы акусто-магнитный преобразователь и микротелефонная трубка составляли единое целое;
- хорошая и четко определяемая акустическая связь с раковиной телефонной трубки (см. примечание);
- поверхность акусто-магнитного преобразователя, определяющая его плоскость, должна быть плоской или иметь форму, четко определяющую плоскость преобразователя;
- плоскость преобразователя должна быть примерно параллельной плоскости раковины телефонной трубки;
- создаваемое преобразователем магнитное поле должно располагаться в пространстве таким образом, чтобы магнитная связь со слуховым аппаратом в очень малой степени зависела от положения слухового аппарата.

Примечание. – Рекомендуется, чтобы внутренний диаметр герметичной акустической прокладки был равен внешнему диаметру искусственного уха по МЭК 318.

Библиография

"Метод измерения электроакустических характеристик слуховых аппаратов. Часть 4: Напряженность магнитного поля в индукционных шлейфах тональной частоты, используемых для слуховых аппаратов", Публикация 118-4 МЭК, 1981 г.

AHLBORG (H.): Speech levels in the Swedish telephone network. *TELE Engl. Ed.*, No. 1, 1978.

DAHLGAARD (T.) and NIELSEN (A. K.): A statistical analysis of speech signals in a local exchange, and a calculation of the line impedance from the natural speech signals. *Teleteknik*, No. 2, 1974.

GLEISS (N.): Preferred listening levels in telephony. *TELE Engl. Ed.*, No. 2, 1974.

Рекомендация P.38

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРЕДАЧИ ТЕЛЕФОННОЙ СИСТЕМЫ ТЕЛЕФОНИСТОК (OTS)

Измерительные методы, предназначенные для измерения таких телефонных систем, включающих в себя телефонную гарнитуру, цепь питания и абонентскую линию (те же принципы могут относиться к любой системе, в которой используется телефонная гарнитура), должны соответствовать методам, описанным в Рекомендации P.64, со следующими исключениями:

1 Чувствительность на передаче системы телефонисток

Система телефонистки, в принципе, идентична местной телефонной системе, охарактеризованной в Рекомендации P.64, за исключением того, что в телефонной гарнитуре наушник и микрофон могут не иметь фиксированного взаимного положения, как в классической микротелефонной трубке. Гарнитуры, в которых расстояние между телефоном и микрофоном не регулируется, должны располагаться так, как это указано в приложении A к Рекомендации P.76. Что касается гарнитур с регулируемым расстоянием, то изготовитель должен определять стандартное положение входной точки микрофона с помощью трехмерных координат относительно плоскости губ, горизонтальной и вертикальной эталонных плоскостей рта, как это указывается в Рекомендации P.51.

Это стандартное положение, определяемое изготовителем, должно рассматриваться как нормально используемое положение.

Примечание. – Предполагается, что "угол рта" (выражение, применяемое некоторыми изготовителями для определения нормального положения) должен находиться на расстоянии 21 мм от центра плоскости губ и 9 мм за этой плоскостью. Звуковое поле искусственного рта позади плоскости губ не определяется, поэтому измерительные точки позади плоскости губ не указываются.

Таким образом, чувствительность на передаче определяется в соответствии с §§ 2, 4 и 6 Рекомендации P.64.

Показатель громкости на передаче рассчитывается согласно Рекомендации P.79.

2 Чувствительность на приеме системы телефонисток

2.1 Для гарнитур, наушники которых надеваются на ухо, используется искусственное ухо по МЭК 318.

Чувствительность на приеме определяется в соответствии с §§ 3, 5 и 7 Рекомендации Р.64.

Показатель громкости на приеме (RLR) рассчитывается в соответствии с Рекомендацией Р.79 с использованием значений L_E, указанных в таблице 4/Р.79.

2.2 Для гарнитур с телефонами с ушным вкладышем используется искусственное ухо по МЭК 711.

Чувствительность на приеме определяется в соответствии с §§ 3, 5 и 7 Рекомендации Р.64.

2.3 Для определения чувствительности на приеме, которая должна использоваться при расчете громкости, необходимы:

a) функция передачи (S_{DE}) барабанной перепонки в эталонной точке уха (ERP) (см. таблицу 1/Р.51) и

b) значения $L_{E(I)}$ таблицы 1/Р.38, пригодные для телефонов с ушным вкладышем.

Чувствительность определяется следующим образом:

$$S_{JE} = S_{Jd} + S_{DE} - L_{E(I)},$$

где

S_{JE} – чувствительность соединительной линии на естественном ухе;

S_{Jd} – чувствительность соединительной линии на макете уха МЭК 711 (барабанная перепонка);

$L_{E(I)}$ – затухание связи уха для телефонов с ушным вкладышем (см. таблицу 1/Р.38);

S_{DE} – функция передачи барабанной перепонки в эталонной точке уха (см. таблицу 1/Р.51).

Показатель громкости на приеме рассчитывается в соответствии с Рекомендацией Р.79 с использованием значения S_{JE} вышеприведенной формулы. (*Примечание.* – Значения L_E таблицы 4/Р.79 были заменены значениями, указанными в таблице 1/Р.38.)

Примечание 1. – В рамках Вопроса 8/XII продолжается работа по оценке наушников различных типов: с внутриушным вкладышем, надеваемых на ухо и бесконтактных.

Примечание 2. – Дополнительные сведения по измерению системы телефонисток можно найти в § 3.4 "Руководства по телефонометрии".

ТАБЛИЦА 1/Р.38

Значения $L_{E(I)}$ для телефонов с ушным вкладышем

Частота (Гц)	$L_{E(I)}$ (дБ)
200	23,0
250	19,0
315	18,0
400	17,4
500	12,8
630	9,0
800	6,8
1000	3,2
1250	1,5
1600	1,4
2000	0,4
2500	–1,5
3150	3,0
4000	0,0

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

РАЗДЕЛ 3

НОРМЫ ПЕРЕДАЧИ

Рекомендация Р.48

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЭТАЛОННОЙ СИСТЕМЫ

(Женева, 1976 г.; изменена в Женеве, 1980 г., Малага-Торремолиносе, 1984 г., и Мельбурне, 1988 г.)

Введение

Данная Рекомендация имеет своей целью описать промежуточную эталонную систему (IRS), которая используется для определения показателей громкости. Описание системы должно быть достаточно полным, чтобы различные лаборатории могли воспроизвести оборудование с требуемыми характеристиками, обеспечить его техническое обслуживание и правильную работу.

1 Требования к конструкции

Ниже приводятся основные требования, которым должна отвечать промежуточная эталонная система при ее использовании для испытаний телефонных аппаратов с микротелефонными трубками[1]:

a) тракт передачи должен быть стабильным, его электрические и электроакустические характеристики должны быть определенными; калибровка оборудования должна быть основана на национальных стандартах;

b) элементы тракта, доступные операторам, должны быть аналогичны абонентским аппаратам обычного типа;

c) передающая и приемная части тракта должны иметь частотные полосы и частотные характеристики стандартных коммерческих телефонных каналов;

d) в систему должны входить соединительная линия, обеспечивающая внесение затухания, а также другие элементы канала, такие как фильтры или корректирующие контуры;

e) должна предусматриваться возможность монтажа системы и ее технической эксплуатации с использованием относительно простой испытательной аппаратуры.

Примечание. – Требования, изложенные в пунктах a) – d), были учтены в первоначальной конструкции IRS, основанной на изучении частотных характеристик на передаче и приеме по средним характеристикам большого числа коммерческих телефонных каналов, а также на ограничении ширины частотной полосы номинальным диапазоном 300–3400 Гц.

---

1) Для телефонных аппаратов другого типа, например для гарнитур телефонисток или громкоговорящих аппаратов, потребуется иная IRS. Данная IRS предназначена для работы в полосе 100–5000 Гц. Номинальная полоса 300–3400 Гц была определена для обеспечения совместимости с системами с частотным разделением каналов (ЧРК), частотный интервал которых составляет 4 кГц, и не должна рассматриваться как препятствие для повышения качества передачи путем расширения полосы передаваемых частот.

Поскольку конструкции IRS Администраций могут отличаться отдельными элементами, в приводимом ниже описании даются лишь основные характеристики, необходимые для обеспечения нормальной работы промежуточной эталонной системы.

Принципы работы IRS и номинальные значения чувствительности приведены в §§ 2, 3, 4 и 5, ниже. В §§ 6–9 указаны требования к стабильности, допускам, а также к предельным значениям шума, переходного разговора и искажений. В § 10 дана информация, относящаяся к второстепенным характеристикам.

Ссылка [1] содержит сведения по монтажу и техническому обслуживанию IRS.

2 Состав IRS

Основными элементами IRS являются:

a) передающая часть;

b) приемная часть;

c) соединительная линия.

После монтажа, калибровки и соединения друг с другом элементов, указанных в пунктах a), b) и c), создается эталонный тракт передачи речи в одном направлении (см. рис. 1/P.48). Для определения показателей громкости следует также иметь коммутационные устройства для замены передающей и приемной частей их коммерческими аналогами.

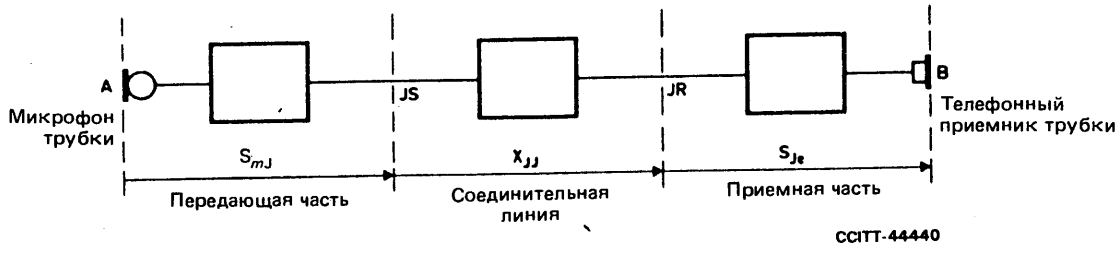


РИСУНОК 1/P.48

Структура полной промежуточной эталонной системы

3 Физические характеристики микротелефонных трубок

В передающей и приемной частях IRS рекомендуется использовать микротелефонные трубки, форма которых симметрична по отношению к медианной продольной плоскости, а сечение в этой плоскости соответствует (с учетом требований стандартизации) размерам, указанным на рисунке 1/P.35. В практических условиях микротелефонная трубка может иметь любую форму, например форму микротелефонных трубок, применяемых Администрацией на своей сети. Общая конфигурация микротелефонной трубки должна быть такой, чтобы при ее нормальном использовании положение слуховой раковины на ухе было наиболее точным и не допускалось чрезмерных отклонений.

Микрофон, помещенный в микротелефонной трубке, должен быть приспособлен к калибровке в соответствии с методом, указанным в Рекомендации P.64. Слуховая раковина телефона должна быть сконструирована так, чтобы при калибровке ее можно было плотно прижать к искусственному уху МЭК/МККТТ (см. Публикацию 318 МЭК), а форма слуховой раковины должна быть пригодной для определения эталонной точки уха в соответствии с описанием в приложении A к Рекомендации P.64.

Электроакустические преобразователи должны быть стабильными и линейными, а их конструкция – удобной для установки в микротелефонную трубку. Микротелефонная трубка должна всегда содержать как микрофон, так и телефон, даже если одно из этих устройств не используется во время испытаний. Масса микротелефонной трубки вместе с капсюлями не должна превышать 350 г.

4 Конструкция полной IRS и полное сопротивление на стыках

На рис. 1/P.48 представлен полный тракт IRS, подразделенный в соответствии с описанием в § 2. Основные характеристики отдельных частей рассмотрены ниже.

4.1 *Передающая часть*

Передающая часть IRS определяется как участок от микрофона трубки A до стыка с соединительной линией в точке JS. Передающая часть должна включать в себя такие устройства усиления и коррекции, которые необходимы для выполнения требований, изложенных в §§ 5.1 и 7, ниже.

Затухание несогласованности полного сопротивления в точке JS (в сторону A) относительно $600\underline{/0°}$ Ом должно быть не менее 20 дБ в полосе частот 200–4000 Гц и не менее 15 дБ в полосе частот 125–6300 Гц, если передающая часть отрегулирована и откалибрована правильно.

4.2 *Приемная часть*

Приемная часть IRS определяется как участок JR-B от стыка с соединительной линией в точке JR до телефона трубки в точке B. Приемная часть должна включать в себя такие устройства усиления и коррекции, которые необходимы для выполнения требований, изложенных в §§ 5.2 и 7, ниже.

Затухание несогласованности в точке JR (в сторону B) относительно $600\underline{/0°}$ Ом должно быть не менее 20 дБ в полосе частот 200–4000 Гц и не менее 15 дБ в полосе частот 125–6300 Гц, если приемная часть отрегулирована и откалибрована правильно.

4.3 *Соединительная линия*

Для уравнивания громкости и испытаний местного эффекта соединительная линия IRS должна включать в себя средства внесения между передающей и приемной частями затухания определенной величины. Таким средством является откалиброванный магазин затухания с характеристическим сопротивлением 600 Ом и с максимальным затуханием не менее 100 дВ

(например, 10 x 10 дБ + 10 x 1 дБ + 10 x 0,1 дБ)

с допуском (при его включении в смонтированное оборудование) не более ±1 % от величины, указанной на шкале, или с точностью ±0,1 дБ при любом максимальном численном значении. Должна быть предусмотрена возможность подключения к соединительной линии дополнительных устройств (например, для внесения амплитудно-частотных искажений). Конструкция этих дополнительных устройств должна быть совместимой с конструкцией магазина затухания и со стыками соединительной линии. Затухание несогласованности соединительной линии относительно $600\underline{/0°}$ Ом должно составлять не менее 20 дБ в полосе частот 200–4000 Гц и не менее 15 дБ в полосе частот 125–6300 Гц как при наличии, так и при отсутствии дополнительных устройств. При проведении таких измерений на клеммы, не используемые для измерений, подключается нагрузка в $600\underline{/0°}$ Ом.

5 Номинальные значения чувствительности передающей и приемной частей

Указанные ниже абсолютные значения являются временными и могут несколько измениться в результате изучения Вопроса 19/XII [2].

5.1 *Передающая часть*

Значения чувствительности передающей части (S_{mJ}) в графе 2 таблицы 1/P.48 [3].

5.2 *Приемная часть*

Значения чувствительности приемной части (S_{Je}), полученные измерением на искусственном ухе МККТТ/МЭК (см. Рекомендацию P.64), приведены в графе (3) таблицы 1/P.48 [3].

ТАБЛИЦА 1/P.48

Номинальные значения чувствительности передающей и приемной частей IRS

(Эти значения приняты временно)

Частота (Гц)	S_{mJ}	S_{Je}
	дБ V/Pa	дБ Pa/V
(1)	(2)	(3)
100	−45,8	−27,5
125	−36,1	−18,8
160	−25,6	−10,8
200	−19,2	− 2,7
250	−14,3	2,7
300	−11,3	6,4
315	−10,8	7,2
400	−8,4	9,9
500	−6,9	11,3
600	−6,3	11,8
630	−6,1	11,9
800	−4,9	12,3
1000	−3,7	12,6
1250	−2,3	12,5
1600	−0,6	13,0
2000	0,3	13,1
2500	1,8	13,1
3000	1,5	12,5
3150	1,8	12,6
3500	−7,3	3,9
4000	−37,2	−31,6
5000	−52,2	−54,9
6300	−73,6	−67,5
8000	−90,0	−90,0

6 Стабильность

Стабильность системы (при температуре и влажности окружающей среды в допустимых пределах) должна обеспечиваться, как минимум, на все время между периодическими калибровками. (См. также [1].)

7 Форма характеристик чувствительности и допуски на значения чувствительности передающей и приемной частей

Форма частотных характеристик чувствительности передающей и приемной частей IRS должна соответствовать величинам, указанным в таблице 2/P.48 (см. также рис. 2/P.48 и 3/P.48). Показатели громкости на передаче и приеме должны устанавливаться равными расчетным величинам, определенным в соответствии с Рекомендацией P.79, с точностью 0 ± 0,2 дБ.

Примечание. – Допускается отклонение от норм в ту или иную сторону при условии:

a) что эти отклонения не составляют более 2 дБ выше верхнего или нижнего предела;

b) что ширина участков частотных характеристик, в пределах которых превышаются установленные допуски, должна быть не более одной десятой частоты максимума или минимума отклонения.

ТАБЛИЦА 2/Р.48

Координаты предельных кривых чувствительности на передаче и приеме

Предельная кривая	Частота (Гц)	Чувствительность на передаче (в дБ относительно произвольно взятого уровня)	Частота (Гц)	Чувствительность на приеме (в дБ относительно произвольно взятого уровня)
Верхний предел	100	−41	100	−24
	200	−16	200	0
			300	+9
	400	−6		
			500	+14
	3400	+6	3400	+16
	3600	+4	3600	+13
			4500	−40
	6000	−60		
Нижний предел	Менее 200	−∞	Менее 200	−∞
	200	−21	200	−20
			300	+4
	400	−11		
			500	+9
	3000	−1		
			3200	+10
	3400	−4	3400	+4
	Более 3400	−∞	Более 3400	−∞

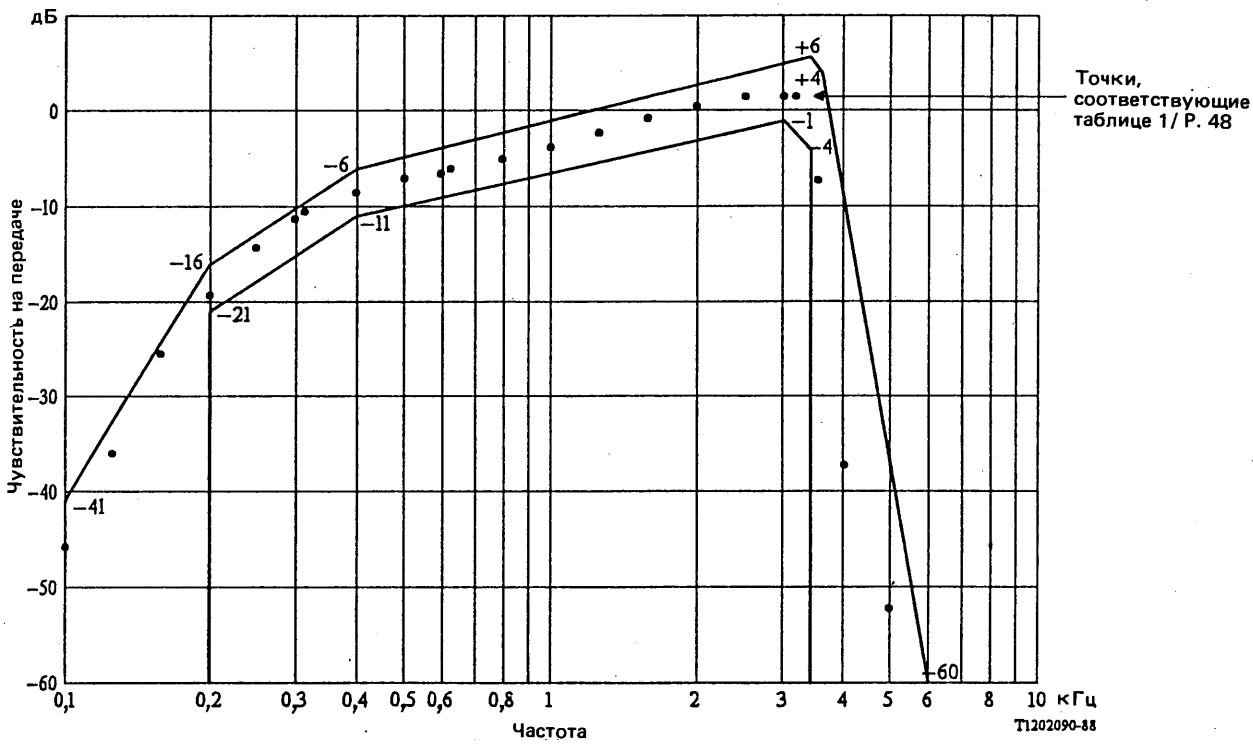


РИСУНОК 2/Р.48

Предлагаемый шаблон для IRS на передаче

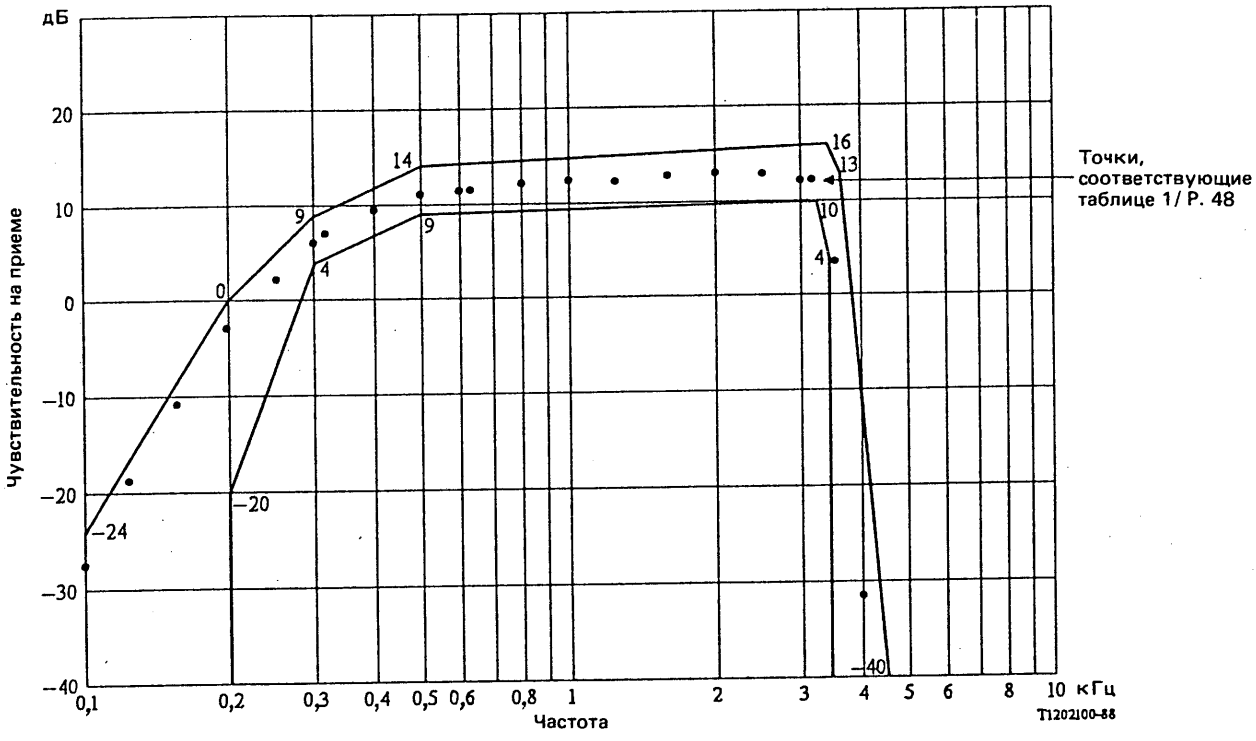


РИСУНОК 3/Р.48

Предлагаемый шаблон для IRS на приеме

8 Предельные значения шума

Следует строго контролировать уровень шума в системе. См. [4].

9 Нелинейные искажения

Для того чтобы нелинейные искажения можно было не принимать во внимание при уровнях речи, обычно используемых для определения показателя громкости, должны соблюдаться заданные требования к этим искажениям.

10 Полное техническое описание

В техническое описание IRS Администрации могут включать некоторые вторичные характеристики. Особое внимание должно быть уделено регулируемым устройствам, стабильности, допускам, переходному разговору, монтажу, технической эксплуатации и т. д. В Дополнении, упомянутом в ссылке [1], содержатся некоторые указания в этом отношении.

Библиография

[1] "Указания по монтированию и технической эксплуатации промежуточной эталонной системы", Оранжевая книга, том V, Дополнение № 1, МСЭ, Женева, 1977 г.

[2] МККТТ – Вопрос 19/XII, Вклад ИК XII-№ 1, Исследовательский период 1985–1988 гг., МСЭ, Женева, 1985 г.

[3] "Указания по монтированию и технической эксплуатации промежуточной эталонной системы", Оранжевая книга, том V, Дополнение № 1, § 9.2, МСЭ, Женева, 1977 г.

[4] Там же, § 5.

РАЗДЕЛ 4

ПРИБОРЫ ДЛЯ ОБЪЕКТИВНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Рекомендация Р.50

ИСКУССТВЕННЫЙ ГОЛОС

(Мельбурн, 1988 г.)

МККТТ,

учитывая,

(a) что крайне желательно производить объективные телефонометрические измерения с помощью описанного математическим способом сигнала, воспроизводящего характеристики человеческой речи;

(b) что стандартизация такого сигнала является предметом для общего изучения МККТТ,

рекомендует [1]

использование искусственного голоса, описанного в настоящей Рекомендации.

Примечание 1. – Для объективных измерений показателя громкости вместо искусственного голоса могут использоваться менее сложные сигналы, такие как розовый шум или гауссов шум с ограниченным спектром.

Примечание 2. – Рекомендованный здесь искусственный голос еще не был исчерпывающе испытан во всех возможных видах применения; дальнейшие исследования проводятся в рамках Вопроса 14/XII.

1 Введение

Описанный здесь сигнал воспроизводит характеристики человеческой речи для целей оценки характеристик линейных и нелинейных систем электросвязи и устройств, которые предназначены для преобразования или передачи речи. Признано, что для некоторых целей, таких как объективные измерения показателей громкости, могут использоваться также более простые сигналы. Примерами таких сигналов являются розовый шум или гауссов шум с ограниченным спектром, которые тем не менее не могут рассматриваться как "искусственный голос" для целей данной Рекомендации.

Искусственный голос представляет собой математически определенный сигнал, воспроизводящий временные и спектральные характеристики речи, которые оказывают существенное воздействие на технические характеристики систем электросвязи [1]. Определены два вида искусственного голоса, воспроизводящие спектральные характеристики женской и мужской речи соответственно.

Искусственный голос воспроизводит следующие временные и спектральные характеристики реальной речи:

a) средний долговременный спектр,

b) кратковременный спектр,

c) распределение мгновенных амплитуд,

d) речевая и неречевая структура голосового сигнала,

e) слоговая огибающая.

---

[1] Приведенные здесь спецификации являются объектом дальнейшего совершенствования и потому рассматриваются как предварительные.

2 Сфера охвата, назначение и определение

2.1 *Сфера охвата и назначение*

Искусственный голос воспроизводит характеристики реальной речи в полосе частот 100 Гц – 8 кГц. Он может применяться для оценки характеристик многих устройств, например угольных микрофонов, громкоговорящих телефонных аппаратов, нелинейных кодеров, устройств управления эхом, слоговых компандоров, нелинейных систем вообще.

Использование искусственного голоса вместо реальной речи является выгодным в связи с более легкой его генерацией и меньшей изменчивостью по сравнению с образцами реального голоса.

Конечно, при испытаниях конкретной системы должны быть учтены характеристики предшествующего ей тракта передачи. В этом случае реальный испытательный сигнал должен быть получен как нечто промежуточное между искусственным голосом и реакцией тракта.

2.2 *Определение*

Искусственный голос является математически определенным сигналом, воспроизводящим все характеристики человеческой речи, которые имеют отношение к оценке параметров линейных и нелинейных систем электросвязи. Он обеспечивает удовлетворительное соотношение между объективными измерениями и испытаниями на реальной речи.

3 Терминология

Искусственный голос может создаваться как электрический или акустический сигнал в зависимости от вида испытуемой системы или устройства (например, каналы электросвязи, кодеры, микрофоны). Применяются следующие определения (см. рис. 1/P.50).

1: Электрический искусственный голос
2: Сигнал возбуждения искусственного рта
3: Акустический искусственный голос

РИСУНОК 1/P.50

3.1 *электрический искусственный голос*

Искусственный голос создается как электрический сигнал, используемый для испытаний каналов передачи или других электрических устройств.

3.2 *возбуждающий сигнал искусственного рта*

Сигнал, подаваемый на искусственный рот, для создания акустического искусственного голоса. Он получается путем коррекции электрического искусственного голоса для компенсации частотной характеристики чувствительности рта.

Примечание 1. – Коррекция зависит от используемого конкретного искусственного рта и может выполняться электрическим или математическим способом в рамках процесса генерации сигнала.

3.3 *акустический искусственный голос*

Это акустический сигнал в эталонной точке (MRP) искусственного рта, который должен удовлетворять всем временным и спектральным требованиям электрического искусственного голоса.

4 Характеристики

4.1 *Средний долговременный спектр*

Отфильтрованный третьоктавным фильтром средний долговременный спектр искусственного голоса приведен на рис. 2/P.50 и в таблице 1/P.50; спектр нормализован по уровню широкополосного звукового давления –4,7 дБПа. Таблица рассчитана по теоретическому уравнению, приведенному в [2].

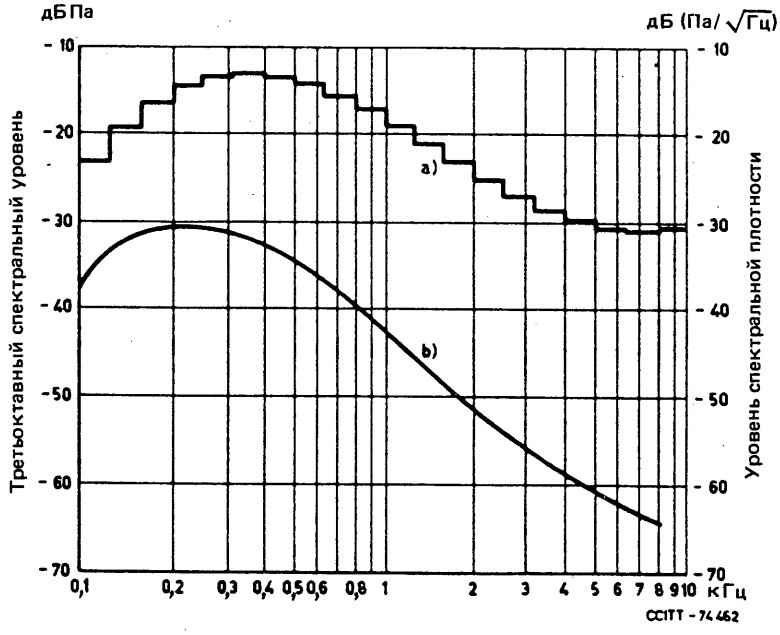
Примечание. – Значения среднего долговременного спектра искусственного голоса в точке MRP могут быть получены из выражения:

$$S(f) = -376{,}44 + 465{,}439(\log_{10} f) - 157{,}745(\log_{10} f)^2 + 16{,}7124(\log_{10} f)^3, \qquad (1\text{-}1)$$

где $S(f)$ – плотность спектра в дБ относительно интенсивности звука 1 пВт/м^2 на герц на частоте f. Определяемая полоса частот составляет от 100 Гц до 8 кГц.

График этого спектра показан на рис. 2/P.50. Значения $S(f)$ на частотах $^1/_3$ октавы по стандарту ISO даны в четвертой колонке таблицы 1/P.50. Допуски приведены в пятой колонке таблицы 1/P.50. Допуски на частотах ниже 200 Гц применимы только к мужскому искусственному голосу.

Уровень общего звукового давления спектра, определенный из выражения (1-1), равен –4,7 дБПа. Однако этот спектр применим также для уровней от –19,7 до +10,3 дБПа. Другими словами, первый член выражения (1-1) может изменяться от –391,44 до –361,44.



a) Третьоктавный спектр [колонка (3), таблица 1/P.50].

b) Плотность спектра [колонка (3)-(2), таблица 1/P.50].

РИСУНОК 2/P.50

Долговременный спектр искусственного голоса

ТАБЛИЦА 1/P.50

Долговременный спектр искусственного голоса

Центральная частота 1/3 октавы (Гц) (1)	Коэффициент коррекции полосы $10\log_{10}\Delta f$ (дБ) (2)	Уровень звукового давления (1/3 октавы) (дБПа) (3)	Спектральная плотность (дБ) (3) – (2)	Допуск (дБ)
100	13,6	–23,1	–36,7	–
125	14,6	–19,2	–33,8	+3, –6 a)
160	15,6	–16,4	–32	+3, –6 a)
200	16,6	–14,4	–31	+3, –6
250	17,6	–13,4	–31	± 3,0
315	18,6	–13,0	–31,6	± 3,0
400	19,6	–13,3	–32,9	± 3,0
500	20,6	–14,1	–34,7	± 3,0
630	21,6	–15,4	–37	± 3,0
800	22,6	–17,0	–39,6	±3,0
1000	23,6	–18,9	–42,5	±3,0
1250	24,6	–21,0	–45,6	±3,0
1600	25,6	–23,0	–48,6	±3,0
2000	26,6	–25,1	–51,7	± 3,0
2500	27,6	–26,9	–54,5	± 3,0
3150	28,6	–28,6	–57,2	±3,0
4000	29,6	–29,8	–59,4	±6,0
5000	30,6	–30,6	–61,2	±6,0
6300	31,6	–30,9	–62,5	± 6,0
8000	32,6	–30,5	–63,1	–

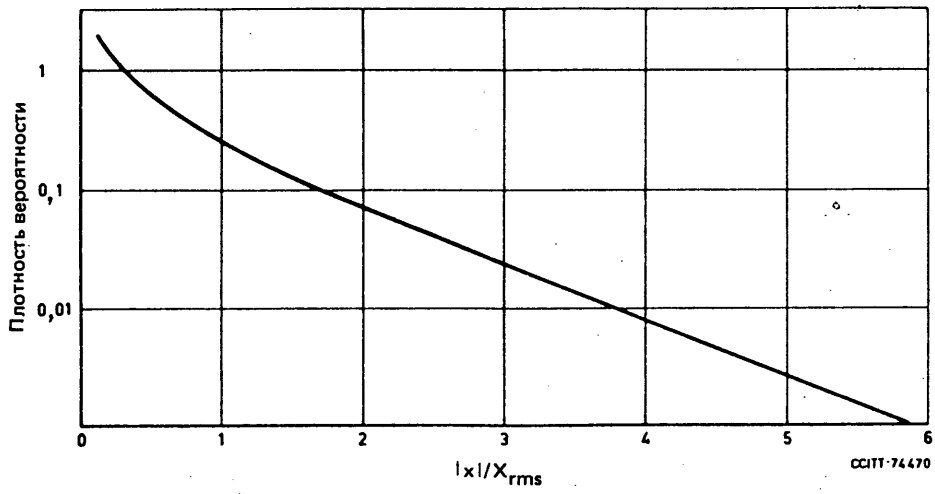
a) Приведенные допуски применимы к долговременному спектру мужской речи и должны также учитывать речевые шумы. Однако они не применяются к спектру женской речи, энергия которой в этой полосе частот фактически незначительна.

4.2 *Кратковременный спектр*

Характеристики кратковременных спектров мужского и женского искусственных голосов описаны в Приложении А.

4.3 *Распределение мгновенных амплитуд*

Распределение плотности вероятности мгновенных амплитуд искусственного голоса показано на рис. 3/P.50 [3].



|x| : абсолютная величина мгновенной амплитуды
X_{rms}: среднеквадратическая величина сигнала

РИСУНОК 3/P.50

Распределение мгновенных амплитуд

4.4 *Сегментное распределение уровня мощности*

Сегментное распределение уровня мощности искусственного голоса, измеренное во временных окнах 16 мс, показано на рис. 4/P.50. Приведены также пределы верхнего и нижнего допусков.

Примечание. – Предел верхнего допуска представляет типовое сегментное распределение уровня мощности нормального разговора, тогда как нижний предел представляет непрерывную речь (телефонометрические фразы) [4], [5].

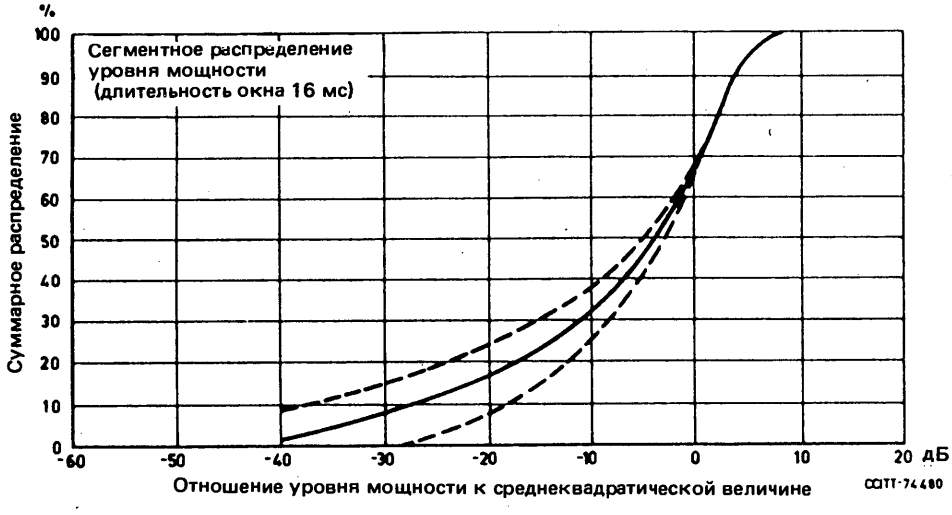


РИСУНОК 4/P.50

Сегментное распределение уровня мощности

4.5 *Спектр модулирующей огибающей*

Спектр модулирующей огибающей показан на рис. 5/P.50 и должен быть воспроизведен во всей полосе частот с допуском +5 дБ.

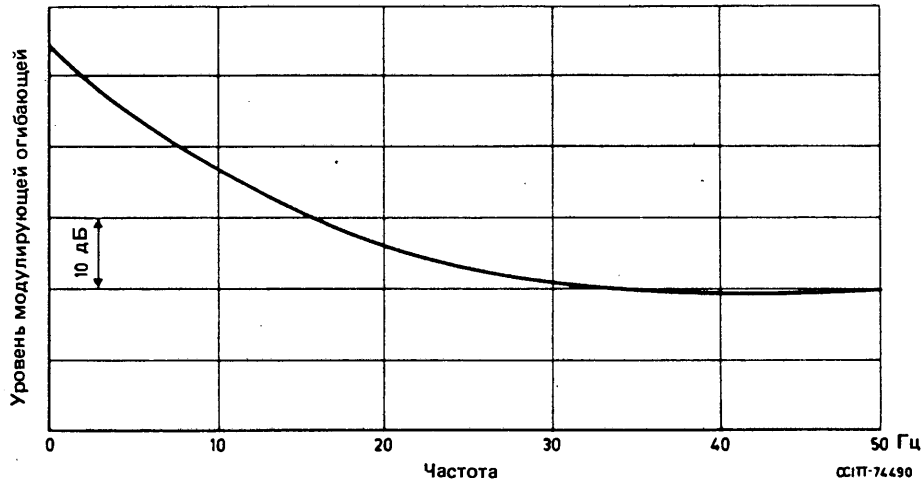


РИСУНОК 5/P.50

Спектр модулирующей огибающей

4.6 *Временная сходимость*

Искусственный голос должен иметь характеристики как можно более близкие к характеристикам реальной речи. В частности, должна иметься возможность получить характеристики долговременного спектра и распределение амплитуд за интервал времени 10 с.

5 Способ генерации

Блок-схема процесса генерации искусственного голоса приведена на рис. 6/P.50. Искусственный голос генерируется путем подачи на фильтр формирования спектра с изменяемыми во времени параметрами двух различных типов возбуждающих сигналов – сигнала с речевым возбуждением и случайного шума. Искусственный голос, генерируемый с помощью сигнала с речевым возбуждением и с помощью случайного шума, является аналогом речевых и неречевых звуков соответственно. Частотная характеристика фильтра формирования спектра моделирует характеристики передачи речевого тракта.

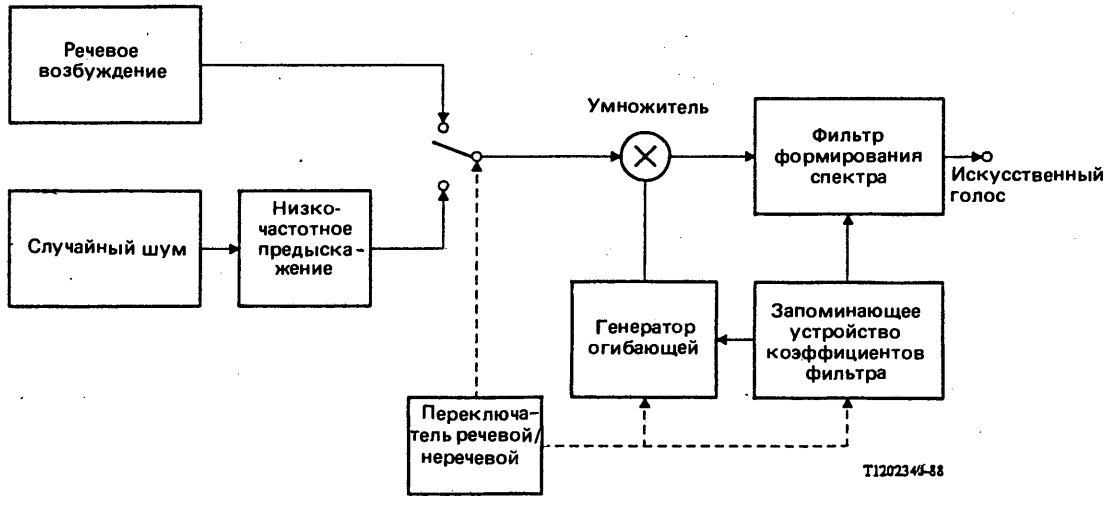


РИСУНОК 6/P.50

Процесс генерации искусственного голоса

5.1 *Сигнал источника возбуждения*

Искусственный голос получается путем случайного чередования четырех основных единичных элементов, каждый из которых содержит речевые и неречевые элементы. В то время как один единичный элемент начинается с неречевого звука, за которым следует речевой звук, остальные три элемента начинаются с речевого звука, за которым следует неречевой звук, и заканчиваются снова речевым звуком (см. также рис. 9/P.50). Отношение длительности неречевого звука T_{uv} к суммарной длительности речевых сегментов T_v для каждого единичного элемента равно 0,25. Длительность $T = T_{uv} + T_v$ единичных элементов изменяется в соответствии с выражением:

$$T = -3{,}486\ (\log_{10} r),$$

где r означает равномерно распределенное случайное число ($0{,}371 \leqslant r \leqslant 0{,}609$).

Длительности речевых и неречевых звуков четырех единичных элементов следующие:

элемент a: неречевой (T_{uv}); речевой (T_v);

элемент b: речевой ($T_v/4$) + неречевой (T_{uv}) + речевой ($3T_v/4$);

элемент c: речевой ($T_v/2$) + неречевой (T_{uv}); речевой ($T_v/2$);

элемент d: речевой ($3T_v/4$) + неречевой (T_{uv}) + речевой ($T_v/4$).

Единичные элементы должны случайно повторяться по крайней мере в течение 10 с, для того чтобы соответствовать характеристикам искусственного голоса, как определено в § 4.

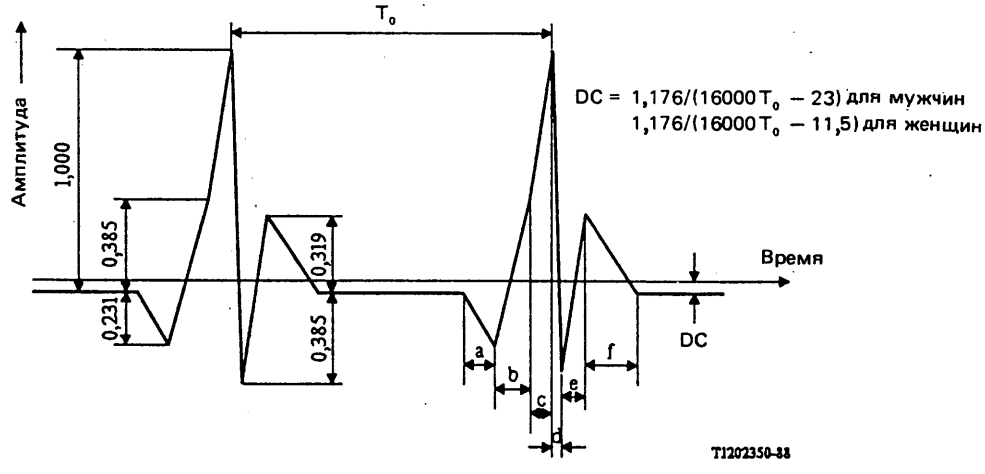
5.2 *Речевое возбуждение*

Сигнал речевого возбуждения представляет собой периодический сигнал, как показано на рис. 7/P.50. Частота основного тона ($1/T_0$ на рис. 7/P.50) изменяется согласно диаграмме, приведенной на рис. 8/P.50, в течение периода T_v. Стартовое значение частоты основного тона (F_s на рис. 8/P.50) определяется согласно следующим соотношениям:

$F_s = F_c - 31{,}82\,T_v + 39{,}4\,R$ для мужского искусственного голоса;

$F_s = F_c - 51{,}85\,T_v + 64{,}2\,R$ для женского искусственного голоса,

где F_c и R означают соответственно центральную частоту и равномерно распределенную случайную переменную ($-1<R<1$). Для мужского искусственного голоса F_c равна 128 Гц, а для женского искусственного голоса 215 Гц. В трапеции диаграммы изменений частоты основного тона площадь трапеции выше частоты F_c должна быть равна площади ниже F_c (заштрихованная площадь на рис. 8/P.50). Для элементов b), c) и d) на рис. 7/P.50 диаграмма изменений частоты основного тона применяется к комбинации двух речевых частей независимо от того, куда введен неречевой сегмент.



a = 0,375 мс
b = 0,5 мс
c = e = 0,3125 мс
d = 0,1875 мс
f = 0,625 мс

РИСУНОК 7/P.50

Речевой возбуждающий сигнал

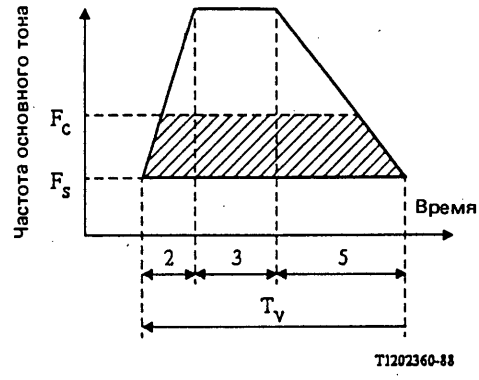


РИСУНОК 8/P.50

Диаграмма изменений частоты основного тона

5.3 *Неречевые звуки*

Переходная функция фильтра нижних частот, включенного на выходе генератора случайного шума (низкочастотное предыскажение), есть $1/(1 - z^{-1})$, где z^{-1} означает единичную задержку.

5.4 *Огибающая мощности*

Огибающая мощности каждого единичного элемента сигнала источника возбуждения регулируется так, что кратковременная мощность сегмента (оцениваемая в интервалах по 2 мс) искусственного голоса изменяется в соответствии с диаграммами a) – d) рис. 9/P.50. Это получается путем использования следующего соотношения, обеспечивающего входной и выходной сигналы фильтра формирования спектра:

$$P_{in} = P_{out} \prod_{i=1}^{12} (1 - k_i^2),$$

где:

P_{in} – входная мощность фильтра формирования спектра,

P_{out} – выходная мощность фильтра формирования спектра,

k_i – i-й коэффициент фильтра формирования спектра.

Время нарастания, длительность плоской вершины и время спада каждой трапеции, показанной на диаграммах a) – d) рис. 9/P.50, должны удовлетворять соотношению (2:3:5), принятому для диаграммы изменений частоты основного тона, показанной на рис. 8/P.50. Средняя мощность неречевых звуков (P_{uv}) для каждого единичного элемента должна быть на 17,5 дБ ниже средней мощности речевых звуков (P_v).

5.5 *Фильтр формирования спектра*

Фильтр формирования спектра имеет мостовую (скрещенную) структуру 12-го порядка, как показано на рис. 10/P.50. Определены шестнадцать групп из 12 коэффициентов фильтрации каждая (k_1 – k_{12}); тринадцать групп должны использоваться для генерации речевой части, а три группы – для генерации неречевой части. Эти коэффициенты приведены в таблице 2/P.50 для мужского и женского искусственных голосов.

В процессе генерации сигнала через каждые 60 мс должны обновляться двенадцать коэффициентов фильтра. Точнее, в течение каждого интервала в 60 мс действительные коэффициенты фильтрации должны быть обновлены через каждые 2 мс путем линейной интерполяции между двумя группами величин, принятых для последующих интервалов 60 мс. В речевой части звука каждая из 13 групп коэффициентов должна выбираться случайно один раз через каждые 780 мс (= 60 мс x 13), в неречевой части звука каждая из 3 групп коэффициентов должна выбираться случайно один раз через каждые 180 мс (= 60 мс x 3).

Примечание. – Описанная реализация формирующего фильтра должна рассматриваться в качестве примера; она не является неотъемлемой частью данной Рекомендации. Может использоваться любая другая реализация, обеспечивающая ту же передаточную функцию.

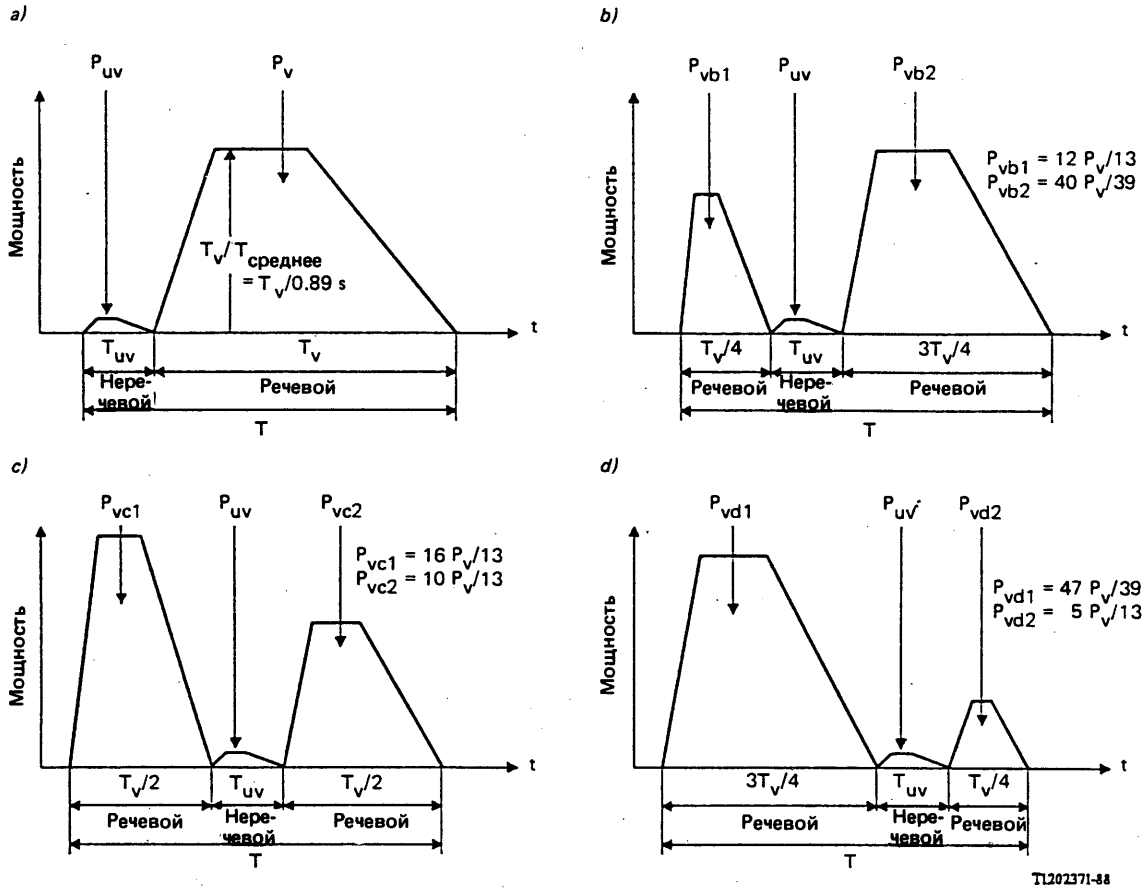
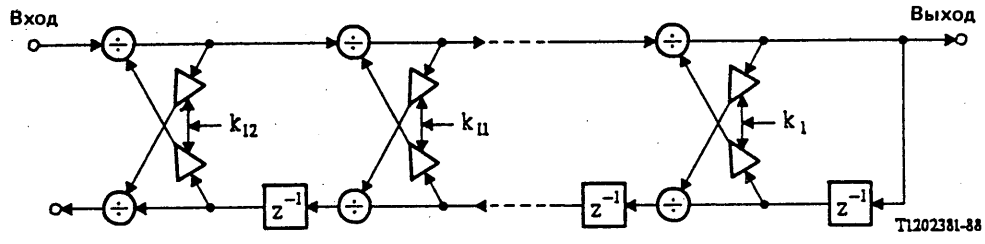


РИСУНОК 9/P.50

Диаграммы изменения кратковременной мощности четырех единичных элементов, используемых для генерации искусственного голоса



z^{-1} : единичная задержка

РИСУНОК 10/P.50

Фильтр формирования спектра

ТАБЛИЦА 2/P.50

Коэффициенты k_i

a) k_i для мужского искусственного голоса

		k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	k_7	k_8	k_9	k_{10}	k_{11}	k_{12}
Неречевой	1	−0,471	−0,108	0,024	−0,048	0,140	0,036	0,054	0,004	0,123	0,044	0,099	−0,003
	2	−0,284	−0,468	0,030	0,090	0,124	−0,020	0,087	0,067	0,131	0,011	0,076	−0,024
	3	−0,025	−0,496	−0,176	0,162	0,236	−0,012	0,068	0,001	0,096	0,029	0,086	−0,018
Речевой	1	0,974	0,219	0,025	−0,123	−0,132	−0,203	−0,103	−0,174	−0,079	−0,153	−0,010	−0,061
	2	0,629	−0,152	−0,138	−0,142	−0,118	−0,135	0,147	0,019	0,077	−0,040	0,029	−0,007
	3	0,599	−0,119	0,067	0,051	0,103	0,023	0,106	0,036	−0,006	−0,133	−0,052	−0,094
	4	0,164	−0,364	−0,248	−0,076	0,168	0,072	0,103	0,045	0,112	0,010	0,048	−0,034
	5	0,842	0,022	0,171	0,173	0,067	−0,057	0,089	−0,045	−0,039	−0,134	−0,034	−0,122
	6	0,933	−0,537	−0,137	−0,161	−0,216	−0,139	0,115	−0,042	0,027	−0,163	0,102	−0,107
	7	0,937	−0,413	0,132	−0,059	−0,103	−0,134	0,047	−0,115	−0,105	−0,097	0,039	−0,108
	8	0,965	−0,034	0,032	0,001	−0,107	−0,189	−0,057	−0,175	−0,109	−0,163	−0,003	−0,055
	9	0,870	−0,476	−0,016	−0,136	−0,125	−0,107	0,091	−0,008	0,021	−0,128	0,042	−0,069
	10	0,686	−0,030	0,178	0,197	0,155	−0,026	0,078	0,004	−0,001	−0,128	−0,004	−0,102
	11	0,963	−0,232	0,086	−0,018	−0,147	−0,192	−0,040	−0,179	−0,144	−0,133	0,042	−0,042
	12	0,930	−0,461	0,071	−0,144	−0,122	−0,096	−0,034	−0,066	−0,021	−0,171	−0,067	−0,091
	13	0,949	−0,334	0,143	−0,040	−0,112	−0,161	0,010	−0,156	−0,123	−0,119	0,049	−0,070

b) k_i для женского искусственного голоса

		k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	k_7	k_8	k_9	k_{10}	k_{11}	k_{12}
Неречевой	1	−0,488	−0,388	0,145	0,053	0,122	0,027	0,135	0,035	0,080	0,017	0,068	−0,028
	2	−0,093	−0,444	−0,102	0,121	0,154	0,009	0,102	−0,031	0,084	0,019	0,101	−0,020
	3	−0,709	−0,179	0,134	0,007	0,142	0,027	0,099	0,000	0,115	0,007	0,075	−0,037
Речевой	1	0,355	−0,247	−0,092	−0,043	0,032	0,046	0,113	−0,023	0,071	−0,030	−0,000	−0,116
	2	0,976	0,150	−0,062	−0,187	−0,172	−0,200	−0,122	−0,207	−0,054	−0,127	0,012	−0,111
	3	0,737	−0,324	−0,175	−0,197	−0,153	0,023	0,110	−0,018	0,040	−0,062	0,034	−0,091
	4	0,598	0,234	0,126	0,011	−0,005	−0,026	0,131	0,032	0,073	−0,063	0,011	−0,088
	5	0,808	0,118	0,262	0,139	0,063	−0,024	0,001	−0,184	−0,056	−0,100	0,014	−0,115
	6	0,914	−0,500	−0,051	−0,115	−0,211	−0,012	−0,077	−0,179	0,064	−0,102	0,037	−0,092
	7	0,933	−0,359	0,089	−0,107	−0,178	−0,050	−0,137	−0,206	0,046	−0,088	−0,004	−0,074
	8	0,966	−0,023	0,044	−0,105	−0,178	−0,195	−0,150	−0,233	−0,045	−0,092	0,029	−0,097
	9	0,870	−0,469	−0,244	−0,107	−0,140	−0,037	0,084	−0,131	0,021	−0,066	−0,003	−0,091
	10	0,673	−0,292	0,392	0,158	0,143	0,160	0,019	−0,281	−0,105	−0,195	−0,156	−0,185
	11	0,962	−0,191	0,030	−0,089	−0,207	−0,133	−0,141	−0,263	0,007	−0,054	0,014	−0,074
	12	0,879	−0,340	0,046	−0,049	−0,071	−0,024	−0,039	−0,188	0,017	−0,078	−0,014	−0,117
	13	0,941	−0,258	0,122	−0,073	−0,163	−0,089	−0,151	−0,250	0,025	−0,062	−0,006	−0,093

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(к Рекомендации Р.50)

Характеристики кратковременного спектра искусственного голоса

Искусственный голос генерируется путем случайного выбора каждой из шестнадцати последовательностей кратковременного спектра один раз через каждые 960 мс (= 60 мс x 16 последовательностей). Спектральная плотность каждой последовательности, которая дается выражением (А-1) и приведена в таблице А-1/Р.50, а также кратковременный спектр сигнала в течение интервалов по 60 мс, имеющих место между любыми двумя последующими выборами последовательности, плавно изменяются от последовательности к последовательности.

Примечание. – Спектральные последовательности в уравнении (А-10) и таблице А-1/Р.50 выражаются мощностью в нормализованном виде.

$$\text{Спектральная плотность } S_i(f) = \frac{1}{A_{io} + 2 \sum_{j=1}^{12} A_{ij} [\cos (2\pi jf)]}, \quad i = 1, 2, \ldots 16 \qquad \text{(А-1)}$$

ТАБЛИЦА A-1/P.50

Коэффициенты A_{ij}

a) A_{ij} для мужского искусственного голоса

i \ j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2,09230	−1,33222	1,32175	−1,14200	0,99352	−0,94634	0,72684	−0,63263	0,41196	−0,42858	0,22070	−0,19746	0,10900
2	9,34810	−8,55934	7,35732	−6,35320	5,33999	−4,47238	3,62417	−2,85246	2,12260	−1,49424	0,93988	−0,44998	0,12400
3	11,69068	−10,91138	9,46588	−8,11729	6,94160	−5,90977	4,95137	−3,89587	2,88750	−1,97671	1,14892	−0,50255	0,12100
4	12,56830	−11,81209	10,36030	−8,82879	7,37947	−6,01017	4,66740	−3,46913	2,42182	−1,60880	0,91652	−0,39648	0,12000
5	6,83438	−6,18275	5,59089	−4,71866	4,06004	−3,44767	2,65380	−2,12140	1,50334	−1,07904	0,64553	−0,31816	0,11500
6	12,37251	−11,52358	9,89962	−8,31774	6,99062	−5,86272	4,69809	−3,56806	2,53340	−1,70522	0,99232	−0,45403	0,13400
7	21,07637	−19,62125	16,56781	−13,67518	11,41379	−9,61940	7,93529	−6,32841	4,92443	−3,53539	2,09095	−0,86543	0,18100
8	30,77371	−29,17365	25,52254	−21,51978	17,80583	−14,30488	10,87190	−7,71572	5,14643	−3,20113	1,72149	−0,68054	0,14400
9	4,18618	−3,36611	3,36793	−2,92133	2,38452	−2,06047	1,57550	−1,34240	0,84994	−0,70462	0,38685	−0,21857	0,12100
10	14,12359	−13,14611	11,25804	−9,47510	7,97588	−6,70717	5,44803	−4,23843	3,10807	−2,12879	1,25096	−0,53230	0,12600
11	26,36971	−24,95984	21,80496	−18,41045	15,30642	−12,49415	9,84879	−7,40287	5,29262	−3,43906	1,84980	−0,71546	0,14800
12	11,50808	−10,74609	9,34328	−7,91953	6,66959	−5,54500	4,34328	−3,27036	2,33714	−1,61333	0,96597	−0,44666	0,13500
13	5,32020	−4,61998	4,29145	−3,62118	3,01310	−2,67071	2,13992	−1,72147	1,22163	−0,93163	0,53317	−0,28989	0,11900
14	20,61945	−19,39682	16,80034	−14,14817	11,84307	−9,78712	7,73534	−5,77921	4,06200	−2,66324	1,49831	−0,59887	0,12600
15	30,02647	−28,42244	24,75314	−20,70178	16,98199	−13,72247	10,81050	−8,20966	5,94148	−3,90501	2,11507	−0,81306	0,16400
16	27,62370	−26,17896	22,93678	−19,42253	16,18997	−13,17171	10,19859	−7,42299	5,07437	−3,21481	1,73980	−0,67818	0,14000

b) A_{ij} для женского искусственного голоса

i \ j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	8,92953	−8,28905	7,23150	−6,06571	5,06663	−4,16883	3,34820	−2,64174	1,91152	−1,27122	0,74358	−0,35347	0,13100
2	9,11050	−8,29868	7,05018	−6,03862	5,02156	−4,15784	3,37442	−2,70084	2,04257	−1,41928	0,90339	−0,47240	0,14100
3	13,69058	−12,75539	10,87390	−8,98976	7,28838	−5,87662	4,78110	−3,72852	2,71831	−1,81828	1,06757	−0,48907	0,12900
4	6,95118	−6,29134	5,35757	−4,64910	3,87250	−3,23132	2,69856	−2,12367	1,58326	−1,13885	0,70609	−0,37778	0,12800
5	2,73454	−1,80664	1,95283	−1,79464	1,43897	−1,31656	0,93268	−0,87398	0,53694	−0,47562	0,24159	−0,15438	0,11800
6	10,82358	−10,07808	8,78565	−7,43643	6,14765	−5,10041	4,10027	−3,23241	2,34220	−1,54676	0,91918	−0,45059	0,14200
7	21,58481	−19,92676	16,21532	−12,43566	9,61057	−7,93982	6,97363	−6,00866	4,68271	−3,12797	1,70804	−0,67499	0,14200
8	23,73912	−22,20897	18,74416	−15,03715	11,99248	−9,85513	8,27112	−6,72826	4,94335	−3,10450	1,60004	−0,61090	0,12900
9	4,97162	−4,27705	4,01380	−3,38500	2,78457	−2,45010	1,98057	−1,63020	1,18104	−0,80108	0,51528	−0,29138	0,12500
10	13,37598	−12,45509	10,72295	−8,97928	7,35893	−6,05438	4,88819	−3,86108	2,85164	−1,88876	1,11490	−0,52260	0,13800
11	16,48817	−15,22287	12,62125	−10,23900	8,46966	−7,23692	6,24648	−5,09752	3,77465	−2,46950	1,37404	−0,57453	0,13200
12	18,22041	−17,17540	15,09489	−12,55171	10,24976	−8,45903	6,71874	−5,19063	3,52021	−2,10167	1,08066	−0,41880	0,14300
13	1,32602	−0,31718	0,44277	−0,47070	0,32935	−0,41555	0,25775	−0,32079	0,13791	−0,23640	0,10103	−0,10136	0,11500
14	16,90640	−15,73723	13,30151	−10,82887	8,78690	−7,34521	6,21516	−5,11100	3,80281	−2,43990	1,33506	−0,55971	0,12900
15	21,73895	−20,42432	17,51117	−14,44152	11,79131	−9,66735	7,90433	−6,19508	4,41275	−2,75545	1,46525	−0,59916	0,14000
16	21,04832	−19,72714	16,81197	−13,70183	11,07189	−9,12707	7,57941	−6,08064	4,40471	−2,74320	1,43897	−0,58079	0,13300

Библиография

[1] МККТТ, Вклад ИК XII-№ 76, Исследовательский период 1981–1984 гг.

[2] МККТТ, Вклад ИК XII-№ 108, Исследовательский период 1981–1984 гг.

[3] МККТТ, Вклад ИК XII-№ 11, Исследовательский период 1981–1984 гг.

[4] МККТТ, Вклад ИК XII-№ 150, Исследовательский период 1981–1984 гг.

[5] МККТТ, Вклад ИК XII-№ 132, Исследовательский период 1981–1984 гг.

Рекомендация Р.51

ИСКУССТВЕННОЕ УХО И ИСКУССТВЕННЫЙ РОТ

(изменена в Мар-дель-Плате, 1968 г.; Женеве, 1972, 1976, 1980 гг.; Малага-Торремолиносе, 1984 г., и Мельбурне, 1988 г.)

МККТТ,

учитывая,

(a) что крайне желательно разработать такую установку для телефонометрических измерений, чтобы в будущем все эти измерения могли выполняться с помощью этой установки без использования человеческого рта и уха;

(b) что стандартизация искусственных уха и рта, используемых в таких установках, является предметом для общего изучения МККТТ,

рекомендует

(1) использование типов искусственного уха, описанных в § 1 этой Рекомендации;

(2) использование искусственного рта, описанного в § 2 этой Рекомендации.

Примечание. – Администрации могут, если пожелают, использовать приборы, которые они способны создать для проводимых в большом объеме испытаний телефонной аппаратуры, поставляемой изготовителями, если полученные с помощью этих приборов результаты удовлетворительно согласуются с результатами, полученными при использовании способов с применением реальных голоса и уха.

1 Типы искусственного уха

Определены три типа искусственного уха:

1) широкополосный тип для аудиометрических и телефонометрических измерений;

2) специальный тип для измерений телефонов, вставляемых в ушную раковину;

3) тип, точно воспроизводящий характеристики усредненного человеческого уха, для использования в лаборатории.

Тип 1 описывается в Рекомендации 318 МЭК [1], тип 2 – в Рекомендации 711 МЭК [2], третий тип является предметом дальнейшего изучения в МЭК.

Искусственное ухо, соответствующее требованиям МЭК 318 [1], рекомендуется использовать для измерений прикладываемых к уху телефонов, например микротелефонных трубок, а имитатор уха, вставляемый в ушную раковину, соответствующий требованиям МЭК 711 [2], – для измерений вставных телефонов, например некоторых головных телефонов.

Примечание 1. – Для калибровки головных телефонов NOSFER с резиновыми подушками (типы 4026A и DR 701) должен использоваться метод, детально описанный в Приложении B к Рекомендации Р.42.

Примечание 2. – Звуковое давление, измеренное искусственным ухом, соответствующим Рекомендации 711 МЭК, относится к барабанной перепонке. Для приведения данных к эталонной точке уха (ERP), на использовании которой основаны алгоритмы показателей громкости (Рекомендация Р.79), должна использоваться корректирующая функция по таблице 1/Р.51. Коррекции применяются для условий открытого уха в свободном пространстве, а также для условий частичного или полного закрытия уха.

ТАБЛИЦА 1/P.51

Частота (Гц)	S_{DE} (дБ)
100	0,0
125	0,0
160	0,0
200	0,0
250	0,0
315	–0,2
400	–0,5
500	–1,1
630	–1,0
800	–1,8
1000	–2,0
1250	–2,5
1600	–4,1
2000	–7,2
2500	–10,6
3150	–10,4
4000	–6,0
5000	–2,1

S_{DE} – передаточная функция барабанной перепонки к точке ERP;

$$S_{DE} = 20 \log \frac{P_E}{P_D} \text{ (дБ), где}$$

P_E – звуковое давление в точке ERP;

P_D – звуковое давление на барабанной перепонке.

2 Искусственный рот

2.1 *Введение*

Искусственный рот представляет собой устройство, которое точно воспроизводит акустическое поле, генерируемое человеческим ртом в ближнем поле. Искусственный рот используется для объективного измерения характеристик передачи телефонных аппаратов с микротелефонными трубками, как определено в Рекомендации P.64. Он может также использоваться для измерений характеристик передачи громкоговорящих телефонов на расстоянии до 0,5 м от плоскости губ, но при этом точность воспроизведения звукового поля человеческого рта слегка понижается.

2.2 *Определения*

2.2.1 **губное кольцо**

Круглое кольцо диаметром 25 мм из тонкого жесткого прута толщиной менее 2 мм. Оно должно быть выполнено из немагнитного материала и жестко прикреплено к корпусу искусственного рта. Губное кольцо определяет эталонную ось рта и эталонную точку рта (MRP).

Примечание. – Использование губного кольца для определения места плоскости губ и эталонной оси необязательно. Однако в случае, когда губное кольцо не используется для этих целей, должны существовать адекватные маркировки или другие подходящие геометрические эталоны.

2.2.2 **плоскость губ**

Внешняя плоскость губного кольца.

2.2.3 **эталонная ось**

Линия, перпендикулярная плоскости губ, содержащей центр губного кольца.

2.2.4 **вертикальная плоскость**

Плоскость, содержащая эталонную ось и делящая рот на симметричные половины. Она должна быть вертикально ориентирована, для того чтобы воспроизводить акустическое поле, генерируемое человеком в вертикальном положении.

2.2.5 **горизонтальная плоскость**

Плоскость, перпендикулярная вертикальной плоскости и содержащая эталонную ось. Она должна быть горизонтально ориентирована, для того чтобы воспроизводить акустическое поле, генерируемое человеком в вертикальном положении.

2.2.6 **эталонная точка рта (MRP)**

Точка на эталонной оси, на расстоянии 25 мм перед плоскостью губ.

2.2.7 **нормализованная характеристика свободного поля (в данной точке)**

Разность между уровнем спектра третьоктавного сигнала, обеспечиваемого искусственным ртом в данной точке свободного поля, и уровнем спектра третьоктавного сигнала, одновременно обеспечиваемого в точке MRP. Характеристика измеряется путем подачи искусственного голоса (см. Рекомендацию P.50), случайного шума, сформированного по типу речи, или розового шума.

2.2.8 **эталонное препятствие**

Диск диаметром 63 мм и толщиной 5 мм из твердого прочного и немагнитного материала, такого как латунь.

2.2.9 **нормализованная дифракция на препятствии**

Разность между уровнем третьоктавного спектра акустического давления, обеспечиваемого искусственным ртом на поверхности эталонного препятствия, и уровнем третьоктавного спектра давления, одновременно обеспечиваемого в точке эталонной оси, расположенной на расстоянии 500 мм перед плоскостью губ. Характеристика определяется для положений эталонного препятствия перед искусственным ртом при совпадении оси диска с эталонной осью и измеряется путем подачи на искусственный рот сложного сигнала, такого как искусственный голос, случайный шум, сформированный по типу речи, или розовый шум.

2.3 *Акустические характеристики искусственного рта*

2.3.1 *Нормализованная характеристика свободного поля*

Нормализованная характеристика свободного поля определяется в семнадцати точках: десяти в ближнем поле и семи в дальнем. Точки ближнего поля перечислены в таблице 2/P.51, а точки дальнего поля – в таблице 3/P.51.

В таблице 4/P.51 приведена нормализованная характеристика свободного поля искусственного рта вместе с допусками на нее для полосы частот между 100 Гц и 8 кГц. Требования в любой точке, не лежащей в вертикальной плоскости, должны удовлетворяться также в соответствующей точке в симметричном полупространстве.

Характеристика должна проверяться посредством использования соответствующих микрофонов, как определено в таблице 5/P.51. Микрофоны давления должны быть ориентированы так, чтобы их оси были перпендикулярны направлению звука, а микрофоны свободного поля должны быть ориентированы так, чтобы их оси были параллельны направлению звука.

Примечание. – Если искусственный рот используется с компрессорным микрофоном, то при проверке нормализованной характеристики свободного поля он (или его макет) должен быть оставлен на месте.

ARCHIVES U.I.T. GENÈVE

ТАБЛИЦА 2/Р.51

Координаты точек в ближнем поле

Измерительная точка	Смещение к оси от плоскости губ (мм)	Перпендикулярное смещение от оси (мм)
1	12,5	0
2	50	0
3	100	0
4	140	0
5	0	20 горизонтально
6	0	40 горизонтально
7	25	20 горизонтально
8	25	40 горизонтально
9	25	20 вертикально (вниз)
10	25	40 вертикально

ТАБЛИЦА 3/Р.51

Координаты точек в дальнем поле

Измерительная точка	Расстояние от плоскости губ (мм)	Угол азимута (горизонтальный) (градус)	Угол места (вертикальный) (градус)
11	500	0	0
12	500	0	+15
13	500	0	+30
14	500	0	−15
15	500	0	−30
16	500	15	0
17	500	30	0

ТАБЛИЦА 4a/P.51

Нормализованная характеристика свободного поля в точках оси в ближнем поле

Частота (Гц)	Измерительная точка				
	1 (дБ)	2 (дБ)	3 (дБ)	4 (дБ)	Допуск (дБ)
100	4,2	−5,0	−11,0	−13,6	±1,5
125	4,2	−5,0	−10,9	−13,6	±1,5
160	4,2	−5,0	−10,7	−13,6	±1,5
200	4,0	−5,0	−10,7	−13,3	±1,5
250	4,0	−5,0	−10,6	−13,2	±1,5
315	4,0	−5,0	−10,6	−13,2	±1,0
400	4,0	−5,0	−10,6	−13,2	±1,0
500	4,1	−5,0	−10,6	−13,2	±1,0
630	4,2	−4,9	−10,5	−13,4	±1,0
800	4,2	−4,8	−10,5	−13,4	±1,0
1000	4,1	−4,8	−10,4	−12,9	±1,0
1250	3,9	−4,8	−10,2	−12,7	±1,0
1600	3,8	−4,8	−10,0	−12,7	±1,0
2000	3,6	−4,7	−10,0	−12,7	±1,0
2500	3,5	−4,6	−9,4	−12,3	±1,0
3150	3,6	−4,6	−9,4	−12,0	±1,0
4000	3,7	−4,6	−9,7	−12,3	±1,5
5000	3,7	−4,5	−9,7	−12,6	±1,5
6300	3,8	−4,5	−9,7	−12,6	±1,5
8000	3,8	−4,9	−10,0	−12,7	±1,5

ТАБЛИЦА 4b/P.51

Нормализованная характеристика свободного поля в точках оси в ближнем поле

Частота (Гц)	Измерительная точка						
	5 a) (дБ)	6 (дБ)	7 (дБ)	8 (дБ)	9 (дБ)	10 (дБ)	Допуск (дБ)
100	5,2	−1,7	−1,4	−4,0	−1,6	−4,2	±1,5
125	5,2	−1,7	−1,3	−3,8	−1,5	−4,2	±1,5
160	5,2	−1,7	−1,2	−3,8	−1,5	−4,2	±1,5
200	5,2	−1,7	−1,2	−3,8	−1,5	−4,2	±1,5
250	5,2	−1,8	−1,3	−3,8	−1,4	−4,2	±1,5
315	5,1	−1,8	−1,3	−3,8	−1,3	−4,2	±1,0
400	5,1	−1,8	−1,3	−3,8	−1,3	−4,0	±1,0
500	5,0	−1,6	−1,3	−3,8	−1,3	−3,9	±1,0
630	5,0	−1,6	−1,3	−3,8	−1,3	−3,9	±1,0
800	5,0	−1,6	−1,3	−3,8	−1,3	−4,0	±1,0
1000	4,8	−1,7	−1,3	−3,9	−1,3	−4,1	±1,0
1250	4,8	−1,8	−1,4	−4,0	−1,3	−4,3	±1,0
1600	4,7	−1,8	−1,4	−3,8	−1,3	−4,0	±1,0
2000	4,7	−1,8	−1,2	−3,7	−1,3	−3,6	±1,0
2500	4,7	−1,9	−1,0	−3,6	−1,1	−3,5	±1,0
3150	4,7	−2,1	−1,1	−3,5	−1,2	−3,4	±1,0
4000	4,5	−2,9	−1,5	−4,1	−1,3	−3,0	±1,5
5000	3,8	−3,6	−1,5	−4,8	−1,3	−3,7	±1,5
6300	3,2	−4,8	−1,8	−5,2	−1,7	−3,7	±1,5
8000	2,5	−5,2	−2,0	−6,1	−2,2	−4,2	±1,5

a) Результаты измерений человеческого рта в точке 5 имеют очень большой разброс, поэтому характеристика в этой точке приведена только для иллюстрации и допуски на нее не определены.

ТАБЛИЦА 4c/P.51

Нормализованная характеристика свободного поля в дальнем поле

Измерительная точка	Диапазон частот 100 Гц – 8 кГц	
	Характеристика (дБ)	Допуск (дБ)
11	–24,0	±3,0
12	–24,0	±3,0
13	–24,0	±3,0
14	–24,0	±3,0
15	–24,0	±3,0
16	–24,0	±3,0
17	–24,0	±3,0

ТАБЛИЦА 5/P.51

Рекомендуемые типы микрофонов для измерений свободного поля

Измерительная точка	Размер микрофона (макс.)	Коррекция микрофона
1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10	1/4″	Давление
3, 4	1/2″	Давление
11, 12, 13, 14, 15, 16, 17	1″	Свободное поле
MRP	1/4″	Давление

2.3.2 *Нормализованная дифракция на препятствии*

Нормализованная дифракция на препятствии искусственного рта определена в трех точках эталонной оси, как указано в таблице 6/P.51.

Примечание. – Если искусственный рот используется с компрессорным микрофоном, то при проверке нормализованной дифракции на препятствии он (или его макет) должен быть оставлен на месте.

2.3.3 *Максимальный уровень создаваемого звукового давления*

Искусственный рот должен быть способным постоянно создавать акустический искусственный голос при уровнях звукового давления по крайней мере до +6 дБПа в точке MRP.

2.3.4 *Нелинейные искажения*

При генерации синусоидальных тонов с амплитудами до +6 дБПа в точке MRP нелинейные искажения акустического сигнала должны укладываться в пределы, определенные в таблице 7/P.51.

ТАБЛИЦА 6/P.51

Нормализованная дифракция на препятствии

Частота (Гц)	Измерительная точка			
	18 (дБ)	19 (дБ)	20 (дБ)	Допуск (дБ)
100	32,2	27,0	21,7	±2,0
125	32,0	27,0	21,4	±2,0
160	32,0	27,3	21,4	±2,0
200	31,2	26,5	20,6	±2,0
250	31,2	26,5	20,5	±2,0
315	31,9	27,0	21,0	±1,5
400	31,8	27,0	20,9	±1,5
500	31,3	26,4	20,4	±1,5
630	31,0	26,0	20,0	±1,5
800	30,1	25,1	19,4	±1,5
1000	29,3	24,4	18,8	±1,5
1250	29,0	24,3	18,8	±1,5
1600	28,9	24,5	19,6	±1,5
2000	28,6	25,2	20,5	±1,5
2500	29,0	26,3	23,2	±1,5
3150	29,0	26,5	21,8	±1,5
4000	29,6	27,3	22,8	±2,0
5000	31,2	26,9	22,4	±2,0
6300	31,7	26,0	22,5	±2,0
8000	30,0	23,0	18,0	±2,0

ТАБЛИЦА 7/P.51

Максимальные нелинейные искажения искусственного рта

	Нелинейные искажения	
	2-я гармоника	3-я гармоника
100 Гц–125 Гц	< 10 %	< 10 %
125 Гц–200 Гц	< 4 %	< 4 %
200 Гц–8 Гц	< 1 %	< 1 %

2.3.5 *Линейность*

Положительное или отрицательное изменение на 6 дБ возбуждающего электрического сигнала должно вызывать соответствующее изменение на 6 дБ +0,5 дБ в точке MRP для выходов в диапазоне от –14 дБПа до +6 дБПа. Это требование должно выполняться как при сложных возбуждающих сигналах, таких как искусственный голос, так и при синусоидальных тонах в полосе от 100 гЦ до 8 кГц.

2.4 *Разное*

2.4.1 *Условия поставки*

Искусственный рот должен поставляться изготовителем вместе с механической арматурой, требуемой для размещения в точке MRP калибровочного микрофона $^1/_2''$, как указано в Рекомендации P.64. На корпусе устройства должна быть выгравирована соответствующая маркировка для идентификации положения вертикальной плоскости.

Каждый экземпляр искусственного рта должен снабжаться калибровочной картой, определяющей характеристики излучения свободного поля и дифракции на препятствии, как определено в настоящей Рекомендации.

2.4.2 *Стабильность*

Устройство должно быть стабильным и воспроизводимым.

2.4.3 *Магнитное поле рассеяния*

Ни постоянное, ни переменное магнитные поля рассеяния, генерируемые искусственным ртом, не должны оказывать никакого влияния на сигналы, преобразуемые испытуемыми микрофонами.

Рекомендуется, чтобы переменное магнитное поле рассеяния, создаваемое в точке MRP, лежало ниже кривой, определяемой следующими координатами:

Частота (Гц)	*Магнитный выход* (дБ А/м/Па)
200	–10
1 000	–40
10 000	–40

Рекомендуется также, чтобы постоянное магнитное поле рассеяния в точке MRP было ниже 400 А/м.

Примечание. – Рекомендованный предел постоянного магнитного поля рассеяния 400 А/м относится к искусственным ртам, предназначенным для измерений электромагнитных микрофонов. Для измерений микрофонов других типов приемлем верхний предел 1200 А/м.

2.4.4 *Выбор модели*

Результаты измерений, выполненных на источнике BK 4219 (больше не выпускается) и на более новом источнике BK 4227, в котором ротовая часть заменена коническим адаптером UA 0899, показали удовлетворительное совпадение между этими двумя моделями и соответствие настоящей Рекомендации. Вместе с результатами измерений всегда должны указываться модели, используемые при испытаниях.

Примечание. – Следует отметить, что искусственный рот BK 4227 генерирует постоянное магнитное поле рассеяния в точке MRP, превышающее 400 А/м. Поэтому он непригоден для измерений электромагнитных микрофонов.

Библиография

[1] Рекомендация Международной электротехнической комиссии "Искусственное ухо широкополосного типа для калибровки телефонов, используемых в аудиометрии", публикация МЭК 318, Женева, 1970 г.

[2] Рекомендация Международной электротехнической комиссии "Имитатор перекрываемого уха для измерений головных телефонов, связанных с ухом посредством ввода в ухо", публикация МЭК 711, Женева, 1981 г.

ВОЛЮМЕТРЫ

МККТТ считает, что в целях обеспечения преемственности с используемой ранее практикой нежелательно изменять спецификацию волюметров ARAEN, применяемых в лаборатории МККТТ.

В таблице 1/P.52 приведены основные характеристики различных измерительных приборов, используемых для контроля волюма или пиковых величин во время телефонных разговоров или передач программ звукового вещания.

Измерение уровня активной речи определено в Рекомендации P.56. В Дополнении № 18 приведено сравнение результатов применения измерителя уровня активной речи и некоторых измерительных приборов, описанных в настоящей Рекомендации.

Примечание. – В Дополнениях к тому V *Белой книги* описаны следующие приборы:

- волюметр ARAEN или речевой вольтметр: Дополнение № 10 [1];
- волюметр, стандартизированный в США и называемый измерителем единиц волюма (VU измеритель): Дополнение № 11 [2];
- пиковый индикатор, используемый Британской вещательной корпорацией: Дополнение № 12 [3];
- индикатор максимальной амплитуды типов U21 и U71, используемый в ФРГ: Дополнение № 13 [4].

Индикатор волюма SFERT, используемый ранее в лаборатории МККТТ, описан в [5].

Сравнительные испытания с волюметрами различных типов

В примечании, которое находится в [6], приведена некоторая информация о результатах предварительных испытаний, проведенных в лаборатории SFERT по сравнению индикаторов волюма с разными импульсными индикаторами.

Результаты сравнительных испытаний, проведенных в 1952 году Почтовым ведомством Соединенного Королевства, приведены в Дополнении № 14 [7]. Дальнейшие результаты можно найти в Дополнении № 18 настоящего тома.

ТАБЛИЦА 1/Р.52

Основные характеристики различных приборов, используемых для контроля волюма или пиковых величин во время телефонных разговоров или передачи программ звукового вещания

Тип прибора	Характеристика детектирования (см. примечание 3)	Время достижения 99 % от полного отклонения (мс)	Время интеграции (мс) (см. примечание 4)	Время возврата на нуль (величина и определение)
(1) "Речевой вольтметр" Почтового ведомства Соединенного Королевства, тип 3 (S.V.3), идентичный измерителю мощности речи аппаратуры ARAEN	2	230	100 (приблизительно)	равно времени интеграции
(2) Измеритель VU (США) (см. примечание 1)	от 1,0 до 1,4	300	165 (приблизительно)	равно времени интеграции
(3) Измеритель мощности речи "индикатора волюма системы SFERT"	2	около 400–650	200	равно времени интеграции
(4) Пиковый индикатор для программ звукового вещания, используемый Британской вещательной корпорацией (BBC Peak Programme Meter) (см. примечание 2)	1		10 (см. примечание 5)	3 с для снижения показания на 26 дБ
(5) Индикатор максимальной амплитуды, используемый в ФРГ (тип U 21)	1	около 80	5 (приблизительно)	1 с или 2 с от 100 % до 10 % отклонения в установившемся режиме
(6) ОИРТ – измеритель уровня сигнала звукового вещания: измеритель типа А измеритель типа В		для обоих типов: менее 300 мс для приборов со стрелочной индикацией и менее 150 мс для приборов со световой индикацией	10 ± 5 60 ± 10	для обоих типов: от 1,5 до 2 с от точки 0 дБ, находящейся на расстоянии 30 % рабочей части шкалы

Примечание 1. – Во Франции стандартизирован прибор, аналогичный прибору, описанному в строке (2) таблицы.

Примечание 2. – В Нидерландах стандартизирован прибор (типа NRU-ON301), аналогичный прибору, описанному в строке (4) таблицы.

Примечание 3. – Число, указанное в этой колонке, является показателем степени n в формуле $[V_{(вых)} = V_{(вх)}\ n]$, применяемой для каждого полупериода.

Примечание 4. – "Время интеграции" было определено Международным консультативным комитетом по телефонии (МККТ) как "минимальный промежуток времени, в течение которого синусоидальное напряжение должно быть подано на прибор, чтобы его указатель достиг отклонения в пределах 0,2 непера или около 2 дБ, которое было бы получено, если бы это напряжение подавалось постоянно". Логарифмическая величина 2 дБ, выраженная в процентах, соответствует 79,5 %, а величина 0,2 непера соответствует 82 %.

Примечание 5. – Величина 4 мс, появившаяся в предыдущих изданиях, была фактически временем, необходимым для достижения 80 % от полного отклонения при подаче на выпрямительную/интегрирующую схему скачка постоянного тока. В новой и несколько измененной конструкции этого измерителя программ на транзисторах рабочая характеристика на программе остается в основном той же, что и в предыдущих версиях, такой же остается реакция на произвольный испытательный сигнал квазипостоянного тока, только время интеграции, по приведенному здесь определению, примерно на 20 % больше при высоких показаниях измерителя.

Примечание 6. – В Италии используется измеритель программ звукового вещания со следующими характеристиками:

Характеристика детектирования: 1 (см. примечание 3).
Время достижения 99 % от предельного отклонения: приблизительно 20 мс.
Время интеграции: приблизительно 1,5 мс.
Время возврата к нулю: приблизительно 1,5 с от 100 % до 10 % от показания в стационарном режиме.

Библиография

[1] "Волюметр или речевой вольтметр ARAEN", Белая книга, том V, Дополнение № 10, МСЭ, Женева, 1969 г.

[2] "Волюметр, стандартизированный в Соединенных Штатах Америки, названный VU измерителем", Белая книга, том V, Дополнение № 11, МСЭ, Женева, 1969 г.

[3] "Измеритель модуляции, используемый Британской вещательной корпорацией", Белая книга, том V, Дополнение № 12, МСЭ, Женева, 1969 г.

[4] "Индикаторы максимальной амплитуды типов U21 и U71, используемые в Федеративной Республике Германия", Белая книга, том V, Дополнение № 13, МСЭ, Женева, 1969 г.

[5] "Индикатор волюма SFERT", Красная книга, том V, Приложение 18, часть 2, МСЭ, Женева, 1962 г.

[6] Белая книга МККТ, том IV, стр. 270–293, Берн, 1934 г.

[7] "Сравнение показаний волюметров различных типов на разговорной речи", Белая книга, том V, Дополнение № 14, МСЭ, Женева, 1969 г.

Рекомендация P.53

ПСОФОМЕТРЫ (ПРИБОРЫ ДЛЯ ОБЪЕКТИВНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ШУМОВ КАНАЛОВ)

См. Рекомендацию O.41, Синяя книга МККТТ, том IV, выпуск IV.4.

Рекомендация P.54

ШУМОМЕРЫ (ПРИБОРЫ ДЛЯ ОБЪЕКТИВНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ШУМОВ ПОМЕЩЕНИЯ)

(изменена в Мар-дель-Плате, 1968 г., и в Женеве, 1972 г.)

МККТТ рекомендует применение шумомера, определенного в [1], в сочетании по большинству видов применения с октавными, полуоктавными и третьоктавными фильтрами в соответствии с [2].

Библиография

[1] Стандарт Международной электротехнической комиссии "Шумомеры", Публикация МЭК 651 (179), Женева, 1979 г.

[2] Рекомендация Международной электротехнической комиссии "Октавные, полуоктавные и третьоктавные полосовые фильтры, предназначенные для анализа звуков и колебаний", Публикация МЭК 225, Женева, 1966 г.

Рекомендация P.55

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ШУМОВ

(Мар-дель-Плата, 1968 г.)

Эксперименты показали, что щелчки или другие импульсные шумы, появляющиеся при телефонных разговорах, происходят от ряда источников, таких как неисправности коммутационного оборудования, нарушение заземлений на коммутационных станциях и электромагнитные связи в станциях или на линии.

Оценить мешающее влияние отдельных импульсов на телефонные разговоры практически невозможно. Быстрая последовательность щелчков особенно раздражает в начале разговора. Вероятно, что эти серии щелчков оказывают на передачу данных большее влияние, чем на телефонный разговор, и что соединения, пригодные для передачи данных, согласно исследуемым в настоящее время нормам на шумы, будут также удовлетворительными для передачи речи.

С учетом этих соображений МККТТ рекомендует Администрациям использовать счетчик шумовых импульсов, определенный в Рекомендации О.71 [1], для измерения числа серий импульсов в каналах как для передачи речи, так и передачи данных.

Примечание. – На национальном уровне Администрации могут продолжать изучение вопроса о достаточности использования указанных счетчиков шумовых импульсов с целью обеспечения условий, необходимых для гарантии хорошего качества телефонных соединений. В этих исследованиях Администрации могут использовать любые измерительные приборы, которые они считают наиболее подходящими, например псофометр с повышенным порогом перегрузки; однако МККТТ не рассматривает вопрос о принятии рекомендаций по использованию такого прибора.

Библиография

[1] Рекомендация МККТТ "Спецификация приборов для измерения импульсных шумов в каналах телефонного типа", том IV, Рек. О.71.

Рекомендация Р.56

ОБЪЕКТИВНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ АКТИВНОЙ РЕЧИ

(Мельбурн, 1988 г.)

1 Введение

МККТТ считает важным, чтобы существовал стандартизированный способ объективного измерения уровня активной речи, позволяющий непосредственно сравнивать измерения, выполненные различными Администрациями. Требования к такому измерителю заключаются в том, чтобы он позволял измерять уровень активной речи и чтобы результаты измерений не зависели от толкования оператором.

В соответствии с настоящей Рекомендацией измеритель уровня активной речи является самостоятельным измерительным комплексом, включающим в себя входные цепи, фильтр (при необходимости), процессор и дисплей. Процессор определяет алгоритм способа обнаружения активной речи.

Этот прибор в его настоящем виде может успешно использоваться в лабораторных экспериментах, а также (при определенных условиях) – на работающих каналах. Дальнейшее изучение имеет целью установить:

a) как этот прибор можно использовать на двухпроводных и четырехпроводных цепях для определения, кто является говорящим и не эхо ли это, и

b) как такой прибор может отличить речь, например, от сигнализации.

Описанный здесь метод сохраняет максимальную сопоставимость и преемственность с ранее выполненной работой, если обеспечивается подходящий способ контроля, например, если контрольные функции выполняются оператором. В частности, новый метод позволяет получить данные и выводы, совместимые с данными и выводами, которые устанавливают общепринятую величину (22 микроватта) мощности речи на входе четырехпроводного окончания международного канала в соответствии с Рекомендацией G.223. Описание метода контроля оператором приведено в Приложении А.

Метод, измеренный в настоящей Рекомендации, может быть легко реализован на базе существующей технологии. Этот метод выступает в качестве эталона, с которым могут сравниваться другие методы. Цель настоящей Рекомендации состоит не в отрицании любого другого метода, а в том, чтобы обеспечить получение одного и того же результата при различных методах.

Уровень активной речи должен измеряться и определяться в децибелах относительно установленного эталона в соответствии с описанными ниже методами, а именно:

– *метод А* – измерение величины, называемой речевым волюмом и используемой для управления уровнем речи в реальном масштабе времени (см. § 4);

– *метод В* – измерение величины, называемой активным речевым волюмом и используемой для других целей (см. § 5).

Сравнение показаний измерителей, полученных методами А и В, можно найти в Дополнении № 18.

Примечание. – Этот прибор не может использоваться для определения пиковых уровней, но существует достаточная информация [1] об отношении мгновенной пиковой величины к среднеквадратической величине, если сигнал не ограничивается или не модифицируется каким-либо способом, например пиковым ограничением (клиппированием).

2 Терминология

Рекомендуется пользоваться следующей терминологией:

волюм речи	до сих пор используется наряду с термином *уровень речи*; в будущем должен использоваться исключительно для обозначения величины, полученной методом А;
уровень активной речи	должен использоваться исключительно для обозначения величины, полученной методом В;
уровень речи	должен использоваться в качестве общего термина для обозначения величины, полученной любым методом, дающим величину, выраженную в децибелах относительно установленного эталона.

Определения этих терминов [2] и других взаимосвязанных терминов, относящихся, например, непосредственно к измерителям [3], должны быть соответственно скорректированы.

3 Общие положения

3.1 *Электрический, акустический и другие уровни*

Настоящая Рекомендация касается в первую очередь электрических измерений, дающих результаты, выраженные в электрических единицах, обычно в децибелах относительно соответствующей эталонной величины, такой, например, как один вольт. Однако, если в системе передачи, в которой производится измерение, гарантируются калибровка и линейность, можно соотносить результат с любой другой точкой в системе; при этом сигнал в этой другой измерительной точке может быть неэлектрическим (например, акустическим). Мощность пропорциональна квадрату напряжения в электротехнике, квадрату звукового давления в акустике или цифровому эквиваленту указанных параметров в цифровой области, а эталонная величина должна быть подходящего вида (1 вольт, 1 паскаль, эталонное акустическое давление, равное 20 микропаскалям, или любая другая установленная единица в каждом конкретном случае).

3.2 *Общие требования*

Для всех типов измерений уровня речи предоставляемая информация должна включать: обозначение измерительной системы, используемый метод (А, В или эквивалент В, как объясняется в § 4, или другой принятый метод), наблюдаемую величину, единицы измерения и другую соответствующую информацию, такую, например, как поясняемая ниже величина запаса.

Должны быть также указаны необходимые условия измерения, такие как полоса частот, место включения измерительного прибора в канал электросвязи, наличие или отсутствие нагрузочного сопротивления. В измерительный тракт не должно вводиться никакого частотного взвешивания, за исключением ограничения полосы частот, предназначенного для устранения мешающих сигналов.

3.3 *Усреднение*

Должен быть указан метод усреднения, если результат выражается в виде среднего из нескольких показаний. *Средний уровень* (средний волюм речи или средний уровень активной речи), получаемый как среднее из ряда величин, выраженных в децибелах, нужно отличать от уровня *средней мощности*, получаемого путем преобразования величин, выраженных в децибелах, в единицы мощности, вычисления среднего из полученных чисел и последующего перевода этого среднего в децибелы.

Должна быть зарегистрирована любая произведенная коррекция вместе с обстоятельствами или предположениями, на которых основана эта коррекция. Например, при расчете нагрузки, когда активные уровни или длительности отдельно измеренных отрезков речи сильно различаются, для оценки средней мощности к медианному или среднему уровню обычно прибавляется величина $0{,}115\,\sigma^2$ на том основании, что распределение средних уровней активной речи (величины в дБ) аппроксимируется гауссовым распределением.

4 Метод А: непосредственные измерения волюма речи для применений в реальном масштабе времени

Непосредственные измерения волюма речи в реальном масштабе времени для быстрого управления или корректировки уровня оператором должны выполняться традиционным способом с помощью одного из указанных в Рекомендации Р.52 измерительных приборов.

Выбор измерителя и метода интерпретации отклонений указателя должен соответствовать таблице 1/Р.56.

Величины, полученные по методу А, должны считаться *волюмом речи*; должны быть указаны применяемый измеритель, измеренная величина и единицы, в которых выражается результат.

ТАБЛИЦА 1/Р.56

Применение	Измеритель	Наблюдаемое количество
Регулирование уровня речи в уравнителях громкости живой речи	Измеритель волюма ARAEN (SV3)	Уровень, превышенный в 3 с
Устранение пикового ограничения	Измеритель пиковых величин программы вещания	Наибольшее показание
Поддержание оптимального уровня при магнитной записи	Измеритель VU	Среднее из пиковых значений (за исключением самых экстремальных)

5 Метод В: уровень активной речи для видов применения, отличных от упомянутых в методе А

5.1 *Принцип измерения*

Уровень активной речи измеряется путем интегрирования величины, пропорциональной мгновенной мощности за все время, в течение которого рассматриваемая речь имеет место (называемое активным временем), и последующего вычисления коэффициента, пропорционального суммарной энергии, деленной на активное время, в децибелах относительно соответствующего эталона.

Средняя мощность речевого сигнала в течение активного времени может быть с высокой точностью оценена по дискретам, взятым со скоростью намного ниже скорости Найквиста. Важнейшим, однако, является вопрос, какой критерий должен использоваться для определения промежутков времени, когда речь имеет место.

Теоретически критерий должен показывать наличие речи в те промежутки времени, когда она поступает к слушателю, исключая шум, который не является отрезком речи (импульсы, эхо и стационарный шум во время молчания), но включая те краткие промежутки низкой или нулевой мощности, которые не воспринимаются как перерывы в речи [4]. Необязательно, чтобы детектор работал абсолютно синхронно с произносимой речью: могут существовать задержки момента срабатывания и сброса при условии, что суммарное активное время измеряется точно. По этой причине в данном случае не являются необходимыми сложные детекторы активности речи в реальном масштабе времени, зависящие от дискретизации со скоростью Найквиста, аналогичные детекторам, успешно используемым в цифровой интерполяции речи. Функция последних состоит в том, чтобы показать, когда канал доступен для передачи информации: это состояние не всегда совпадает с отсутствием речи; с одной стороны, это может случиться в течение коротких интервалов, которые должны рассматриваться как часть речи; с другой стороны, оно может быть надолго задержано после конца произнесения (например, для удобства распределения каналов).

Описанный в настоящей Рекомендации метод обнаружения речи удовлетворяет этим требованиям. Этот метод предусматривает использование зависящего от сигнала порога, который не может быть определен заранее, вследствие чего в процессе самого измерения точные результаты гарантироваться не могут; однако, накапливая достаточную информацию в процессе измерения, можно ретроспективно установить точный порог и, следовательно, получить правильный результат почти сразу после окончания измерения. Постоянная адаптация порогового уровня в реальном масштабе времени, по-видимому, приводит к подобным результатам в простых случаях, однако предел, до которого может обобщаться это заключение, требует дальнейшего изучения.

5.2 *Детали реализации*

Алгоритм метода В таков.

Пусть речевой сигнал дискретизируется со скоростью не ниже f дискретов в секунду и равномерно квантуется по крайней мере в 2^{12} интервалов квантования (то есть используется 12 бит на дискрет, включая бит знака).

Примечание. – Это требование обеспечивает динамический диапазон мгновенных напряжений по крайней мере 66 дБ; однако следующие два фактора совместно уменьшают примерно на 30 дБ диапазон измеряемых уровней активной речи:

1) Должен быть предусмотрен запас на отношение пиковой мощности к средней мощности речи около 18 дБ при вероятности превышения этой величины, равной 0,001.

2) Должны быть вычислены величины огибающей, опускающиеся по крайней мере на 16 дБ ниже среднего активного уровня: эти величины могут быть дробными, но они будут недостаточно точными, если рассчитываются из шага квантования, превышающего более чем вдвое величину дискрета; то есть, не надо ожидать, что будет измеримым уровень активной речи, который превышает шаг квантования менее чем на 10 дБ.

Обозначим величины последовательных дискретов через x_i, где i = 1, 2, 3 ..., и пусть интервал времени между последовательными дискретами равен $t = 1/f$ секунд.

Другими необходимыми постоянными являются:

v	коэффициент масштабирования (вольты/единица) аналого-цифрового преобразователя;
T	постоянная времени сглаживания в секундах;
$g = \exp(-t/T)$	коэффициент сглаживания;
H	время "затягивания" в секундах;
$I = H/t$	округление до ближайшего целого;
M	запас в дБ, разность между порогом и уровнем активной речи.

Пусть входные дискреты подвергаются двум разным процессам, 1 и 2.

Процесс 1

Накапливать ряд дискретов n, суммы s и суммы квадратов sq:

$$n_i = n_{i-1} + 1$$
$$s_i = s_{i-1} + x_i$$
$$sq_i = sq_{i-1} + x_i^2 ,$$

где s_0, sq_0 и n_0 (начальные величины) равны нулю.

Процесс 2

Произвести двухступенчатое экспоненциальное усреднение значений выпрямленного сигнала:

$$p_i = g \cdot p_{i-1} + (1-g) \cdot |x_i|,$$
$$q_i = g \cdot q_{i-1} + (1-g) \cdot p_i ,$$

где p_0 и q_0 (начальные величины) равны нулю.

Последовательность q_i называется огибающей, p_i обозначает промежуточные величины.

Пусть ряд фиксированных пороговых напряжений c_i относится к огибающей. Они должны быть размещены в геометрической прогрессии на интервалах не более чем 2:1 (6,02 дБ) от величины, равной примерно половине максимального кода до величины, равной одному шагу квантования или меньшей. Пусть соответствующие серии подсчетов активности a_j и соответствующие серии подсчетов "затягивания" h_j выполняются последовательно для каждого значения j,

если $q_i > c_j$ или $q_i = c_j$, то к a_j прибавляется 1, а h_j устанавливается на 0;

если $q_i < c_j$ и $h_j < I$, то к a_j прибавляется 1 и к h_j прибавляется 1;

если $q_i < c_j$ и $h_j = I$, то никакие операции не производятся.

В первом случае огибающая совпадает с j-м порогом или выше его, поэтому речь считается активной. Во втором случае огибающая ниже порога, но речь все еще считается активной, поскольку соответствующее "затягивание" еще не закончилось. В третьем случае речь не является активной.

В исходном положении все величины a_j установлены равными нулю, а величины h_j – равными I.

Следует отметить, что индекс i во всех приведенных выше случаях необходим только для различения наличных величин от предыдущих величин накопленных данных; например, нет необходимости сохранять более одной величины sq, однако эта величина постоянно обновляется. Поэтому индексы у s, sq, n, p и q в конце измерения могут быть опущены.

Пусть все эти процессы продолжаются до тех пор, пока не поступит сигнализация о конце измерения. После этого производится оценка следующих величин:

$$\text{суммарное время} = n \cdot t;$$

$$\text{долговременная мощность} = sq \cdot v^2/n.$$

Примечание. – Если предполагается наличие значительного смещения постоянного тока, то это может быть оценено как $s \cdot v/n$ и использовано для более точной оценки величины долговременной мощности (переменного тока) как $v^2\,[sq/n - (s/n)^2]$. Однако в этом случае должно приниматься в расчет влияние смещения огибающей и должна быть произведена соответствующая коррекция.

Для каждого значения j величина мощности активной речи равна $sq \cdot v^2/a_j$.

Здесь мощность выражается вольтами в квадрате в единицу времени. Теперь выразим долговременную мощность и мощность активной речи в децибелах относительно выбранного эталонного напряжения r:

долговременный уровень $L = 10 \log (sq \cdot v^2/n) - 20 \log r;$

уровень активности $A_j = 10 \log (sq \cdot v^2/a_j) - 20 \log r;$

порог $C_j = 20 \log (c_j \cdot v) - 20 \log r.$

Для каждой величины j сравниваем разность $A_j - C_j$ с запасом M и определяем (если необходимо, то путем интерполяции на шкале децибелов между двумя последовательными значениями A_j и C_j) истинный активный уровень A и соответствующий порог C, для которого $A - C = M$. Если одна любая пара величин A_j и C_j точно выполняет это условие, тогда реальный коэффициент активности равен a_j/n, но во всех случаях он может быть вычислен из выражения $10^{(L-A)/10}$.

Для простоты алгоритм определен на языке цифрового процесса, однако следует считать, что любой эквивалентный процесс (например, процесс, реализованный на программируемом аналоговом компьютере) соответствует определению.

5.3 *Значения параметров*

Должны использоваться значения параметров, приведенные в таблице 2/P.56. Они многие годы успешно применялись при этих испытаниях различными организациями [4].

ТАБЛИЦА 2/P.56

Параметр	Значение	Допуск
f	694 дискрета в секунду	Не менее 600
T	0,03 секунды	± 5 %
H	0,2 секунды	± 5 %
M	15,9 дБ	± 0,5

Примечание. – По-видимому, величина M = 15 дБ, указанная в [4], определена относительно не среднеквадратического, а *среднего абсолютного напряжения* синусоидального сигнала. Разница в 0,9 дБ равна 20 log отношения среднеквадратического напряжения к среднему абсолютному напряжению для синусоидального сигнала.

Результат измерения, выполненного по описанному выше алгоритму, представляет собой *уровень активной речи,* а система должна характеризоваться как система, *использующая метод В* настоящей Рекомендации.

Примечание. – В системах с очень высоким уровнем шума, например в некоторых транспортных средствах и радиосистемах, часто желательно установить более высокий порог (то есть использовать меньший запас) для устранения шума. Это может быть сделано, если допуск также известен. Результат такого измерения представляет собой *уровень активной речи с запасом М,* а измерительная система характеризуется как система с *использованием метода В с запасом М.*

Коэффициент активности предпочтительно представлять в виде процентного отношения с указанием величины запаса, если он выходит за пределы стандартного диапазона.

6 Методы, эквивалентные методу В

Другие известные методы используют подобный принцип измерения, отличаясь от приведенного выше алгоритма некоторыми деталями.

Могут применяться любые методы, экспериментальные результаты которых совместимы с результатами, полученными методом В, в достаточно широком диапазоне условий. Эти методы называют методами, *эквивалентными методу В.*

В качестве метода, эквивалентного методу В, может рассматриваться любой метод, удовлетворяющий во всех отношениях испытаниям, описываемым ниже.

Измерения должны выполняться одновременно рассматриваемым методом и методом В на двух или более отрезках речи при любой комбинации следующих переменных:

голоса	один мужской и один женский голос;
речевой материал	ряд независимых предложений, отрывок непрерывной речи, и один канал для разговора; продолжительность каждого по крайней мере 20 секунд (активное время);
полоса частот	300–3400 Гц и 100–8000 Гц;
добавленный шум	плоский в измеряемой полосе при уровнях на (M + 5) дБ и (M + 25) дБ ниже уровня активной речи, где M (запас) обычно равный 15,9 дБ (кроме систем с высоким шумом, где он меньше);
уровни	в интервалах, превышающих на 10 дБ диапазон, требуемый для рассматриваемой системы.

Из этих результатов для каждой из упомянутых выше 24 комбинаций должны быть вычислены 95-процентные доверительные пределы для разницы между уровнем, полученным по рассматриваемому методу, и уровнем активной речи, полученным по методу В.

Рассматриваемый метод будет считаться методом, эквивалентным методу В, если для каждой комбинации верхний доверительный предел этой разницы не выше +1 дБ, а нижний доверительный предел не ниже –1 дБ.

Эта процедура проверки имеет силу при условии, что соответствующий речеподобный сигнал рекомендован и признан подходящим для выполнения этой функции (см. Вопросы 12/XII и 13/XII).

Далее, метод квалифицируется как эквивалентный методу В, если он дает результаты, которые укладываются в определенные пределы при коррекции путем прибавления фиксированной постоянной, известной до измерений и не зависящей от особенностей речевого сигнала (за исключением, возможно, полосы частот, если она определяется независимо).

Результат измерений таким методом представляет *уровень активной речи по методу, эквивалентному методу В,* а коэффициент активности – *коэффициент активности по методу, эквивалентному методу В.*

Некоторые измерительные системы с фиксированным порогом (вместо ретроспективно выбранного порога, как это описано в § 5.3) могут все же давать уровень активной речи в соответствии с определением в случаях, когда запас оказывается в определенных пределах.

7 Описание

Речевой вольтметр обычно состоит из следующих трех частей:

i) входные цепи,

ii) фильтр,

iii) процессор и дисплей.

Типовая блок-схема такого измерителя приведена на рис. 1/P.56.

Использование части или всех компонентов, указанных в пунктах i) и ii), зависит от конкретных условий применения. Однако рекомендуется, чтобы измеритель общего назначения соответствовал указанной спецификации.

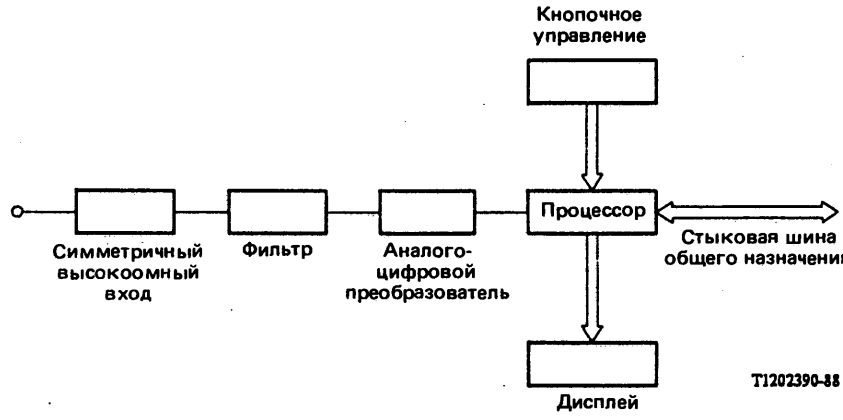


РИСУНОК 1/P.56

Блок-схема типового измерителя

7.1 *Сигнальный вход*

7.1.1 *Входное сопротивление*

Измеритель обычно подключается параллельно измеряемому объекту. Поэтому его сопротивление должно быть достаточно большим, чтобы не влиять на результаты измерений. Рекомендуется входное сопротивление, равное 100 кОм.

7.1.2 *Защита схемы*

Измеритель должен выдерживать напряжения, намного превышающие измеряемый диапазон напряжений, поскольку в измеряемой схеме возможно случайное присутствие более высоких напряжений, чем ожидаемые. Примерами являются напряжения электропитания 110/240 В или напряжение коммутационной станции 50 В.

7.1.3 *Подключение*

Подключение должно быть независимым от полярности. Измеритель должен иметь как симметричный, так и несимметричный вход.

7.2 *Фильтр*

При измерении уровней речи в каналах с обычной для телефонной речи полосой частот (300–3400 Гц) часто целесообразно использовать фильтр, подавляющий нежелательный фон переменного тока, шум магнитной записи и т. д., но фильтр должен пропускать заданные частоты без воздействия на измерение уровня речи (см. таблицу 3/P.56). Пример такого фильтра показан на рис. 2/P.56.

Должны также удовлетворяться следующие требования к шуму:

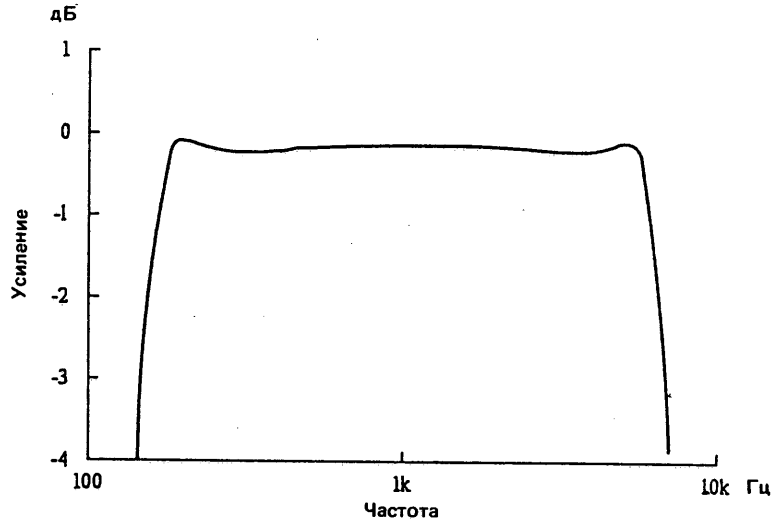
уровень выходного шума:

в широкой полосе (20–20 000 Гц) < –75 дБм;

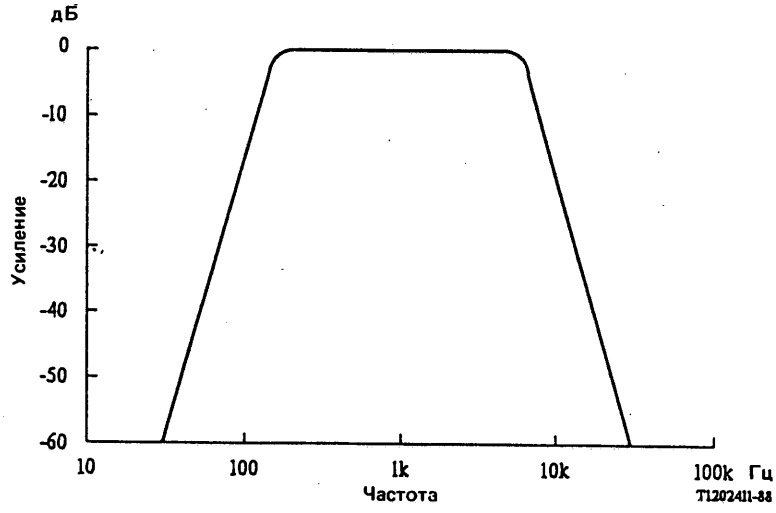
при псофометрическом взвешивании < –90 дБмп.

ТАБЛИЦА 3/P.56

Частота (Гц)	(дБ)
	Частотная характеристика фильтра с широкой полосой относительно 1 кГц
16	–49,75
160	+0,25
7 000	+0,25
70 000	–49,75
	Частотная характеристика фильтра с узкой полосой относительно 1 кГц
Ниже 200	–∞
200	–0,25
5500	–0,25
Выше 5500	–∞



a) Частотная характеристика фильтра с узкой полосой



b) Частотная характеристика фильтра с широкой полосой

РИСУНОК 2/P.56

Характеристика полосы пропускания фильтра

7.3 *Измерения уровня речи*

7.3.1 *Динамический диапазон речи*

Рекомендуемый динамический диапазон речи, относящийся к активному уровню, должен быть по крайней мере от 0 до –30 дБВ.

Примечание 1. – Динамический диапазон прибора будет зависеть от аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Если АЦП рассчитан на максимальный входной уровень 10 В (то есть код все единицы) и используется 12-битный арифметический код, базирующийся на наиболее значащих битах преобразователя АЦП, то 1 бит знака и 11 битов величины обеспечивают диапазон 66 дБ. Измерительный диапазон будет примерно на 35 дБ меньше с учетом допуска 18 дБ на отношение пиковой величины к средней (пики речи будут превышать максимальный входной уровень только в течение менее 0,1 % времени [1]), а запас *M* равен 15,9 дБ; поэтому наибольший речевой сигнал равен около +2 дБВ, а наименьший –30 дБВ. Однако принято считать, что практический динамический диапазон составляет от +5 дБВ до –35 дБВ.

Примечание 2. – Чтобы измерять более широкий диапазон уровней речи, во входные цепи могут быть введены аттенюатор или усилитель с низким шумом. При этом должны соблюдаться входные требования, указанные в § 7.1.1.

7.3.2 *Линейность*

Линейность измерителя определяется для среднеквадратического значения синусоидального сигнала, поскольку именно такое определение является корректным для речевого сигнала. Поэтому рассмотрения требует только точность или повторяемость измерений, что определено в § 7.3.4.

Для синусоидального сигнала при минимальной продолжительности измерений 5 с линейность определяется следующим образом:

Частота (Гц)	*Входной диапазон* (дБВ)	*Точность* (дБ)
от 100 до 4000	от +16 до –45	± 0,1
от 4000 до 8000	от +13 до –45	± 0,3

Примечание. – Максимальный входной сигнал для полосы частот от 4000 до 8000 Гц должен быть в идеальном случае таким же, как для полосы частот от 100 до 4000 Гц, однако для существующих коммерческих АЦП (вследствие ограничения полосы частот входных цепей) получить это невозможно. Вероятно, однако, что ошибка будет крайне малой, поскольку мощность частоты 8000 Гц в речевом сигнале на 30 дБ ниже мощности частоты 500 Гц.

7.3.3 *Частотная характеристика*

Частотная характеристика измерителя без фильтра при измерении в полосе частот от 100 до 8000 Гц должна быть плоской в пределах установленных допусков:

Частота (Гц)	*Входной диапазон* (дБВ)	*Допуск* (дБ)
от 100 до 4000	от +16 до –45	± 0,2
от 4000 до 8000	от +13 до –45	± 0,4

Примечание 1. – Допуски указаны относительно частоты 1000 Гц.

Примечание 2. – Действительно примечание к § 7.3.2.

7.3.4 *Повторяемость*

Повторяемость показаний одного и того же измерителя активного уровня речевого сигнала в рекомендованном динамическом диапазоне с длительностью активного времени не менее 5 с должна характеризоваться стандартным отклонением менее 0,1 дБ.

8 Стандартная калибровка измерителя по методу В

Следующие общепринятые процедуры калибровки, использующие сигналы неречевого типа, будут обеспечивать удовлетворительную работу измерителя. Калибровка может осуществляться только при использовании речи.

Соответствующая структурная схема показана на рис. 3/Р.56. Измерения при всех условиях должны выполняться при двух величинах затухания аттенюатора: 0 и 20 дБ. Источник и измеритель сигнала должны быть 600-омными.

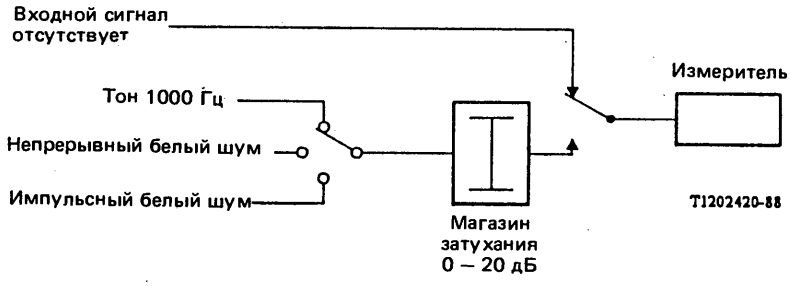


РИСУНОК 3/Р.56

Схема калибровки

8.1 *Отсутствие входного сигнала*

При отсутствии входного сигнала показания измерителя должны удовлетворять следующим требованиям:

Коэффициент активности	0 +0,5 %
Уровень активности	< –60 дБВ
Долговременный уровень	< –60 дБВ

8.2 *Непрерывный тон*

При синусоидальном сигнале 1000 Гц, откалиброванном на 0 дБВ, измеритель должен иметь следующие показания при двух значениях затухания аттенюатора и длительности подачи сигнала 12 + 0,2 с:

	Затухание 0 дБ	*Затухание 20 дБ*
Коэффициент активности	от 100 до 0,5 %	от 100 до 0,5 %
Уровень активности	0±0,1 дБВ	–20±0,1 дБВ
Долговременный уровень	0±0,1 дБВ	–20±0,1 дБВ

8.3 *Белый шум*

8.3.1 *Без фильтра*

При использовании измерителя без фильтра и при калибровке источника белого шума на 0 дБВ измеритель должен иметь следующие показания для двух значений затухания аттенюатора при длительности подачи сигнала 12 + 0,2 с:

	Затухание 0 дБ	*Затухание 20 дБ*
Коэффициент активности	от 100 до 0,5 %	от 100 до 0,5 %
Уровень активности	0±0,5 дБВ	–20±0,5 дБВ
Долговременный уровень	0±0,5 дБВ	–20±0,5 дБВ

8.3.2 *С фильтром*

При использовании измерителя с фильтром и при калибровке источника белого шума на 0 дБВ измеритель должен иметь следующие показания для двух значений затухания аттенюатора при длительности подачи сигнала 12 + 0,2 с:

	Затухание 0 дБ	*Затухание 20 дБ*
Коэффициент активности	от 100 до 0,5 %	от 100 до 0,5 %
Уровень активности	−6,9± 0,5 дБВ	−26,9± 0,5 дБВ
Долговременный уровень	−6,9±0,5 дБВ	−26,9±0,5 дБВ

8.3.3 *Пульсирующий шум*

При отсутствии фильтра и источнике белого шума, который находится периодически 3 с во включенном состоянии и 3 с в выключенном и откалиброван на 0 дБВ во включенном состоянии, измеритель должен иметь следующие показания для двух значений затухания аттенюатора при длительности подачи сигнала 12 + 0,2 с:

	Затухание 0 дБ	*Затухание 20 дБ*
Коэффициент активности	55±1,5 %	55± 1,5 %
Уровень активности	0 ±1 дБВ	−20± 1 дБВ
Долговременный уровень	−2,7±1 дБВ	−22,7± 1 дБВ

Примечание. Возможно, что § 8 будет пересмотрен с целью калибровки измерителей по методу В и В-эквиваленту при использовании речеподобного сигнала.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(к Рекомендации Р.56)

Метод, использующий речевой вольтметр, реализующий метод В в эксплуатационных условиях

Речевой вольтметр, реализующий метод В, в существующем виде непригоден для измерений речи (см., например, Рекомендацию G.223) на реальных соединениях, так как он неспособен различить речь, приходящую с одного или другого конца соединения.

Однако если измеритель подключается к четырехпроводной точке двух-четырех-двухпроводного соединения, то измерения могут быть выполнены путем использования контроля оператором начала и конца разговора. Оператор может выполнить этот контроль при помощи головных телефонов (если получено разрешение от абонента) или при помощи вспомогательного измерителя (например, соответствующего Рекомендации Р.52). Соответствующая структурная схема показана на рис. А-1/Р.56.

Оператор контролирует разговор с использованием вспомогательного измерителя или головных телефонов, а затем с помощью кнопки старт/стоп может отмечать начало и конец соответствующего разговора.

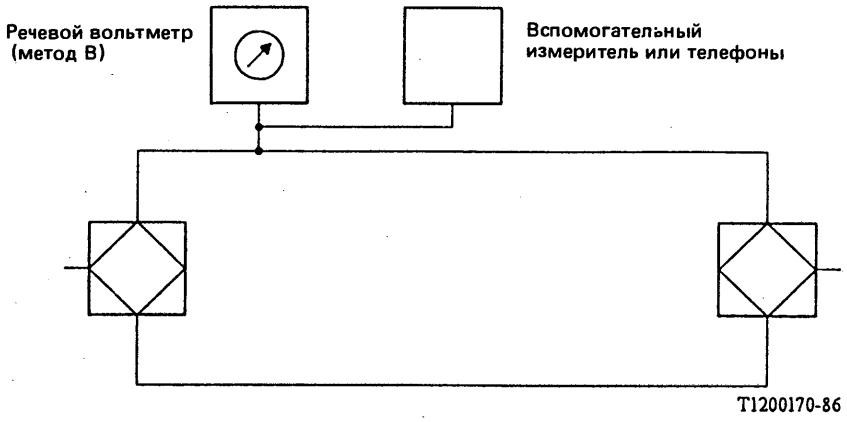


РИСУНОК А-1/Р.56

Ссылки

[1] RICHARDS (D.L.): Telecommunication by speech, § 2.1.3.2, pp. 56–69, *Butterworks,* London, 1973.

[2] МСЭ – "Список определений основных терминов электросвязи", определение 14.16, второе издание, Женева, 1961 г.

[3] МСЭ – "Список определений основных терминов электросвязи", определения 12.34, 12.35, 12.36, второе издание, Женева, 1961 г.

[4] BERRY (R.W.): Speech-volume measurements on telephone circuits, *Proc. IEE,* Vol. 118, No. 2, pp. 335–338, February 1971.

Библиография

BRADY (P.T.): Equivalent Peak Level: a threshold-independent speech level measure, *Journal of the Acoustical Society of America,* Vol. 44, pp. 695–699, 1968.

CARSON (R.): A digital Speech Voltmeter – the SV6, *British Telecommunications Engineering,* Vol. 3, Part 1, pp. 23–30, April 1984.

МККТТ – Вклад ИК XII-№ 43 "Метод измерений уровня речи с использованием стыковой шины МЭК и вычисления" (Норвегия), Женева, 1982 г.

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

РАЗДЕЛ 5

ОБЪЕКТИВНЫЕ ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Рекомендация P.61

МЕТОДЫ КАЛИБРОВКИ КОНДЕНСАТОРНЫХ МИКРОФОНОВ

(изменена в Малага-Торремолиносе, 1984 г.)

Первичная и вторичная калибровки конденсаторных микрофонов могут быть выполнены с использованием методов, описанных ниже.

1 Первичная калибровка методом взаимности

Рекомендованная процедура для первичной калибровки конденсаторных микрофонов представляет собой калибровку методом взаимности. Точный способ калибровки методом взаимности по давлению описан в [1]. Упрощенный метод калибровки в полосе частот, представляющей интерес при телефонометрических измерениях, приведен в [2]. Хотя описанные методы рекомендованы для однодюймовых микрофонов, аналогичные методы применимы и к полудюймовым микрофонам. Методы, подходящие для полудюймовых микрофонов, изучаются МЭК.

Точный способ калибровки методом взаимности в свободном поле приведен в [3]. В качестве альтернативы приведенные в [4] кривые коррекции свободного поля могут быть применены к калибровке по давлению однодюймовых конденсаторных микрофонов для определения их характеристик в свободном поле. Калибровка в свободном поле методом взаимности может быть в принципе распространена на полудюймовые микрофоны. Для полудюймовых микрофонов кривые коррекции свободного поля не стандартизированы.

2 Вторичная калибровка методом сравнения

Вторичная калибровка конденсаторного микрофона может быть исполнена непосредственным сравнением с физически идентичным микрофоном, имеющим известную калибровку. Используемая процедура представляет собой модификацию метода "два микрофона и вспомогательный источник звука", описанного в [1]–[3]. Выходной уровень калиброванного микрофона определяется сначала для данного уровня возбуждения, поданного на вспомогательный источник сигнала. Затем калиброванный микрофон замещается микрофоном, подлежащим калибровке, и его выходной уровень определяется при том же уровне возбуждения, поданном на вспомогательный источник сигнала. Далее, разница в уровне (в дБ) между выходными уровнями двух микрофонов относится к известной калибровке первого микрофона для определения калибровки второго. Процедура повторяется на каждой представляющей интерес частоте.

2 Вторичная калибровка с использованием акустического резонатора с поршнем для проверки микрофонов и других калибраторов уровня звука

Вторичная калибровка может быть также произведена с использованием акустического резонатора с поршнем и других калибраторов уровня звука, которые генерируют известный уровень звука. Такие устройства частот используются для проверки калибровки микрофона на единственной частоте[1]. При использовании таких приборов должно быть обращено внимание на сопроводительные заводские инструкции; в частности, может оказаться необходимым внести коррекции в части барометрического давления, объема элемента связи, типа микрофона и т. д. Стандартизация этих калибраторов в настоящее время изучается МЭК.

---

[1] Возможны калибровки с точностью ± 0,3 дБ.

Библиография

[1] Международная электротехническая комиссия "Точный метод калибровки по давлению однодюймовых стандартных конденсаторных микрофонов методом взаимности", Публикация МЭК 327, Женева, 1971 г.

[2] Международная электротехническая комиссия "Упрощенный метод калибровки по давлению однодюймовых конденсаторных микрофонов методом взаимности", Публикация МЭК 402, Женева, 1972 г.

[3] Международная электротехническая комиссия "Точный метод калибровки в свободном поле однодюймовых стандартных конденсаторных микрофонов методом взаимности", Публикация МЭК 486, Женева, 1974 г.

[4] Международная электротехническая комиссия "Величины разницы между уровнями чувствительности свободного поля и давления для однодюймовых стандартных конденсаторных микрофонов", Публикация МЭК 655, Женева, 1979 г.

Рекомендация Р.62

ИЗМЕРЕНИЯ АБОНЕНТСКИХ ТЕЛЕФОННЫХ УСТРОЙСТВ

(изменена в Малага-Торремолиносе, 1984 г., и Мельбурне, 1988 г.)

1 Измерение амплитудно-частотных искажений телефонного аппарата

Кривая изменения абсолютной чувствительности отдельного элемента телефонных устройств (передающей или приемной системы) в зависимости от частоты не дает полной информации о том, как эти устройства воспроизводят человеческий голос или музыку, хотя такую кривую часто называют частотной характеристикой.

Тем не менее кривая изменения абсолютной чувствительности телефонных устройств как функция частоты дает полезную информацию с точки зрения передачи речи. С другой стороны, в связи с отсутствием точных критериев оценки качества передачи музыки (соответствующего разборчивости или частости переспросов в коммерческой телефонии) приходится довольствоваться этими кривыми для оценки качества используемого оконечного оборудования (микрофонов или громкоговорителей).

Для построения частотных характеристик чувствительности могут использоваться методы, описанные в Рекомендации Р.64 и Приложении В к ней.

2 Изменение нелинейных искажений телефонного аппарата и шумов микрофонов

Если нелинейные искажения телефонных приемников обычно можно не принимать во внимание, то микрофоны (и особенно угольные микрофоны, обычно используемые в коммерческих телефонных аппаратах) имеют значительную нелинейность: соотношение между изменением сопротивления микрофона и акустического давления на его мембране нелинейно. Эта нелинейность тем больше, чем больше изменение сопротивления относительно общего сопротивления микрофона, то есть когда микрофон более чувствителен. Кроме того, могут иметь место два дополнительных эффекта:

1) Микрофон нечувствителен к акустическому давлению ниже определенной величины (порог чувствительности).

2) Вследствие механической инерции угольных зерен (задержка в установлении электрического контакта между зернами) имеют место неодинаковые перемещения зерен под воздействием акустических волн различных частот (например, медленные биения между двумя звуками усиливаются при воспроизведении угольным микрофоном).

Существующая информация по воздействию нелинейных искажений на качество телефонной речи показывает, что воздействие искажений второго порядка значительно меньше, чем воздействие искажений третьего порядка. Однако абсолютные пороги обнаружения, полученные в разных испытаниях, трудно сравнивать из-за различий в определении и измерениях искажений.

Примечание 1. – Краткое изложение существующей в этой области информации приведено в [1] и [2]. Ясно, что измерения с использованием синусоидальных сигналов могут предсказать качество передачи речи нелинейными системами только до ограниченной степени, особенно если пиковая величина измерительного сигнала намного меньше пиковой величины передаваемого речевого сигнала. Поэтому сложный сигнал с такими же, как реальная речь, спектральной плотностью и функцией плотности амплитуд, описанный в Рекомендации Р.50, является более полезным измерительным сигналом.

Примечание 2. – Применение сложных измерительных сигналов или сигналов реальной речи для измерения нелинейности в телефонных каналах изучается в Вопросе 13/XII [3].

Некоторые типы угольных микрофонов могут создавать слышимый стационарный шум, часто зависящий от величины тока питания. Измерение шума такого рода и его воздействие на качество передачи аналогично воздействию других видов аддитивного шума канала.

3 Объективное измерение показателя громкости (ПГ)

Примерами аппаратуры для объективного измерения показателей громкости, соответствующих Рекомендации Р.65, являются "CERF" Французской администрации [4], "AURAL" корпорации NTT [5], "TIGGER" [6] "Бритиш телеком" и "Измеритель показателя громкости" STL [7]. Краткое описание упомянутой аппаратуры можно найти в главе 5 *Руководства по телефонометрии* МККТТ [8].

Библиография

[1] МККТТ, Вопрос 13/XII, Приложение 1, Вклад ИК XII-№ 1, Исследовательский период 1981–1984 гг., Женева, 1981 г.

[2] МККТТ, Вопрос 13/XII, Приложение, Зеленая книга, том V, МСЭ, Женева, 1973 г.

[3] МККТТ, Вопрос 13/XII, Вклад ИК XII-№ 1, Исследовательский период 1985–1988 гг., Женева, 1985 г.

[4] МККТТ, Вклад ИК XII-№ 184 "Аппаратура для объективного измерения эквивалента Р.25 и местного эффекта, используемая Французской администрацией" (Франция), Исследовательский период 1981–1984 гг.

[5] МККТТ, Вклад ИК XII-№ 79 "Система объективного измерения показателя громкости" (NTT), Исследовательский период 1981–1984 гг.

[6] WARD (H.F.) and CROSS (R.C.) TIGGER: An Automatic Test System for measuring the Transmission Performance of Telephones, *British Telecommunications Engineering,* Volume 2, July 1983.

[7] МККТТ, Вопрос 15/XII, Приложение 6, Вклад ИК XII-№ 1, Исследовательский период 1985–1988 гг.

[8] МККТТ, *Руководство по телефонометрии,* МСЭ, Женева, 1987 г.

Рекомендация Р.63

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ НА ОСНОВЕ ОБЪЕКТИВНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Эти методы измерений изучаются МККТТ в рамках Вопроса 7/XII [1]. Методы, используемые соответственно "Бритиш телеком" и AT&T, описаны в приложениях А и В к Рекомендации Р.11 и Дополнениях 2 и 3, помещенных в конце данного тома. Обращается внимание на методы расчета показателей громкости, приведенные в Рекомендации Р.79.

Библиография

[1] МККТТ, Вопрос 7/XII, Вклад ИК XII-№ 1, Исследовательский период 1985–1988 гг., Женева, 1985 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МЕСТНЫХ ТЕЛЕФОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГРОМКОСТИ

(Женева, 1976 г.; изменена в Малага-Торремолиносе, 1984 г., и в Мельбурне, 1988 г.)

Общие принципы определения показателей громкости изложены в Рекомендации Р.76.

1 Введение

Частотные характеристики чувствительности передающей части, приемной части или местного эффекта местной телефонной системы (LTS) обычно измеряются непосредственно.

Примечание 1. – Частотные характеристики чувствительности передающей части, приемной части или местного эффекта могут быть также рассчитаны, если известна соответствующая информация, относящаяся к телефонной линии и питающему мосту. Некоторая информация, требуемая для оценки местного эффекта, выходит за рамки настоящей Рекомендации.

Примечание 2. – Эти принципы применимы также для измерения микрофонов и телефонов.

Указанные электроакустические измерения могут проводиться для разных целей, наиболее важными из которых являются следующие:

a) получение разработчиком преобразователя информации относительно достижений при реализации данной частотной характеристики чувствительности;

b) проверка соответствия изготовленной продукции установленным требованиям;

c) получение частотных характеристик чувствительности, необходимых для определения показателей громкости или оценки других субъективно определяемых величин.

Настоящая Рекомендация касается только пункта c), поэтому ее основу должны составлять измерения в реальных условиях. Следует использовать искусственный рот и искусственное ухо, учитывая, однако, при этом необходимость получения хорошего соответствия между этими измерениями и измерениями с использованием реальных рта и уха. Измерения в реальных условиях сложны, требуют затрат времени и невоспроизводимы с большой точностью, особенно при использовании угольных микрофонов.

В настоящей Рекомендации описаны методы измерений, использующие рекомендованные виды искусственного рта и искусственного уха (см. Рекомендацию Р.51).

Эта Рекомендация применяется главным образом к системам LTS с телефонными аппаратами, имеющими телефонные трубки. Однако эти принципы применимы также к телефонам других типов. Специальные соображения относительно головных телефонов приведены в Рекомендации Р.38, а относительно громкоговорящих телефонов – в Рекомендации Р.34.

2 Чувствительность на передаче системы LTS

Для указанных выше целей чувствительность на передаче местной телефонной системы (LTS) определяется взаимосвязью звукового давления в свободном поле в эталонной точке перед ртом[1)] и электрического выходного сигнала местной телефонной системы или микрофона. Входное звуковое давление не может быть измерено одновременно с электрическим выходом, и, следовательно, измерение должно осуществляться косвенным способом. Звуковое давление в эталонной точке измеряется при отсутствии телефонной трубки, затем при неизменном источнике, которым служит искусственный рот, в определенное положение перед ртом помещается микротелефонная трубка и измеряется выходной сигнал. При использовании естественных рта и голоса нельзя рассчитывать на то, что оператор сохранит постоянный уровень речи при измерении звукового давления в свободном поле и напряжения на выходе микрофона. Искусственному рту, в отличие от реальных, свойственна недостаточно точная имитация сопротивления источника и распределения поля.

1) Эталонная точка рта, используемая в настоящей Рекомендации, определена в Приложении А.

Кроме того, необходимо, чтобы амбушюр каждого образца телефонной трубки размещался в положении, которое имеет место в реальных условиях. Это может быть достигнуто путем размещения амбушюра соответствующим образом относительно эталонной точки уха; при этом более длинные телефонные трубки измеряются при большем расстоянии между ртом и микрофоном по сравнению с короткими трубками. Оценить правильность выбора положения микротелефонной трубки для измерений частотных характеристик чувствительности можно только путем сравнения результатов реальных разговорных испытаний при использовании искусственного рта и при использовании естественного рта для микротелефонных трубок разной длины. Что касается настоящей Рекомендации, то телефонные трубки должны размещаться, как указано в Приложении А к Рекомендации Р. 76.

При выполнении измерений с использованием реального рта и реального голоса возникает специфическая проблема даже тогда, когда условия передачи речи точно выдержаны. В этих случаях звуковое давление не может быть непосредственно измерено в требуемой эталонной точке рта и поэтому должно измеряться в некоторой другой точке и косвенно переноситься в эталонную точку рта. Некоторые предыдущие решения предусматривали размещение измерительного микрофона в 1 м от рта, но при этом требовалась безэховая среда и имело место мешающее влияние испытуемой микротелефонной трубки. Применялись и другие методы, однако пока ни один из них не оказался удовлетворительным.

При увеличении подаваемого на угольный микрофон звукового давления его выходное напряжение возрастает непропорционально входному давлению. Эта нелинейность является очень сложной функцией приложенного звукового давления, частоты, тока питания, состояния и ориентации ячейки с угольным порошком. При использовании искусственного рта воспроизводимые результаты получаются только при должном учете всех этих факторов.

3 Чувствительность на приеме системы LTS

Искусственное ухо модели IEC-318 (см. Рекомендацию Р.51) обеспечивает точные измерения чувствительности на приеме системы LTS. Однако измеренные с ним величины звукового давления не всегда хорошо согласуются с величинами в эталонной точке естественного уха, полученными при субъективных испытаниях показателей громкости. Это объясняется частично наличием заметной акустической утечки (L_E) между телефоном и реальным ухом (в существующих конструкциях искусственного уха такая утечка не воспроизводится) и частично увеличением объема между раковиной телефона и реальным ухом. Поэтому, чтобы использовать результаты измерений, выполненных в соответствии с настоящей Рекомендацией, необходимо ввести коррекцию (см. § 7, ниже).

Очевидно, что очень желательно модернизировать искусственное ухо так, чтобы избежать необходимости в коррекции. В этом направлении определенная работа была проведена, однако еще не ясно, будет ли достаточно единственной модификации искусственного уха для всех типов телефонов. В этом отношении требуется дополнительная информация, желательно от нескольких лабораторий, с тем чтобы могли быть исследованы телефоны самых разных видов.

4 Искусственные рот и голос

Искусственный рот должен удовлетворять следующим требованиям:

a) распределение звукового давления вокруг отверстия должно быть близким к распределению этого давления вокруг человеческого рта;

b) акустическое сопротивление должно быть таким же, как у естественного рта, с тем чтобы возрастание давления за счет препятствия, создаваемого микрофоном, было одинаковым;

c) должна быть обеспечена возможность установить определенные величины звукового давления в эталонной точке рта как функции частоты. Необходимым свойством, подлежащим реализации в практическом образце искусственного рта, является линейность отношения звукового давления в эталонной точке рта к напряжению на входе искусственного рта в соответствующем диапазоне звукового давления. Это отношение должно быть независимым от частоты по крайней мере в полосе частот от 200 до 4000 Гц (желательно в полосе от 100 до 8000 Гц).

В настоящее время эталонная точка рта (MRT) определена как точка оси искусственного рта, расположенная на 25 мм от эквивалентного положения губ (см. Приложение А).

Требования к искусственному рту определяются Рекомендацией Р.51.

Примечание. – Однако показатели громкости на передаче, вычисленные на основе результатов измерений чувствительности при использовании искусственного рта, не всегда хорошо согласуются с показателями громкости, определенными субъективно при использовании реального рта. Эта тема продолжает изучаться в рамках Вопросов 8/XII и 12/XII.

В принципе искусственный рот, определенный в Рекомендации Р.50, должен использоваться в качестве акустического испытательного сигнала. Однако для стационарных устройств могут успешно использоваться синусоидальные сигналы с определенными частотами. В качестве акустического испытательного сигнала могут также применяться некоторые другие сигналы с непрерывным спектром, например розовый шум или гауссов шум, имеющий такой же долговременный спектр, как речь. При использовании соответствующих методов для измерений некоторых типов угольных микрофонов могут также использоваться синусоидальные сигналы (см. Приложение В).

5 Искусственное ухо

Искусственное ухо должно удовлетворять следующим требованиям:

a) акустическое сопротивление искусственного уха, нагруженного телефонными наушниками, должно воспроизводить акустическое сопротивление естественного уха при практических условиях использования микротелефонных трубок;

b) чувствительность искусственного уха определяется как чувствительность к давлению измерительного микрофона. Она должна быть постоянной в пределах ± 0,5 дБ в полосе частот 100–8000 Гц.

Эталонная точка уха (ERP) для человеческого уха определена в Приложении А. Точка, в которой слуховая раковина телефона прикладывается к искусственному уху, обычно будет отличаться от точки, в которой измеряется звуковое давление. Это одна из причин необходимости некоторой коррекции, когда эти результаты используются для расчета показателей громкости (см. § 3, выше).

6 Определение чувствительности на передаче системы LTS

Чувствительность на передаче местной телефонной системы (LTS) зависит от расположения микротелефонной трубки относительно эквивалентного положения губ искусственного рта. При этом следует использовать разговорное положение, определенное в Приложении А к Рекомендации Р.76. Обычно чувствительность на передаче является функцией частоты.

Чувствительность на передаче местной телефонной системы на определенной частоте или в узкой полосе частот выражается следующим образом:

$$S_{mJ} = 20 \log_{10} \frac{V_J}{\rho_m} \text{ дБ относительно 1 В/Па,}$$

где V_J – напряжение на нагрузочном сопротивлении 600 Ом, а ρ_m – звуковое давление в эталонной точке рта. Заметим, что давление ρ_m должно измеряться в отсутствие "неизвестной" микротелефонной трубки испытуемой системы.

6.1 *Измерение телефонных аппаратов с угольными микрофонами*

Имеется в виду, что настоящая Рекомендация должна применяться для измерений систем, содержащих угольные микрофоны, а также систем с неугольными микрофонами. При измерении систем LTS, содержащих линейные элементы, не имеет значения величина звукового давления, при котором производится измерение, если она известна и не вызывает перегрузки. Однако при наличии угольного микрофона в зависимости от величины звукового давления и характеристик используемого акустического сигнала будут получаться различные величины чувствительности. Для расчета показателя громкости на передаче указанные величины должны быть сведены к единственной величине на каждой частоте, а метод сведения должен учитывать характеристики человеческой речи. В настоящее время нет единого метода, который мог бы быть рекомендован для всеобщего использования. Проблема изучается в рамках Вопроса 8/XII [1]. Пока подходящий метод не определен, Администрации могут опираться на различные предложенные и оцениваемые методы, указанные в Приложении В.

7 Определение чувствительности на приеме системы LTS

Обычно чувствительность на приеме является функцией частоты. Чувствительность на приеме местной телефонной системы (LTS) на определенной частоте или в узкой полосе частот, измеренная непосредственно с использованием искусственного уха, соответствующего Рекомендации Р.51, выражается следующим образом:

$$S_{Je} = 20 \log_{10} \frac{\rho_e}{{}^1/_2 E_J} \text{ дБ относительно 1 Па/В,}$$

где ρ_e – звуковое давление в искусственном ухе, а ${}^1/_2 E_J$ – половина э.д.с. 600-омного источника.

Примечание. – Чувствительность на приеме, используемая для расчета громкости, определяется как

$$S_{JE} = S_{Je} - L_E ,$$

где L_E – коррекция, о которой говорилось в § 3, выше, а S_{JE} – чувствительность на приеме, полученная при использовании большого количества слушающих.

Дополнительные сведения по этому вопросу даны в Рекомендации P.79.

8 Определения чувствительности на местный эффект говорящего и слушающего системы LTS

Чувствительность на местный эффект говорящего (диктора) системы LTS является функцией чувствительностей на передаче и приеме телефонного аппарата; кроме того, она зависит также от ряда факторов, включая состояние местной абонентской линии, полное нагрузочное сопротивление на местной коммутационной станции и противоместной схемы телефонного аппарата.

Чувствительность на местный эффект, измеренная от искусственного рта до собственно телефона телефонного аппарата, выражается следующим образом:

$$S_{meST} = 20 \log_{10}\left(\frac{\rho_e}{\rho_m}\right) \text{ дБ},$$

где ρ_m – величина, определенная в § 6, а ρ_e – звуковое давление, развиваемое в искусственном ухе, когда микротелефонная трубка находится в положении ограничительного кольца показателя громкости (LRGP).

Чувствительность на местный эффект слушающего (аудитора), измеренная в диффузионном шумовом поле помещения, выражается следующим образом:

$$S_{RNST} = 20 \log_{10}\left(\frac{\rho_e}{\rho_{RN}}\right) \text{ дБ},$$

где ρ_e – звуковое давление, развиваемое в искусственном ухе, когда микротелефонная трубка находится в положении LRGP перед невозбужденным искусственным ртом; ρ_{RN} – диффузионное шумовое звуковое давление помещения, измеренное в эталонной точке рта (MRP) при отсутствии препятствий (например, головы испытателя, микротелефонной трубки и т. д.).

9 Методы определения чувствительности S_{mJ}, S_{Je}, S_{meST}, S_{RNST} и Δ_{SM}

При необходимости определения чувствительности на передаче, на приеме и местного эффекта реальных местных телефонных систем могут быть выполнены измерения в соответствии с приведенными выше в §§ 6, 7 и 8 определениями и рисунками 1/P.64, 2/P.64, 3/P.64, 4/P.64 и 5/P.64. Эти методы успешно используются лабораторией МККТТ и другими организациями.

Для измерения характеристик нелинейных систем LTS с применением быстрого преобразования Фурье (FFT) должны быть определены принципы измерений, использующие, например, соотношение среднеквадратических переменных или кросспектральный (когерентный) метод.

Более подробно это описано в разделе 3 *Руководства по телефонометрии* [2].

На рис. 1/P.64 показана измерительная схема, позволяющая устанавливать звуковое давление ρ_m в эталонной точке рта на каждой измерительной частоте или в полосе частот. Рекомендуется осуществить коррекцию схемы возбуждения искусственного рта для поддержания звукового давления свободного поля в точке MRP постоянным в пределах ± 1 дБ в полосе частот от 100 до 8000 Гц; неравномерность давления не должна превышать ± 2 дБ в полосе частот от 200 до 4000 Гц и +2/–5 дБ в полосе частот от 100 до 8000 Гц. При определении чувствительности на передаче или местного эффекта местной телефонной системы должны учитываться любые отклонения от желательного уровня звукового давления, особенно если их величина превышает ± 1 дБ.

Величина ρ_m = –4,7 дБПа рекомендована для любого измерительного сигнала (см. примечание 2 к Приложению B).

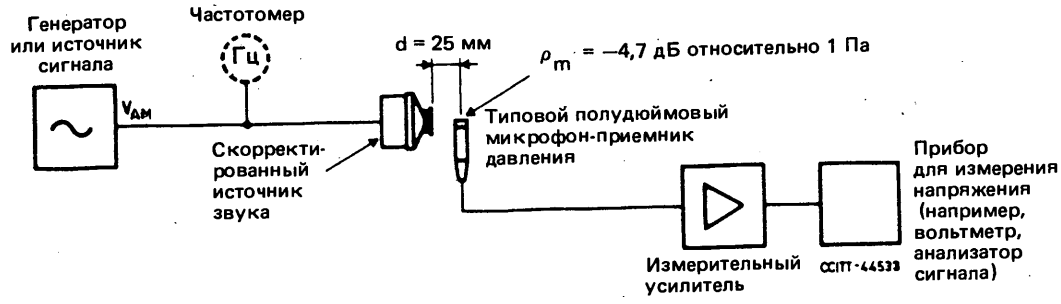


РИСУНОК 1/P.64

Измерение акустического давления ρ_m в эталонной точке рта на расстоянии 25 мм перед плоскостью искусственных губ источника звука

На рис. 2/P.64 представлена схема измерения напряжения на выходе местной телефонной системы, когда микротелефонная трубка установлена в соответствующем положении перед искусственным ртом, а искусственный рот возбужден так же, как при определении звукового давления ρ_m при отсутствии испытуемой микротелефонной трубки (см. рис. 1/P.64).

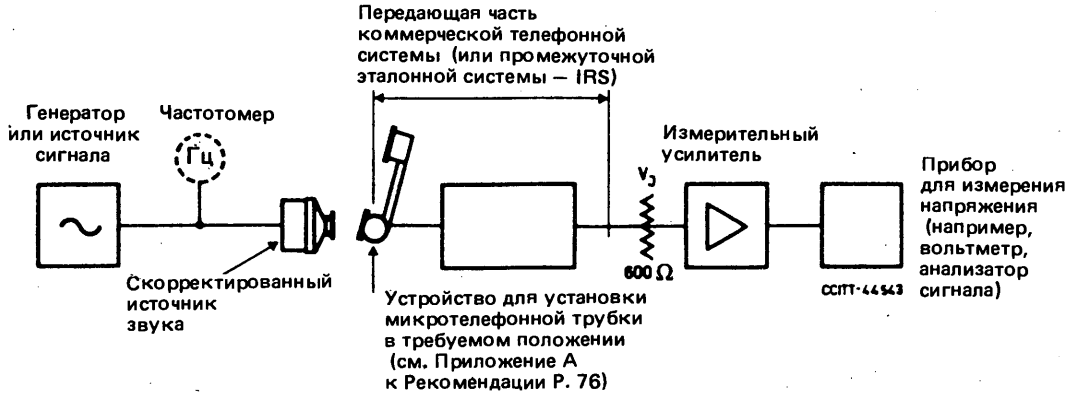


РИСУНОК 2/P.64

Напряжение V_J, измеренное на активном сопротивлении 600 Ом, включенном на выходе измеряемой передающей системы

На рис. 3/P.64 показана схема измерения звукового давления ρ_e в искусственном ухе при подключении местной телефонной системы к источнику с эдс E_J и внутренним сопротивлением 600 Ом. Следует отметить, что S_{Je} определено относительно $^1/_2\ E_J$, а не относительно разности потенциалов на входных зажимах местной телефонной системы; эта разность потенциалов будет, конечно, отличаться от $^1/_2\ E_J$, если входное сопротивление местной телефонной системы не равно 600 Ом. Должны быть приняты меры по обеспечению отсутствия потерь (акустической утечки) между ушной раковиной испытуемой приемной системы и искусственным ухом. Обычно рекомендуется E_J = – 12 дБВ.

Примечание. – Некоторые приемные системы содержат электронные схемы для выполнения специальных функций, например компрессии для ограничения уровня принятого звукового сигнала. При измерениях таких систем для обеспечения корректного определения чувствительности должны быть приняты особые меры предосторожности. В некоторых случаях может оказаться необходимым определить чувствительность на приеме для диапазона входных уровней.

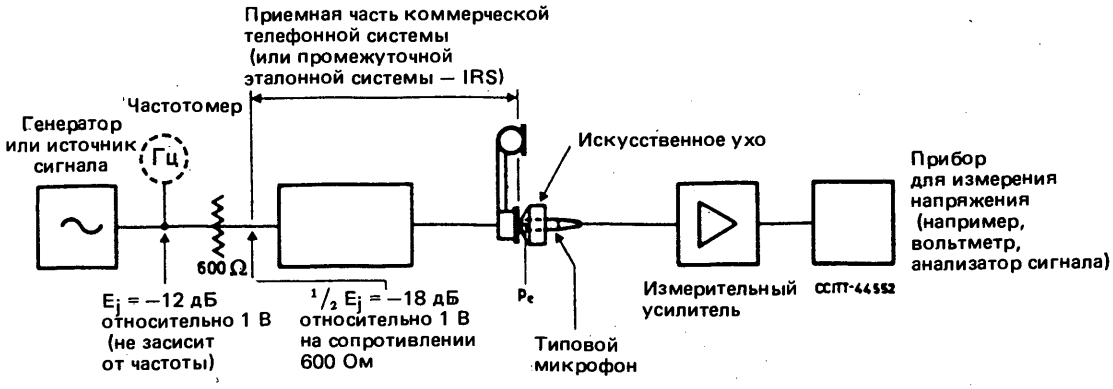


РИСУНОК 3/P.64

Измерение акустического давления p_e в искусственном ухе, развиваемого испытуемой приемной системой

На рис. 4/P.64 показана схема измерения чувствительности местного эффекта. Результирующая величина S_{meST} очень зависит от нагрузки телефонного аппарата и, следовательно, при коротких абонентских линиях – от нагрузки коммутационной станции. Величина 600 Ом дана только в качестве примера; на практике это сопротивление часто значительно отличается от 600 Ом, особенно для полного соединения.

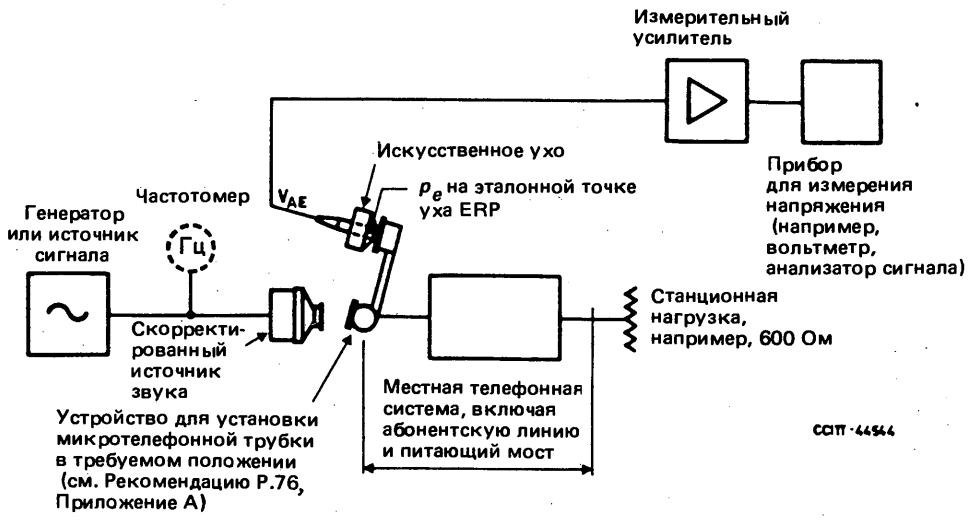
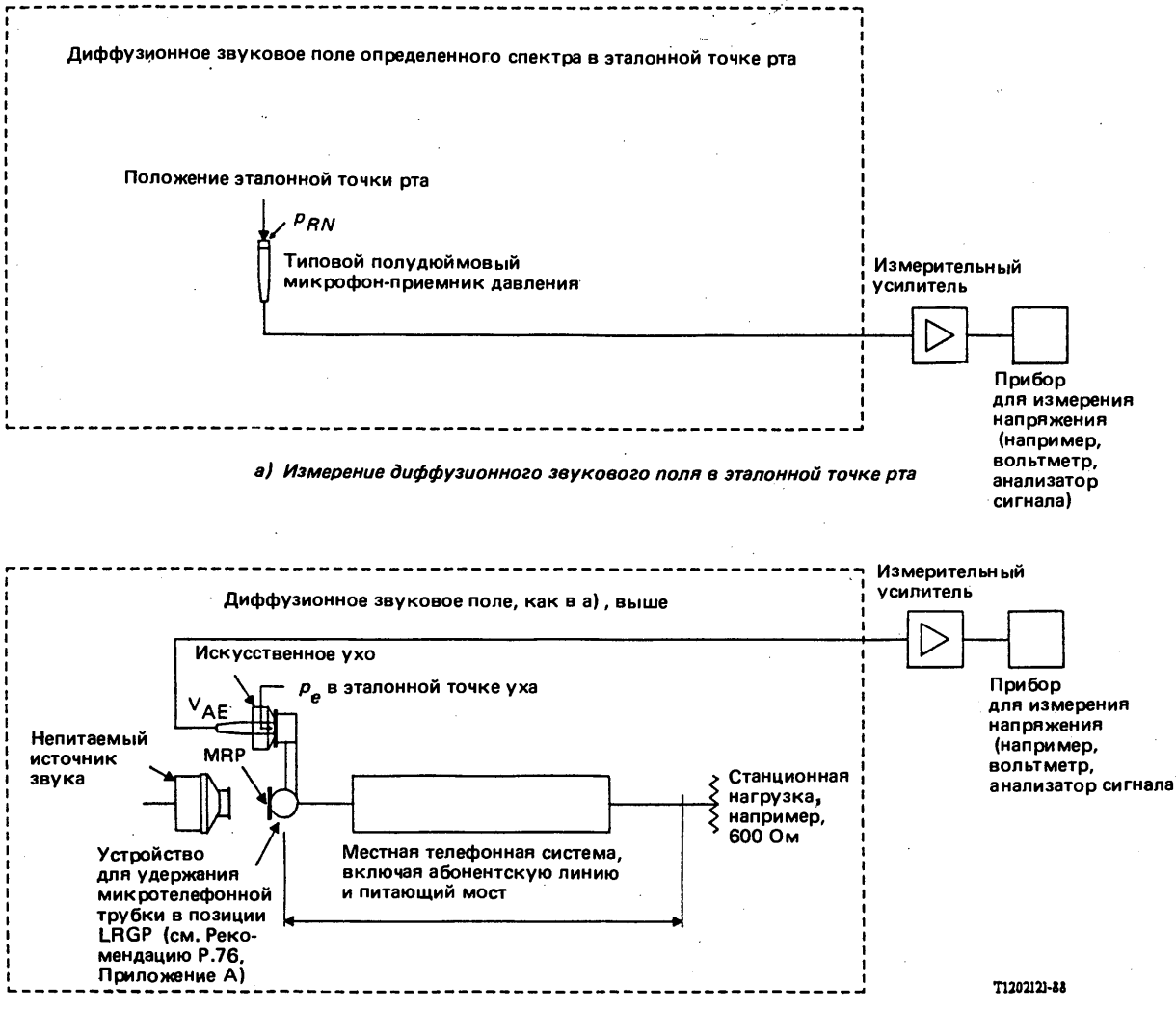


РИСУНОК 4/P.64

Измерение чувствительности местного эффекта коммерческой телефонной системы путем определения звукового давления p_e в искусственном ухе при данном звуковом сигнале в точке MRP

Определение чувствительности местного эффекта шума помещения S_{RNST} иллюстрируется на рис. 5/P.64. Синусоидальные сигналы для этого измерения непригодны, и необходимо использовать звуки с непрерывным спектром, имеющие, например, спектр Хота или спектр розового шума (см. § B.3). Сначала определяется величина диффузионного поля p_{RN}, а затем измеряется звуковое давление в искусственном ухе.



a) Измерение диффузионного звукового поля в эталонной точке рта

b) Измерение p_e в искусственном ухе за счет диффузионного звукового поля p_{RN}, слышимого через тракт местного эффекта телефона

РИСУНОК 5/P.64

При использовании указанного метода звуковое давление, развиваемое в искусственном ухе, обычно получается очень низким. Другой способ определения S_{RNST} заключается в измерении чувствительности на передаче S_{mJ} с использованием искусственного рта и одного из описанных в Приложении B методов, основанного на применении сигнала с непрерывным спектром (например, §§ B.3, B.4), и последующем измерении чувствительности на передаче к шуму помещения $S_{mJ/RN}$; при этом используется метод диффузионного поля, аналогичный описанному ранее методу определения чувствительности местного эффекта шума помещения. (Подробное описание этого метода дано в Руководстве по телефонометрии).

По определению Δ_{SM} представляет собой:

$$\Delta_{SM} = S_{MJ/RN} - S_{MJ},$$

где S_{MJ} – чувствительность к реальному голосу.

Однако для всех практических целей применения искусственного рта можно считать, что Δ_{SM} равно Δ_{Sm}:

$$\Delta_{Sm} = S_{mJ/RN} - S_{mJ},$$

поэтому S_{RNST} может быть приближенно определено так:

$$S_{RNST} \simeq S_{meST} + \Delta_{Sm}.$$

Примечание 1. – Объяснение того, как Δ_{Sm} может использоваться в определении показателя местного эффекта слушающего (LSTR) на основе показателя маскирования местного эффекта (STMR), дано в Рекомендациях P.76, P.79 и G.111.

Примечание 2. – Во многих случаях, особенно для угольных микрофонов, величина Δ_{Sm}, а следовательно, и S_{RNST} является функцией уровня P_{RN}. Рекомендуется, чтобы в этих случаях вместе с величиной Δ_{Sm} указывался уровень P_{RN}. Типовая величина уровня P_{RN} должна находиться в пределах 40–65 дБА (см. Руководство по телефонометрии, § 3.3).

Примечание 3. – При определении как S_{mJ}, так и $S_{mJ/RN}$ должны использоваться одинаковые методы, например широкополосные сигналы, измеряемые в третьоктавных полосах частот.

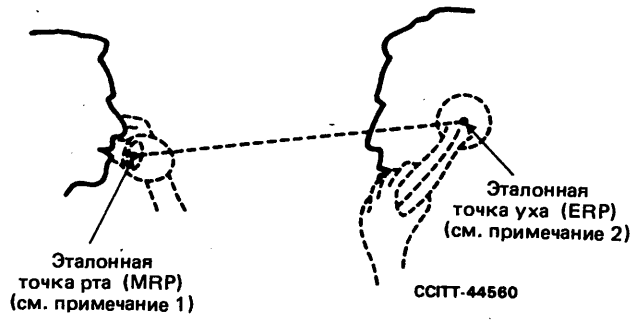
Примечание 4. – Можно считать, что приближенные формулы для S_{RNST} пригодны для линейных систем.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(к Рекомендации P.64)

Определения эталонной точки рта и эталонной точки уха

Определения эталонной точки рта (MRP) и эталонной точки уха (ERP) иллюстрируется на рис. A-1/P.64.



Примечание 1. – Эталонная точка рта находится на расстоянии 25 мм перед губами на горизонтальной оси, проходящей через центр отверстия рта. Она определяется при отсутствии какого-либо препятствия.

Примечание 2. – Эталонная точка уха находится на входе в слуховой канал уха слушающего. Она определяется как центр передней плоскости дуговой впадины слуховой раковины телефона, когда он приложен к уху.

Примечание 3. – Эталонную точку уха нельзя смешивать с эталонной точкой слуховой раковины (ECRP), являющейся эталонной плоскостью собственно телефона, используемой в качестве эталонного параметра микротелефонной трубки (см. Рекомендацию P.10).

РИСУНОК A-1/P.64

Определения эталонных точек рта и уха

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(к Рекомендации Р.64)

Измерение местных телефонных систем, содержащих угольные микрофоны

Для измерения местных телефонных систем, содержащих угольные микрофоны, были предложены и испытаны различные методы. Некоторые из этих методов в качестве примера приведены ниже. Эти же методы могут быть также применены к телефонам, использующим линейные микрофоны.

При измерениях угольные микрофоны должны подвергаться соответствующей предварительной подготовке через определенные интервалы времени (см. Рекомендацию Р.75).

Дополнительную информацию можно найти в [3].

Примечание 1. – Отдача используемого искусственного рта обычно непостоянна с частотой, поэтому для большинства описываемых ниже методов необходимо вводить соответствующие корректирующие схемы между генератором электрического сигнала и громкоговорителем искусственного рта. Сложному сигналу или определенному искусственному голосу должен соответствовать акустический сигнал свободного поля.

Примечание 2. – Установлено, что для некоторых видов применения может оказаться целесообразным использовать уровни речи, отличающиеся от рекомендованной ниже величины –4,7 дБПа. Это должно делаться только с соответствующими предосторожностями в каждом конкретном случае. Выполненные в течение Исследовательского периода 1985–1988 гг. исследования показали, что лучшее согласование с результатами субъективных испытаний получается при более низких уровнях, например при уровнях в диапазоне от –4,7 до –7,0 дБПа.

В.1 *Метод верхней огибающей* успешно использовался в лаборатории МККТТ для одних типов угольных микрофонов и менее успешно для других. Метод верхней огибающей предусматривает выполнение следующих операций:

a) определить чувствительность как функцию частоты при уровне звукового давления –4,7 дБ относительно 1 Па. Это несколько превышает среднюю мощность активной речи говорящего при субъективных измерениях показателей громкости, описанных в Рекомендации Р.78;

b) повторить измерения по пункту a) при повышении уровня звукового давления на 10 дБ;

c) повторить измерения по пункту a) при понижении уровня звукового давления на 10 дБ;

d) выбрать из полученных в пунктах a), b) и c) величин максимальную чувствительность на каждой частоте.

В.2 *Метод качающейся частоты*

В некоторых существующих приборах для объективного измерения показателей, относящихся к громкости, используется качающаяся частота, охватывающая полосу частот от 200 до 4000 и до 200 Гц с периодичностью одного пробега всех частот за секунду; мгновенный уровень в любой узкой полосе частот изменяется как функция частоты приблизительно в соответствии со спектром речи человеческого голоса.

Этот метод не должен использоваться для определения Δ_{SM}.

В.3 *Метод розового шума*

Микротелефонная трубка с угольным микрофоном помещается перед искусственным ртом, генерирующим в точке MRP розовый шум (плотность спектра мощности уменьшается на 3 дБ на октаву) в пределах нескольких третьоктавных полос частот; средние частоты этих полос являются частотами, определенными в стандарте ISO 266-1975 и расположенными через интервалы в $^1/_3$ октавы в полосе частот от 100 до 8000 Гц; края этих полос частот соответствуют фильтрам, описанным в Публикации МЭК 225.

Суммарный уровень сигнала, измеренный в той же полосе частот, должен быть равен –4,7 дБПа с допуском ±1,0 дБ.

Примечание. – На практике это может подходить не ко всем типам искусственного рта. Для некоторых типов искусственного рта может использоваться более узкая полоса частот от 200 до 8000 Гц.

Частотная характеристика чувствительности получается путем определения отношения плотности спектра сигнала, переданного телефонной системой, к плотности спектра сигнала, полученной с помощью небольшого линейного микрофона, помещенного в точке MRP в условиях свободного поля (после удаления микротелефонной трубки).

B.4 *Метод сформированного гауссова шума*

Метод предусматривает использование в точке MRP сформированного гауссова шума, плотность долговременного среднего спектра которого одинакова с указанной в таблице 1/P.50. Суммарный уровень сигнала должен быть равен –4,7 дБПа ±1 дБ.

Частотная характеристика чувствительности получается способом, изложенным в § B.3.

B.5 *Калибровка реальным голосом*

Такая калибровка может быть выполнена путем измерений спектров речи, получаемых попеременно или одновременно от испытуемого угольного микрофона и калиброванного линейного микрофона. В испытуемый телефон может быть вмонтирован очень маленький линейный микрофон. Естественно, наиболее полные результаты будут получены при проведении телефонного разговора, но при этом трудно получить надежные сведения о частотной характеристике чувствительности линейного микрофона. Обычно для калибровки линейного микрофона необходимо полагаться на подходящий искусственный рот.

B.6 *Применение широкополосного сигнала*

Широкополосный сигнал генерируется с помощью псевдослучайной двоичной последовательности с дальнейшей коррекцией сигнала для получения плоской характеристики плотности долговременного среднего спектра или спектра, определенного в Рекомендации P.50. Затем выходной сигнал угольного микрофона обрабатывается методом быстрого преобразования Фурье (FFT). Этот метод, как и предыдущий, для определения величины ρ_m требует калибровки линейным микрофоном с известной частотной характеристикой чувствительности. Преимущество этого метода заключается в том, что частотная характеристика может быть получена с помощью дискрета испытуемого сигнала с очень малой длительностью (например, 50 мс).

B.7 *Метод с использованием искусственного голоса*

Метод предусматривает использование искусственного голоса, имеющего спектральные и временные характеристики, аналогичные таким же характеристикам речи.

Частотная характеристика чувствительности получается способом, изложенным в § B.3, выше. Однако в этом случае искусственный рот дополняется акустическим искусственным голосом, определенным в Рекомендации P. 50.

Библиография

[1] МККТТ, Вопрос 8/XII, Вклад ИК XII-№ 1, Исследовательский период 1989–1992 гг.

[2] МККТТ, *Руководство по телефонометрии*, МСЭ, Женева, 1987 г.

[3] МККТТ, Вклад ИК XII-R27, § B.2, Исследовательский период 1985–1988 гг.

Рекомендация P.65

ПРИБОРЫ ДЛЯ ОБЪЕКТИВНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГРОМКОСТИ

(Малага-Торремолинос, 1984 г.; изменена в Мельбурне, 1988 г.)

1 Введение

В настоящей Рекомендации описываются основные характеристики приборов для объективного определения показателей громкости. Эти характеристики взяты из существующих Рекомендаций, относящихся к показателям громкости, основные параметры которых определены в Рекомендации P. 76.

Приборы для объективных измерений показателей громкости могут быть реализованы различными способами, например путем объединения ряда отдельных приборов, каждый из которых выполняет свою определенную функцию, в единый комплекс, возможно, управляемый центральным устройством, или путем применения специально разработанной для этой цели аппаратуры. Для обеспечения приемлемого уровня совпадения (скажем ± 1 дБ) результатов измерений показателя громкости, полученных в различных лабораториях, важно, чтобы выполнялись Рекомендации, относящиеся к измерениям электроакустических показателей телефонных систем.

Относящимися к этой теме Рекомендациями являются:

P.48 Описание промежуточной эталонной системы;

P.51 Искусственное ухо и искусственный рот;

P.64 Определение частотных характеристик чувствительности местных телефонных систем для расчета показателей громкости;

P.75 Стандартный метод предварительной подготовки угольных микрофонов;

P.76 Определение показателей громкости; основные принципы;

P.79 Расчет показателей громкости[1].

2 Оснащение приборами

Ниже описываются четыре электроакустические составные части аппаратуры, предназначенной для определения показателей громкости. В каждом случае необходима соответствующая калибровка как функция частоты, и результаты калибровки записываются в пятую составную часть, осуществляющую вывод конкретной частотной характеристики чувствительности и вычисление показателя громкости. Если такая установка должна обеспечивать измерение показателя местного эффекта слушающего (LSTR), то следует предусматривать шестую составную часть – источник диффузионного шума помещения вместе с необходимыми средствами калибровки, измерений и анализа в третьоктавных полосах частот.

Необходимы также некоторые вспомогательные устройства, такие, как цепи питания, эквивалент абонентского кабеля и нагрузки коммутационных станций в соответствии с требованиями конкретной Рекомендации (Рекомендаций), которую (которые) следует выполнять при данном измерении.

2.1 *Искусственное ухо*

См. часть *a*) рис. 1/P.65.

Искусственное ухо в системе должно соответствовать Рекомендации P.51 и содержать измерительный усилитель, необходимый для измерения ρ_e в полости искусственного уха как функции частоты или в полосах частот в системе записи и измерений, часть *e*) рис. 1/P.65. Для калибровки стандартного микрофона, применяемого в искусственном ухе, должны быть также предусмотрены устройства, использующие, например, акустический калибратор или пистофон.

2.2 *Искусственный голос*

См. часть *b*) рис. 1/P.65.

Искусственный рот, соответствующий Рекомендации P.51, должен входить в такую систему и быть способным создавать предписанное звуковое поле в точке MRP на расстоянии 25 мм перед плоскостью губ. Источник сигнала должен являться частью искусственного голоса и генерировать синусоидальный сигнал (с качающейся частотой или дискретными частотами) или широкополосный сигнал (например, искусственный голос, определенный в Рекомендации P.50, или сформированный гауссов шум, согласно § B.4 Рекомендации P.64). В систему возбуждения искусственного рта должны входить корректор и регулятор усиления, с тем чтобы в точке MRP звуковое давление могло быть отрегулировано в соответствии с требованиями §§ B.1 и B.4 Рекомендации P.64 или по потребности.

Калибровка звукового давления и/или спектра в точке MRP может осуществляться с помощью стандартного микрофона, используемого в искусственном ухе согласно § 2.1; для определения ρ_m как функции частоты или в полосах частот можно воспользоваться системой записи и измерений, описанной в § 2.5, ниже.

Механические устройства должны обеспечивать удержание испытуемой микротелефонной трубки в положении ограничительного кольца показателя громкости (LRGP) в соответствии с требованиями Приложения A к Рекомендации P.76. При испытаниях микротелефонных трубок с угольными микрофонами должна обеспечиваться предварительная подготовка в соответствии с Рекомендацией P.75.

2.3 *Электрическое окончание*

См. часть *c*) рис. 1/P.65.

Система должна содержать симметричное нагрузочное сопротивление 600 Ом с устройствами для измерения напряжения на нагрузке, V_l (см. §§ 6 и 9 Рекомендации P.64), как функции частоты или в полосах частот с использованием системы записи и измерений (см. § 2.5, ниже). Калибровка этой части аппаратуры может быть осуществлена с помощью калиброванного источника напряжения.

---

[1] Другие алгоритмы изучаются Исследовательской комиссией XII в рамках Вопроса 15/XII.

2.4 *Источник электрического сигнала*

См. часть *d*) рис. 1/P.65.

Источник электрического сигнала должен иметь симметричное выходное сопротивление 600 Ом. Электрический источник не обязательно должен быть таким же, как для искусственного голоса, но он должен генерировать синусоидальный или широкополосный сигнал. Должны быть предусмотрены устройства для калибровки и подстройки напряжения генератора, E_J, по требованиям §§ 7 и 9 Рекомендации P.64 в полосе частот 100–8000 Гц. Это может выполняться путем калибровки электрического окончания согласно § 2.3, выше.

2.5 *Система записи и измерений*

См. часть *e*) рис. 1/P.65.

Для определения звукового давления ρ_e на искусственном ухе или напряжения V_J на электрическом окончании необходимо предусмотреть систему записи и измерений. Эта измерительная система на базе аппаратных и программных средств может содержать фильтры для улучшения отношения сигнал – шум или для анализа выходного сигнала телефонного аппарата в третьоктавных полосах частот. При использовании группы третьоктавных фильтров их середины должны размещаться на рекомендованных стандартом ISO 266 частотах и иметь характеристики в соответствии с Публикацией МЭК 225.

Эта часть системы должна содержать устройство записи и запоминания, с тем чтобы данные калибровки и измерений можно было использовать для получения необходимой частотной характеристики чувствительности в соответствии с Рекомендацией P.64. Затем на основе частотной характеристики чувствительности в соответствии с Рекомендацией P.79 рассчитываются различные показатели громкости с учетом соответствующих стандартных поправок, например L_E или L_M. В качестве поправок L_E и L_M могут быть использованы некоторые стандартные величины (например, для L_E эти величины приведены в таблице 4/P.79). Такие величины можно брать и из других более подходящих источников данных, если таковые имеются.

2.6 *Источник диффузионного шума помещения*

См. часть *f*) рис. 1/P.65.

Если должен измеряться показатель местного эффекта слушающего (LSTR), то необходим калиброванный источник диффузионного шума помещения для обеспечения заданного звукового поля в месте размещения точки MRP, но при отсутствии в качестве препятствия головы испытателя и других препятствий, как указывается в § 9 Рекомендации P.64. Калибровка диффузионного звукового давления ρ_{RN} может быть осуществлена с помощью стандартного микрофона, применяемого в искусственном ухе по § 2.1, а для определения частотной зависимости ρ_{RN} в полосах частот может использоваться система записи и измерений по § 2.5.

Учитывая природу местного эффекта шума помещения, обычно можно использовать диффузионное звуковое давление ρ_{RN} значительно ниже величины –4,7 дБПа, которая принята при определении показателей STMR и SLR. Типовые величины ρ_{RN} должны находиться в диапазоне 40–65 дБ SPL (от –54 до –29 дБПа, взвешенное А), и его частотный спектр должен соответствовать конкретным применениям (см., например, § 2 Дополнения № 13). Результаты испытаний должны всегда содержать сведения о типе и уровне шума.

3 Измерения

Должны быть предусмотрены устройства, позволяющие осуществлять соединение различных составных частей так, чтобы обеспечивалось измерение необходимых частотных характеристик чувствительности и вычисление показателей громкости.

Ниже приводится краткий перечень этих взаимосоединений и частотных характеристик чувствительности (SFC), измеряемых при определении конкретных показателей громкости.

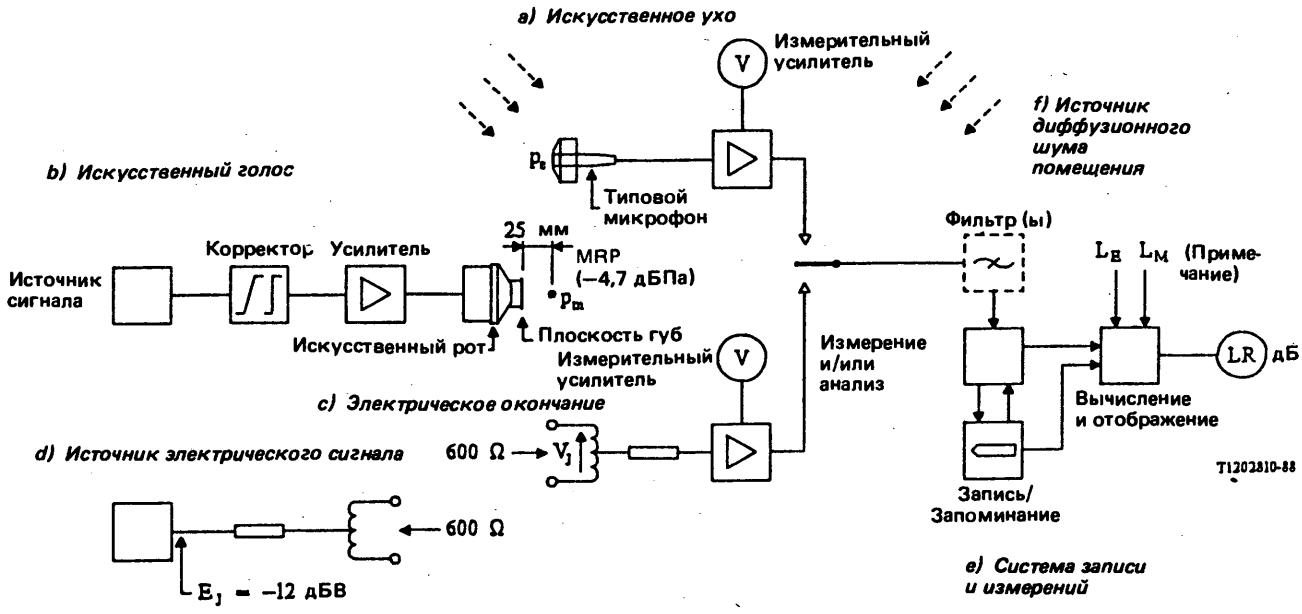
3.1 *Показатель громкости передачи (SLR)*

Источник: *b*) рис. 1/P. 65

Нагрузка: *c*) рис. 1/P.65

Характеристика SFC передачи определяется выражением:

$$S_{mJ} = 20 \log_{10} \frac{V_J}{\rho_m} \text{ дБ.}$$



Примечание. – Предполагается, что коррекции искусственного рта L_M равны нулю, но в настоящее время это изучается в рамках Вопроса 8/XII.

РИСУНОК 1/P.65

Основные составные части измерительной системы для определения показателей громкости

3.2 *Показатель громкости приема (RLR)*

Источник: *d*) рис. 1/P.65

Нагрузка: *a*) рис. 1/P.65

Характеристика SFC приема определяется выражением:

$$S_{Je} = 20 \log_{10} \frac{\rho_e}{{}^1/_2 E_J} \text{ дБ.}$$

3.3 *Показатель маскирования местного эффекта (STMR) (местный эффект говорящего)*

Источник: *b*) рис. 1/P.65

Нагрузка: *a*) рис. 1/P.65

Характеристика SFC местного эффекта определяется выражением:

$$S_{meST} = 20 \log_{10} \frac{\rho_e}{\rho_m} \text{ дБ.}$$

Примечание. – Величина L_{meST}, используемая при расчете показателя STMR, определяется выражением:

$$L_{meST} = -S_{meST} \text{ дБ.}$$

3.4 *Показатель местного эффекта слушающего (LSTR)*

Источник: *f*) рис. 1/P.65

Нагрузка: *a*) рис. 1/P.65

Характеристика SFC местного эффекта шума помещения определяется выражением:

$$S_{RNST} = 20 \log_{10} \frac{\rho_e}{\rho_{RN}} \text{ дБ.}$$

3.5 *Общий показатель громкости (OLR) (суммарная передача + прием (OSR))*

Источник: *b*) рис. 1/P.65

Нагрузка: *a*) рис. 1/P.65

Суммарная характеристика SFC определяется выражением:

$$S_{me} = 20 \log_{10} \frac{\rho_e}{\rho_m} \text{ дБ.}$$

3.6 *Показатель громкости соединительной линии (JLR)*

Источник: *d*) рис. 1/P.65

Нагрузка: *c*) рис. 1/P.65

Частотная характеристика затухания соединительной линии определяется выражением:

$$X_{JJ} = 20 \log_{10} \frac{{}^1/_2 E_J}{V_J} \text{ дБ.}$$

Примечание. – Сопротивления окончаний предполагаются равными 600 Ом.

Рекомендация P.66

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ ЦИФРОВЫХ ТЕЛЕФОННЫХ АППАРАТОВ[1)]

1 Введение

МККТТ рекомендует следующий метод оценки качества передачи речи цифрового телефонного аппарата, использующего кодирование в соответствии с Рекомендацией G.711 (см. также Рекомендацию P.31). Цифровой телефонный аппарат – это аппарат с встроенными в него аналого-цифровым и цифро-аналоговым преобразователями, подключаемый к сети с помощью цифрового канала. Это ставит коренную проблему применения существующих характеристик и методов измерений, предусмотренных Рекомендациями P.64, P.34 и P.38, поскольку они обычно даны в виде передаточной функции, связывающей аналоговые выходные и входные величины (например, в виде частотной характеристики). Изложенные в настоящей Рекомендации принципы применимы к телефонным аппаратам с микротелефонной трубкой, к аппаратам с головным телефоном и к громкоговорящим аппаратам; однако в настоящее время разработаны процедуры, применимые только к телефонным аппаратам с микротелефонной трубкой.

2 Методы испытаний цифровых телефонов

Для оценки качества передачи цифрового телефона существуют два метода – метод кодека и непосредственный метод.

В настоящее время предпочтение отдается методу кодека, поскольку многие Администрации уже имеют некоторый опыт использования этого метода (см. Рекомендацию O.133).

1) Спецификации в настоящей Рекомендации являются предметом дальнейшего развития и поэтому считаются предварительными.

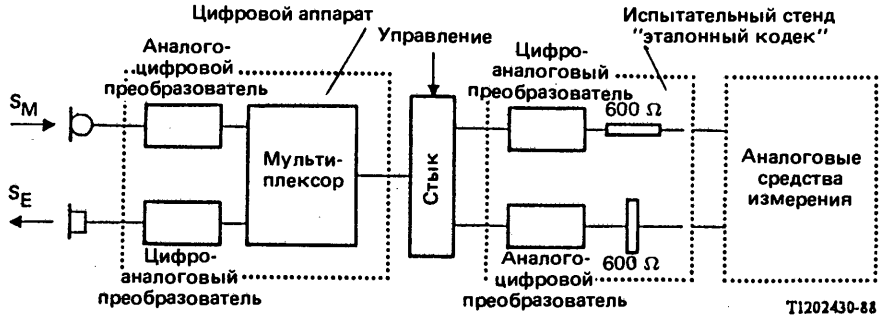


РИСУНОК 1/P.66

Установка для испытания цифрового телефона (метод кодека)

2.1 *Метод кодека*

В этом методе, показанном на рис. 1/P.66, кодек применяется для преобразования компандированного цифрового входного/выходного сигнала телефонного аппарата в эквивалентные аналоговые величины, с тем чтобы можно было использовать существующие методы измерений и приборы. Этот кодек должен быть высококачественным, его характеристики должны максимально приближаться к идеальным (см. § 5).

2.2 *Метод непосредственной цифровой обработки*

В этом методе, показанном на рис. 2/P.66, компандированный цифровой входной/выходной сигнал телефонного аппарата обрабатывается непосредственно.

Примечание. – Этот метод продолжает изучаться в рамках Вопроса 38/XII.

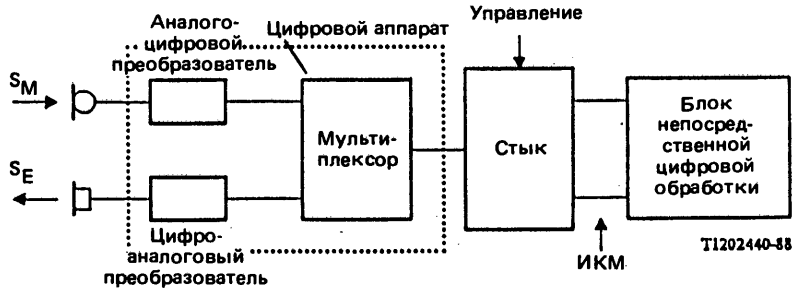


РИСУНОК 2/P.66

Установка для испытания цифрового телефона (метод непосредственной цифровой обработки)

3 Определение эталонной точки 0 дБ

Чтобы сохранить совместимость с существующими кодеками, уже используемыми в местных цифровых коммутационных станциях, в которых точка коммутации определена как точка 0 дБо, кодек (закона A или μ) должен быть определен так:

- цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП): цифровая измерительная последовательность (DTS), представляющая ИКМ эквивалент аналогового синусоидального сигнала, среднеквадратическая величина которого на 3,14 дБ (закон A) или 3,17 дБ (закон μ) ниже максимальной пропускной способности кодека по загрузке, будет генерировать сигнал с уровнем 0 дБм на нагрузке 600 Ом;

- аналого-цифровой преобразователь (АЦП): сигнал с уровнем 0 дБм от источника с сопротивлением 600 Ом преобразуется в цифровую измерительную последовательность, представляющую ИКМ эквивалент аналогового синусоидального сигнала, среднеквадратическая величина которого на 3,14 дБ (закон A) или 3,17 дБ (закон μ) ниже максимальной пропускной способности кодека по загрузке;

в указанных случаях последовательность DTS определяется как периодическая последовательность кодовых сигналов, приведенных в таблицах 5/G.711 и 6/G.711.

4 Определение стыков

Цифровая телефонная измерительная аппаратура будет, как правило, подключаться к испытуемому телефону через стык.

Такой стык должен обеспечить все сигнальные и контрольные последовательности, необходимые для работы телефонного аппарата во всех измерительных режимах. Стык должен быть способным преобразовывать цифровой выходной сигнал измеряемого аппарата (который может быть в разных форматах в зависимости от конкретного типа телефонного аппарата, например, соответствующего Рекомендации I.412 для аппаратов ЦСИС) в форму, совместимую с измерительной аппаратурой. Стыки могут относиться отдельно к передаче и приему с учетом телефонных аппаратов, которые подключаются к коммутационным станциям различных типов.

5 Спецификация кодека

5.1 *Идеальный кодек*

Идеальный кодек состоит из независимых кодера и декодера, характеристики которых являются гипотетическими и соответствуют Рекомендации G.711. Идеальный кодер есть высокоточный аналого-цифровой преобразователь с включенным на его входе идеальным фильтром нижних частот (не имеющим, по предположению, амплитудно-частотных искажений и искажений огибающей времени задержки), который может быть имитирован с помощью цифрового процессора[2]. Идеальный декодер есть высокоточный цифро-аналоговый преобразователь с включенным на его выходе идеальным фильтром нижних частот (не имеющим, по предположению, амплитудно-частотных искажений и искажений огибающей времени задержки), который может быть имитирован цифровым процессором[2].

Для измерения передающей части телефонного аппарата выходной цифровой сигнал преобразуется декодером в аналоговый сигнал. Электрические характеристики этого выходного сигнала измеряются с помощью обычных аналоговых приборов. Для измерения приемной части телефонного аппарата аналоговый выход источника сигнала преобразуется в цифровой сигнал с помощью идеального кодера и подается на приемный вход цифрового телефонного аппарата.

5.2 *Эталонный кодек*

Практическая реализация идеального кодека может быть названа эталонным кодеком (см. § 4 Рекомендации O.133).

Такие характеристики эталонного кодека, как амплитудно-частотные искажения, шум незанятого канала, искажения квантования и т. д., должны быть лучше требуемых по Рекомендации G.714, с тем чтобы не маскировать соответствующие параметры измеряемого аппарата. Подходящий эталонный кодек может быть реализован путем использования:

1) по крайней мере 14-битных линейных аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразователей высокого качества и перекодирования выходного сигнала в ИКМ формат закона А или закона μ;

2) характеристики фильтра, удовлетворяющей требованиям рис. 3/P.66.

5.2.1 *Аналоговый стык*

Затухание отражения входного и выходного сопротивлений и затухание продольного преобразования аналогового стыка эталонного кодека должны соответствовать § 3.1.1 Рекомендации O.133.

5.2.2 *Цифровой стык*

Основные требования к цифровому стыку эталонного кодека приведены в соответствующих Рекомендациях (например, Рекомендации серии I.430 для телефонных аппаратов ЦСИС).

6 Измерение характеристик передачи цифрового телефона

Использование измерительного метода с кодеком означает, что процессы измерений цифровых телефонных аппаратов, в общем, аналогичны этим процессам для аналоговых аппаратов (см. Рекомендацию P. 64). Эталонный кодек должен удовлетворять требованиям § 5. Однако имеют место существенные отличия в части самих измерительных схем, см. рисунки 4/P.66–10/P.66.

Аппарат подключается к стыку и приводится в активное разговорное состояние.

Примечание. – При измерении цифровых телефонных аппаратов рекомендуется избегать измерений субкратных значений частоты дискретизации. Чтобы исключить эту проблему, можно использовать допуск на эти частоты ±2%, за исключением частоты 4 кГц, для которой может использоваться допуск только –2 %.

---

[2] Эта характеристика может быть реализована, например, с использованием техники избыточной дискретизации и цифровых фильтров.

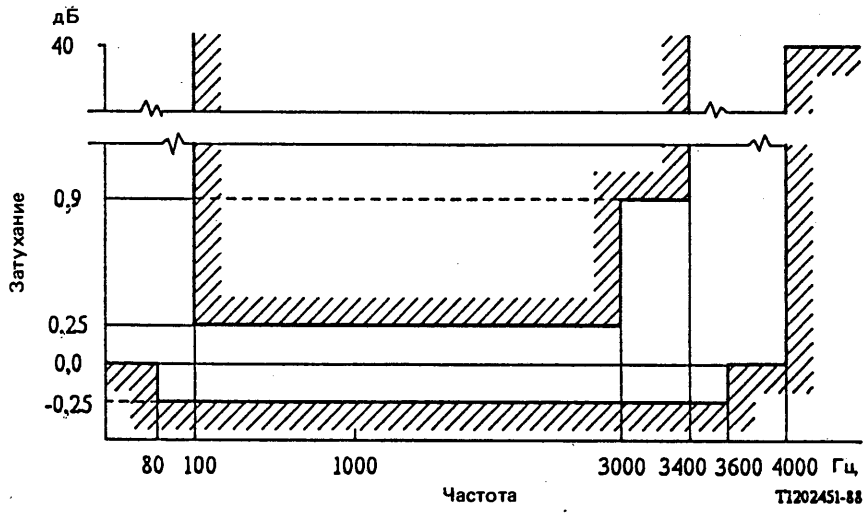


РИСУНОК 3/P.66

Амплитудно-частотные искажения передающей и приемной сторон эталонного кодека

6.1 *Передача*

6.1.1 *Частотная характеристика передачи*

Частотная характеристика передачи измеряется согласно Рекомендации P.64 с использованием измерительной установки, показанной на рисунках 4/P.66 или 5/P.55, в зависимости от используемого возбуждающего сигнала.

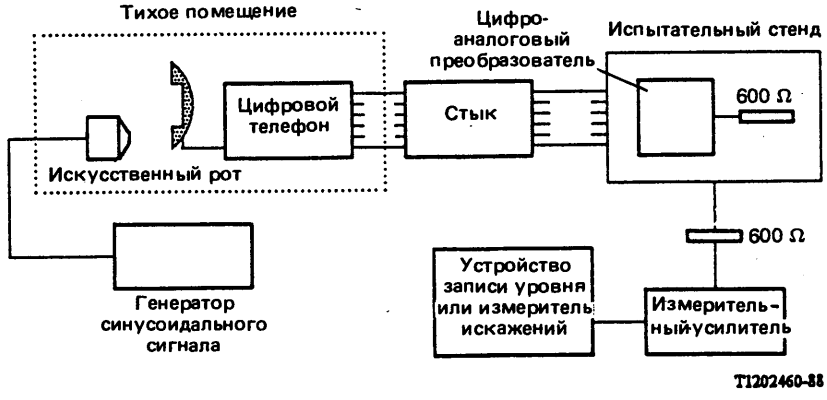


РИСУНОК 4/P.66

Измерение частотной характеристики передачи методом качающейся частоты

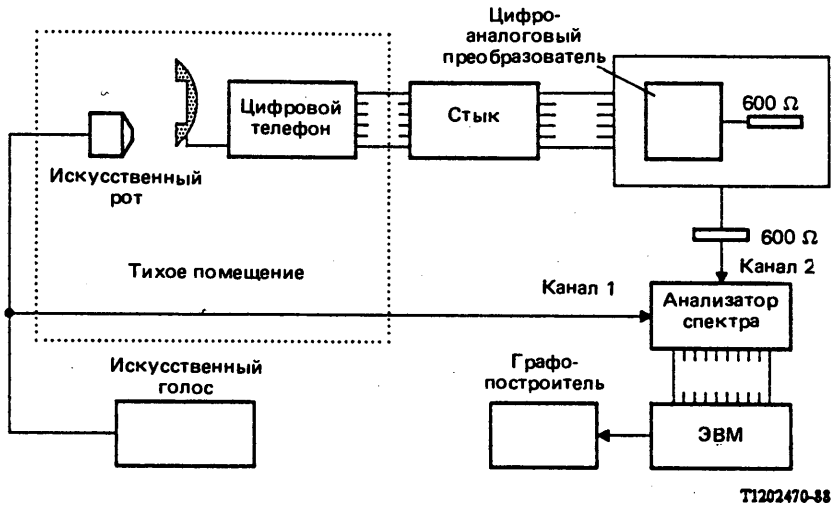


РИСУНОК 5/P.66

Измерение частотной характеристики передачи широкополосным методом

6.1.2 *Показатель громкости передачи*

Этот показатель должен рассчитываться на основе частотной характеристики чувствительности, определенной в § 6.11, в соответствии с указаниями Рекомендации P.79.

Примечание. – Другие методы вычисления показателей громкости, используемые некоторыми Администрациями для целей внутреннего планирования, можно найти в Дополнении № 19.

6.1.3 *Искажения*

Изучаются в рамках Вопроса 38/XII; используемый несколькими европейскими Администрациями метод можно найти в [1].

6.1.4 *Шум*

Изучается в рамках Вопроса 38/XII; используемый несколькими европейскими Администрациями метод можно найти в [1].

6.1.5 *Линейность*

Изучается в рамках Вопроса 38/XII; используемый несколькими европейскими Администрациями метод можно найти в [1].

6.1.6 *Подавление внеполосного входного сигнала*

Изучается в рамках Вопроса 38/XII; используемый несколькими европейскими Администрациями метод можно найти в [1].

6.2 *Прием*

6.2.1 *Частотная характеристика приема*

Частотная характеристика приема измеряется согласно Рекомендации P.64 с использованием измерительной установки, показанной на рисунках 6/P.66 или 7/P.66, в зависимости от вида возбуждающего сигнала.

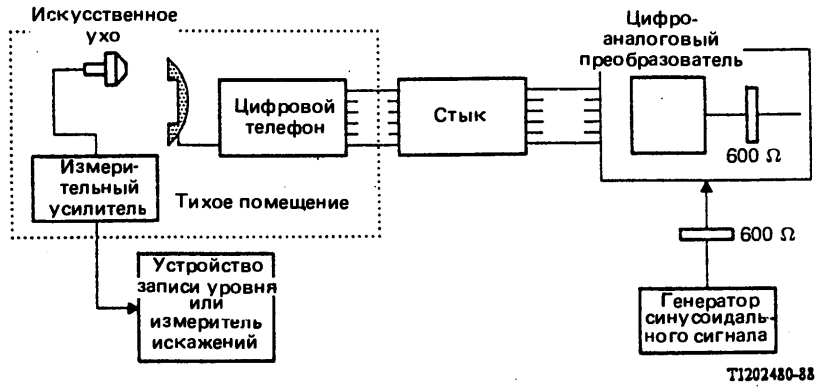


РИСУНОК 6/P.66

Измерение частотной характеристики приема методом качающейся частоты

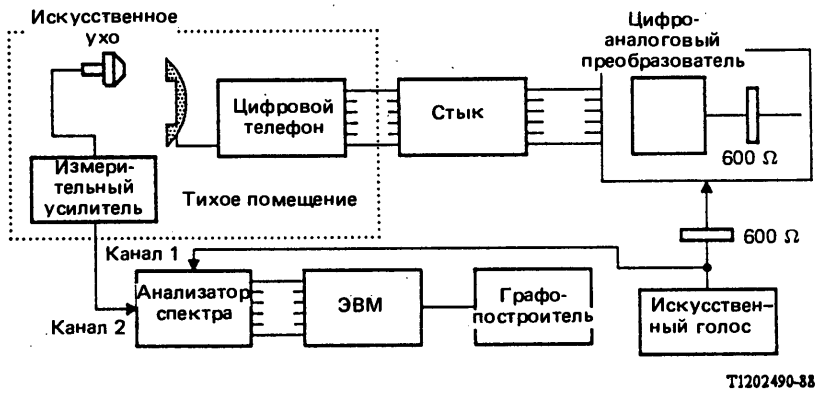


РИСУНОК 7/P.66

Измерение частотной характеристики приема широкополосным методом

6.2.2 *Показатель громкости приема*

Этот показатель должен рассчитываться на основе частотной характеристики чувствительности, определенной в § 6.2.1, с помощью Рекомендации P.79.

Примечание. – Другие методы вычисления показателей громкости, используемые некоторыми Администрациями для целей внутреннего планирования, можно найти в Дополнении № 19.

6.2.3 *Искажения*

Изучаются в рамках Вопроса 38/XII; используемый несколькими европейскими Администрациями метод можно найти в [1].

6.2.4 *Шум*

Изучается в рамках Вопроса 38/XII; используемый несколькими европейскими Администрациями метод можно найти в [1].

6.2.5 *Линейность*

Изучается в рамках Вопроса 38/XII; используемый несколькими европейскими Администрациями метод можно найти в [1].

6.2.6 *Паразитные внеполосные сигналы*

Изучаются в рамках Вопроса 38/XII; используемый несколькими европейскими Администрациями метод можно найти в [1].

6.3 *Местный эффект*

Должны быть предусмотрены устройства для возбуждения микрофона испытуемого телефонного аппарата в соответствии с § 6.1 и измерения выходного сигнала приема в соответствии с § 6.2. Рекомендованный метод измерения местного эффекта реализуется при размещении микрофона и приемника в одной и той же телефонной трубке и использовании испытательной арматуры, которая включает в себя искусственный рот и искусственное ухо, размещенные относительно друг друга в соответствии с Рекомендацией Р.64.

Примечание. – Должны быть приняты меры, чтобы обеспечить отсутствие механической связи между искусственным ртом и искусственным ухом.

6.3.1 *Частотная характеристика местного эффекта*

6.3.1.1 *Частотная характеристика местного эффекта говорящего*

Частотная характеристика местного эффекта говорящего измеряется согласно Рекомендации Р.64 с использованием измерительной установки, показанной на рисунках 8/Р.66 или 9/Р.66, в зависимости от используемого возбуждающего сигнала.

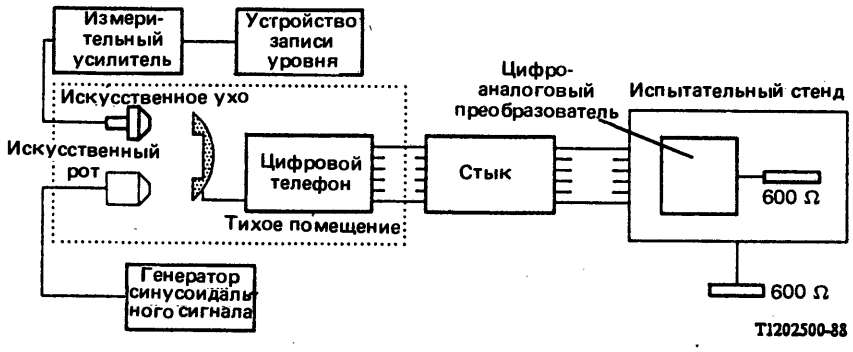


РИСУНОК 8/Р.66

Измерение частотной характеристики местного эффекта говорящего методом качающейся частоты

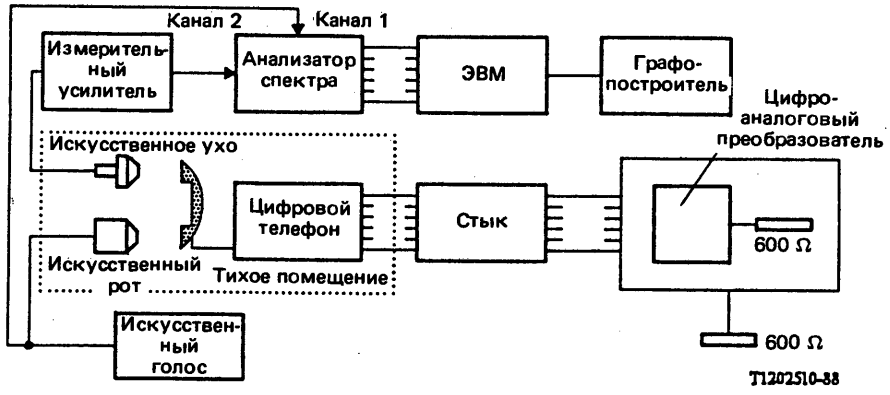


РИСУНОК 9/Р.66

Измерение частотной характеристики местного эффекта говорящего широкополосным методом

6.3.1.2 *Частотная характеристика местного эффекта слушающего*

Частотная характеристика местного эффекта слушающего измеряется согласно Рекомендации Р.64 с использованием измерительной установки, показанной на рис. 10/Р.66.

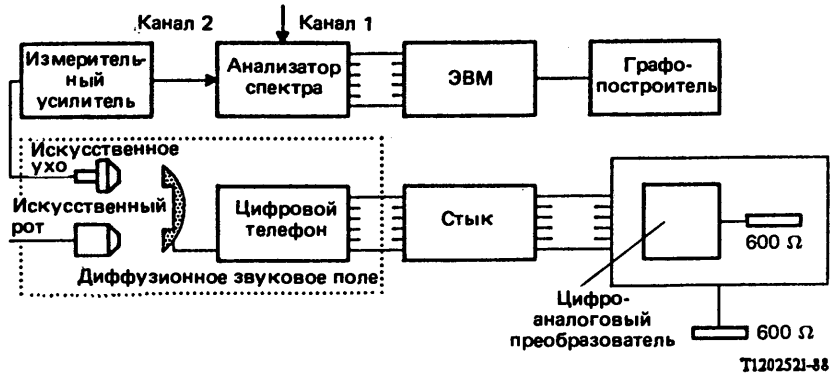


РИСУНОК 10/Р.66

Измерение частотной характеристики местного эффекта слушающего

6.3.2 *Показатель маскирования местного эффекта*

Этот показатель должен рассчитываться на основе частотной характеристики чувствительности, определенной в § 6.3.1.2, с помощью Рекомендации Р.79.

6.3.3 *Показатель местного эффекта слушающего*

Этот показатель должен рассчитываться на основе частотной характеристики чувствительности, определенной в § 6.3.1.2, с помощью Рекомендации Р. 79.

6.4 *Затухание отражения эха*

Изучается в рамках Вопроса 38/XII; используемый несколькими европейскими Администрациями метод можно найти в [1].

6.5 *Задержка*

Изучается в рамках Вопроса 38/XII; используемый несколькими европейскими Администрациями метод можно найти в [1].

Библиография

[1] МККТТ, Вклад ИК XII-№ 179, "Аспекты передачи для цифровой телефонии" (Норвегия), Исследовательский период 1985–1988 гг.

РАЗДЕЛ 6

ИЗМЕРЕНИЯ ГРОМКОСТИ РЕЧИ

Рекомендация P.75

СТАНДАРТНЫЙ МЕТОД ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ УГОЛЬНЫХ МИКРОФОНОВ

(Женева, 1972 г.; изменена в Малага-Торремолиносе, 1984 г., Мельбурне, 1988 г.)

1 Поскольку характеристики угольных микрофонов сильно зависят от способов их подготовки, необходимо перед измерением частотных характеристик чувствительности придерживаться четкой процедуры для получения воспроизводимых результатов. Для обеспечения лучшей воспроизводимости МККТТ рекомендует использование автоматического механического кондиционирования. Для *стандартного метода предварительной подготовки* определены следующие этапы.

a) Поместить микротелефонную трубку в держатель и закрепить ее в положении, соответствующем условиям измерения микрофона [например, в положение ограничительного кольца при измерении показателя громкости (LRGP) согласно Приложению A к Рекомендации P.76].

b) Подключить микрофон или телефонный аппарат к цепи питания постоянного тока и к соответствующему нагрузочному сопротивлению.

c) Включить питание. Спустя 5 с провести предварительную подготовку микрофона его медленным вращением. Вращение производится так, что плоскость слоя гранул угольного порошка перемещается на угол по крайней мере 180°. Эта операция производится дважды, причем в конце ее микротелефонная трубка приводится в исходное положение. Время каждого цикла вращения должно находиться в диапазоне от 2 до 12 секунд.

2 При проведении субъективных испытаний телефонного аппарата с угольным микрофоном предварительная подготовка микротелефонной трубки должна производиться говорящим. Эта предварительная подготовка должна соответствовать предварительной подготовке для объективных измерений, как описано в § 1, выше.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГРОМКОСТИ; ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

(Женева, 1976 г.; изменена в Женеве, 1980 г., Малага-Торремолиносе, 1984 г., Мельбурне, 1988 г.)

Предисловие

Настоящая Рекомендация является одной из групп тесно связанных Рекомендаций, относящихся к определению показателей громкости. Данная Рекомендация имеет дело с основными принципами, а остальные, как указано ниже, – с некоторыми дополнительными вопросами[1].

Рекомендация Р.48	Техническое описание промежуточной эталонной системы
Рекомендация Р.78	Субъективный метод испытаний для определения показателей громкости в соответствии с Рекомендацией Р.76
Рекомендация Р.64	Определение частотных характеристик чувствительности местных телефонных систем для расчета показателей громкости
Рекомендация Р. 79	Расчет показателей громкости
Рекомендация Р.65	Приборы для объективного определения показателей громкости

1 Введение

Разговорный тракт – это, в широком смысле, тракт передачи, существующий между ртом говорящего и ухом слушающего, или в случае местного эффекта – между ртом и ухом говорящего. При обычном разговоре двух лиц непосредственно между собой речь передается по воздушному тракту, соединяющему рот и ухо. В зависимости от условий окружающей среды передача может быть:

a) более или менее прямой, как в случае разговора двух лиц в открытом пространстве, свободном от препятствий, таком как площадка для игры в гольф;

b) в значительной степени косвенной, как в случае разговора двух лиц в небольшой комнате с твердым покрытием ее стен, потолка и пола, где большая часть энергии, достигающая уха, может определяться отражениями от стен, потолка и пола; или

c) промежуточной между двумя крайними случаями a) и b).

При телефонной связи воздушный тракт заменяется системой, содержащей:

a) воздушный тракт между ртом говорящего и микрофоном телефонного аппарата;

b) воздушный тракт между телефоном телефонного аппарата и ухом слушающего; и

c) телефонное соединение, включающее в себя микрофон, собственно телефон и соединяющую их цепь, а также аналогичную систему для обратного направления передачи. Указанные две ситуации – непосредственное общение и общение с использованием телефона – существенно различны в деталях, но с точки зрения передачи речи они подобны, поскольку их функция заключается в обеспечении двусторонней передачи речи.

Целью телефонии является организация таких соединений, которые, не будучи идентичными личному общению, сравнимы с ним по эффективности обмена информацией с помощью речи; такие телефонные соединения должны также оптимизировать удовлетворение запросов абонентов с учетом технических и экономических ограничений.

---

[1] Настоящая Рекомендация вместе с Рекомендациями Р.48, Р.78 и Р.79 дает полные определения показателей громкости – общего показателя, показателей громкости передачи, приема и показателя громкости соединительной линии; Администрациям предлагается использовать их для дальнейшего изучения Вопроса 19/XII [1].

Инженеры связи используют различные методы при планировании, разработке и оценке характеристик телефонных сетей. Одним из наиболее важных среди этих методов является метод эталонного эквивалента затухания, базирующийся на критерии громкости речи, произносимой говорящим и воспринимаемой слушающим; он представляет собой меру затухания передачи разговорного тракта от рта говорящего до уха слушающего.

Метод эталонного эквивалента затухания определен в Рекомендациях Р.42 и Р.72 *Красной книги*; его основные принципы кратко объяснены в [2]. Метод для определения *показателей громкости* местных телефонных систем основан на таких же основных принципах, но он содержит особенности, которые делают его более гибким и позволяют значительно упростить планирование передачи.

Желание отказаться от использования эталонных эквивалентов затухания, как указывается в Рекомендации Р.72 *Красной книги*, вызвано следующими причинами:

1) эталонные эквиваленты затухания нельзя суммировать алгебраически, возникают расхождения по крайней мере ±3 дБ;

2) при повторных измерениях эквивалентов затухания не обеспечивается достаточная точность; изменение состава бригады операторов может привести к изменению результатов почти на 5 дБ;

3) увеличение частотнонезависимого затухания передачи не вызывает равного увеличения эквивалента затухания; увеличение затухания на 10 дБ приводит к увеличению эквивалента затухания только примерно на 8 дБ.

Использование показателей громкости, определенных в соответствии с приведенными ниже принципами, должно в значительной мере устранить эти трудности.

В дополнение к этим преимуществам одни и те же величины показателей громкости могут быть получены независимо от того, произведено ли их определение с помощью субъективных испытаний, вычислением на базе частотных характеристик чувствительности или с помощью объективных приборов. Основные принципы рассматриваемого метода описаны ниже; эти принципы мало отличаются от тех, которые применяются для эквивалентов затухания, а имеющиеся отличия необходимы лишь для обеспечения желательной точности.

Показатель громкости (имеющий размерность и знак "затухания"), как и эталонный эквивалент затухания, определяется величиной вводимого в эталонную систему затухания для обеспечения равенства громкости той, которая получена по измеряемому разговорному тракту. Реальные телефонные соединения состоят из нескольких соединенных друг с другом частей. Для изучения различных сочетаний этих частей следует определить общий показатель громкости, показатели громкости передачи, приема и показатель громкости соединительной линии.

Аналогичным способом могут быть также определены показатели громкости местного эффекта. Эталонный эквивалент затухания местного эффекта определен в Рекомендации Р.73 *Красной книги*, а показатели громкости местного эффекта определены в § 3, ниже.

2 Определения показателей громкости основных разговорных трактов

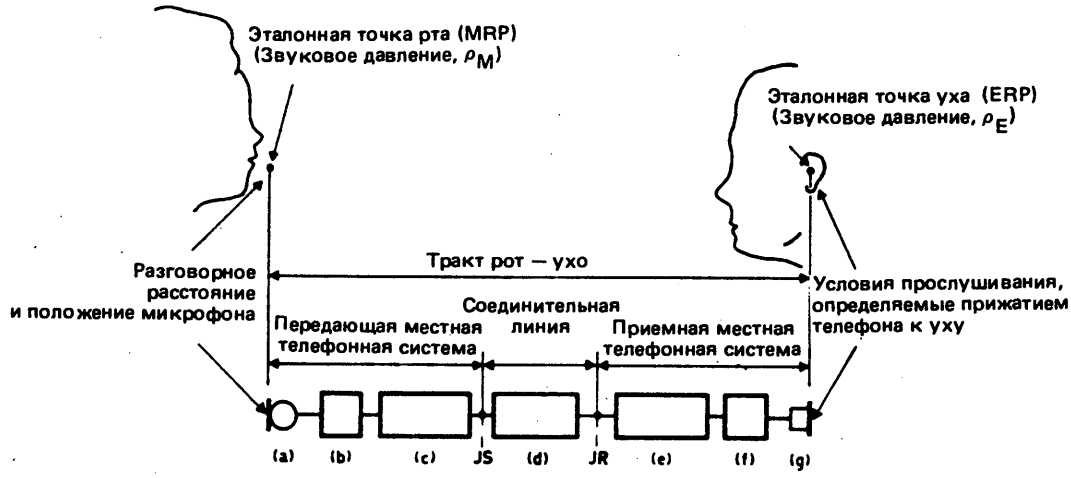
2.1 *Общие положения*

В § 2 рассматриваются основные разговорные тракты от говорящего на одном конце соединения до слушающего на другом. Тракты местного эффекта рассматриваются в § 3, ниже.

Вообще показатели громкости выражаются не в единицах действительной воспринимаемой громкости, а в единицах частотнонезависимого затухания, которое должно быть введено в *промежуточный* эталонный разговорный тракт и в *неизвестный* разговорный тракт для получения одинаковой громкости принимаемой речи, принятой в системе NOSFER. Это означает, что в неизвестном разговорном тракте существует или может быть создан некоторый стык, в который может быть введено необходимое затухание. На практике неизвестный разговорный тракт составляется из передающей части местной телефонной системы, соединенной с приемной частью другой местной телефонной системы цепочкой каналов[2]. На рис. 1/Р.76 показано построение одного основного разговорного тракта телефонного соединения. Стыки JS и JR разделяют три части соединения, для которых определяются показатели громкости, а именно: *показатель громкости передачи* от эталонной точки рта до стыка JS; *показатель громкости приема* от стыка JR до эталонной точки уха; *показатель громкости соединительной линии* от стыка JS до стыка JR. *Общий показатель громкости* относится ко всему разговорному тракту от эталонной точки рта до эталонной точки уха.

---

[2] Объяснение некоторых терминов см. в Приложении В.



Примечание. — (a) микрофон передающей местной телефонной системы;
(b) электрическая схема передающей части телефонного аппарата;
(c) абонентская линия и питающий мост;
(d) цепь, соединяющая две местные системы;
(e) абонентская линия и питающий мост приемной местной телефонной системы;
(f) электрическая схема приемной части телефонного аппарата;
(g) телефон приемной части местной телефонной системы.

РИСУНОК 1/P.76

Структурная схема телефонного соединения

Отметим, что в реальных телефонных соединениях:

a) затухание соединительной линии может быть частотнозависимым;

b) характеристическое сопротивление соединительной линии может быть частотнозависимым и не чисто активным;

c) полные сопротивления местных телефонных систем со стороны стыков JS и JR могут быть частотнозависимыми и не чисто активными;

d) может иметь место рассогласование полных сопротивлений на стыке JS или стыке JR или на обоих стыках.

Общие показатели громкости (OLRs), показатели громкости передачи (SLRs), показатели громкости приема (RIRs) и показатели громкости соединительной линии (JLRs) определены так, что для реальных телефонных соединений с достаточной точностью выполняется следующее равенство:

$$OLR = SLR + RLR + JLR.$$

2.2 *Определения общего показателя громкости и показателей громкости передачи, приема и соединительной линии*

Принципы, используемые для определения общего показателя громкости и показателей громкости передачи, приема и соединительной линии, иллюстрируются на рис. 2/P.76.

2.2.1 *Общий показатель громкости*

Тракт 1 на рис. 2/P.76 представляет собой полный испытуемый разговорный тракт, содержащий местные телефонные системы и соединительную линию. В этом примере соединительная линия состоит из цепочки местных соединительных линий (JS–NS и NR–JR) и междугородных каналов (NS–IS, IS–IR и IR–NR). Устройства для ввода частотнонезависимого затухания могут быть включены в некоторой точке, например между IS и IR.

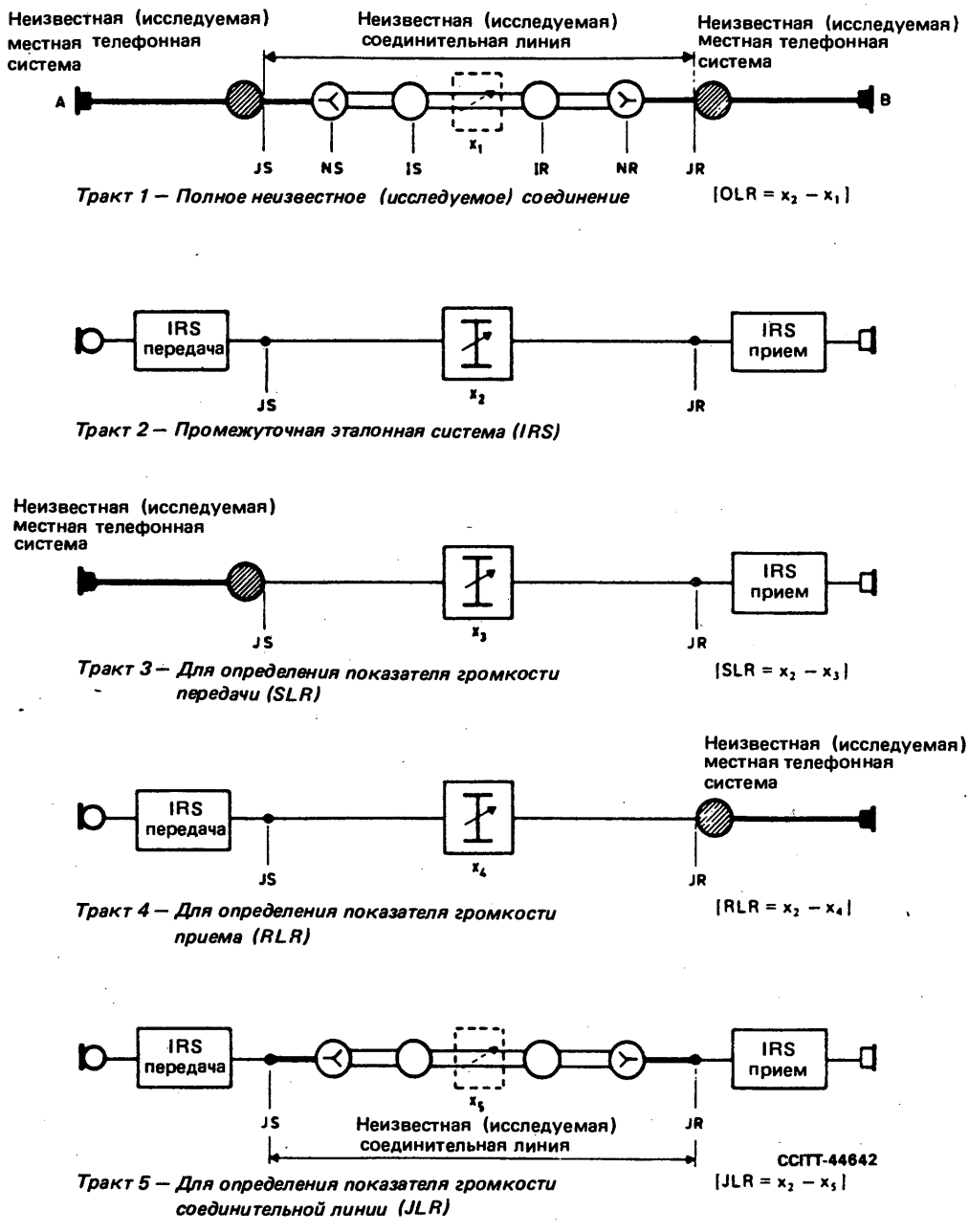


РИСУНОК 2/P.76

Принципы определения показателей громкости OLR, SLR, RLR и JLR

Тракт 2 представляет собой полную промежуточную эталонную систему (IRS) с регулируемым магазином затухания с входным и выходным сопротивлением 600 Ом между JS и JR .

Громкость принятой речи при затухании x_1 тракта 1 и затухании x_2 тракта 2 определяется относительно основной эталонной системы (NOSFER) при затухании ее магазина 25 дБ. После проведения измерений общий показатель громкости (OLR) полного испытуемого соединения равен $(x_2 - x_1)$ дБ.

2.2.2 *Показатель громкости передачи*

Тракт 3 на рис. 2/P.76 представляет собой систему IRS, передающая часть которой заменена испытуемой местной телефонной системой. Затухание магазина в тракте 3 регулируют так, чтобы получить такую же громкость принятой речи, как и в системе NOSFER с общим затуханием 25 дБ. Если x_3 есть требуемое затухание в тракте 3, то показатель громкости передачи (SLR) равен $(x_2 - x_3)$ дБ.

ARCHIVES U.I.T. GENÈVE

2.2.3 *Показатель громкости приема*

Тракт 4 на рис. 2/P.76 представляет собой систему IRS, приемная часть которой заменена испытуемой местной телефонной системой.

Затухание магазина в тракте 4 регулируется так, чтобы получить такую же громкость принятой речи, как и в системе NOSFER с общим затуханием 25 дБ. Если x_4 есть требуемое затухание в тракте 4, то показатель громкости приема (RLR) равен $(x_2 - x_4)$ дБ.

2.2.4 *Показатель громкости соединительной линии*

Тракт 5 на рис. 2/P.76 представляет собой систему IRS, соединительная линия которой заменена цепью соединительных линий, включенных в тракте 1 (рис. 2/P.76) между стыками JS и JR. Так же, как в тракте 1, должны быть предусмотрены устройства для ввода в тракт частотнонезависимого затухания. Дополнительное затухание в тракте 5 регулируется так, чтобы получить такую же громкость принятой речи, как и в системе NOSFER с общим затуханием 25 дБ. Если x_5 есть требуемое дополнительное затухание в тракте 5, то показатель громкости соединительной линии (JLR) равен $(x_2 - x_5)$ дБ.

2.3 *Условия определения показателей громкости*

2.3.1 *Общие положения*

Громкость принятых речевых звуков зависит от ряда факторов, которые недостаточно точно определены для условий практического применения, но которые должны быть определены с наиболее возможной точностью для получения точной воспроизводимости показателей громкости. Как показано на рис. 1/P.76, показатель громкости в значительной степени определяется характеристиками тракта от рта до уха. Этот тракт может быть уточнен путем определения *эталонной точки рта* как точки отсчета или измерения звукового давления ρ_M речи, а также эталонной точки уха как точки отсчета или измерения звукового давления ρ_E речи, воспроизводимой телефоном. Эти точки могут выбираться достаточно произвольно, но имеют важное значение при определении показателя громкости объективным методом. Подходящие для этих целей определения приведены в Рекомендации P.64, где рассматриваются измерения частотных характеристик чувствительности на передачу и прием.

Важно, однако, определить уровень речи, разговорное расстояние, положение микрофона и условия приема, обусловленные положением телефона на ухе. Эти условия показаны на рис. 1/P.76. Основные условия, при которых определяются величины показателей громкости, приведены в таблице 1/P.76.

Некоторые замечания по пунктам таблицы 1/P.76 приведены ниже.

2.3.2 *Промежуточная эталонная система*

Промежуточная эталонная система (IRS) определена в Рекомендации P.48. Она была выбрана с учетом следующего.

a) В отношении частотных характеристик передачи и приема эта система должна приблизительно соответствовать тем национальным системам передачи и приема, которые используются в настоящее время и, вероятно, будут использоваться в ближайшем будущем. По этой причине полосы частот для передающей и приемной частей ограничены номинальной полосой частот 300–3400 Гц[3].

b) Абсолютная чувствительность была выбрана с таким расчетом, чтобы уменьшить изменения в величинах при переходе от эквивалентов затухания к показателям громкости.

c) По внешней форме микротелефонные трубки системы аналогичны обычным микротелефонным трубкам, используемым в реальных телефонных соединениях.

---

3) Система IRS стандартизирована для полосы частот 100–5000 Гц (см. Рекомендацию P.48). Установленная номинальная полоса частот 300–3400 Гц согласуется с номинальным размещением каналов через 4 кГц в системах с ЧРК и не должна рассматриваться в качестве ограничения улучшения качества передачи, которое может быть получено при расширении передаваемой полосы частот.

ТАБЛИЦА 1/Р.76

Условия определения показателей громкости

№	Определенный параметр	Спецификация
1	Промежуточная эталонная система	Рекомендация Р.48
2	Уровень речи говорящего	Как в Рекомендации Р.72 (Красная книга)
3	Уровень принятых речевых звуков, при котором громкость считается постоянной	Система NOSFER с затуханием 25 дБ
4	Положение микротелефонной трубки относительно рта диктора	См. Приложение А
5	Направление речи	Поднятая голова
6	Положение телефонной трубки при прослушивании	См. § 2.3.7
7	Подготовка угольных микрофонов	Рекомендация Р.75

2.3.3 *Уровень речи говорящего*

Уровень речи говорящего – это тот же уровень, с которым речь излучается изо рта говорящего и который используется для определения эквивалентов затухания; он определен в Рекомендации Р.72 *Красной книги*. Этот уровень приблизительно равен уровню речи абонентов при нормальных условиях передачи. Он определяется в единицах уровня речи на выходе передающей части системы NOSFER.

2.3.4 *Уровень слушающего*

Уровень принятых сигналов речи, при котором громкость считается постоянной, определяется уровнем речи (см. § 2.3.3, выше) при затухании 25 дБ системы NOSFER, относительно которой калиброваны все разговорные тракты, показанные на рис. 2/Р.76. Это соответствует довольно комфортному уровню приема для телефонных абонентов.

2.3.5 *Положение микротелефонной трубки*

Положение микротелефонной трубки относительно рта говорящего дано в Приложении А к этой Рекомендации. Это положение достаточно хорошо соответствует положению, используемому в реальных условиях телефонной связи. Данное определение охватывает не только расстояние между губами и амбушюром, но также и ориентацию микрофона относительно горизонтальной оси, проходящей через центр отверстия рта. Оно определено так, что расстояние между губами и амбушюром увеличивается при увеличении длины микротелефонной трубки.

2.3.6 *Направление речи*

Говорящий должен держать голову прямо; считается, что речь излучается его ртом по горизонтали.

2.3.7 *Положение микротелефонной трубки на приеме*

Слушающий должен держать микротелефонную трубку в руке таким образом, чтобы телефон был удобно прижат к его уху.

2.3.8 *Предварительная подготовка угольных микрофонов*

Микротелефонные трубки с угольными микрофонами обычно требуют предварительной подготовки. Это должно производиться в соответствии с Рекомендацией Р.75.

3 Показатели громкости местного эффекта

Необходимо рассматривать воздействие местного эффекта телефона на абонента, находящегося как в роли говорящего, так и слушающего. Для обоих случаев исследования показали, что для сохранения хороших условий разговора при высоком уровне шума помещения и/или при соединениях большой протяженности важно управлять высокими частотами (> 1000 Гц) в тракте местного эффекта телефона. Поэтому необходимы методы показателя громкости местного эффекта, которые на этих высоких частотах устанавливают большее взвешивание; соответствующие методы описываются ниже.

3.1 *Местный эффект говорящего*

3.1.1 *Определение показателя маскирования местного эффекта (STMR)*

Когда телефонный абонент говорит, его собственный голос достигает его уха по нескольким трактам (см. рис. 3/Р.76):

a) через схему телефонного аппарата от микрофона к телефону вследствие рассогласования между балансным сопротивлением дифсистемы телефонного аппарата и входным сопротивлением линии;

b) через механический тракт головы человека;

c) через акустический тракт к уху, включая утечку через щели между слуховой раковиной телефона и человеческим ухом;

d) через механический тракт вдоль корпуса микротелефонной трубки [хотя эта составляющая может быть измерена фактически как вклад в пункт a), выше].

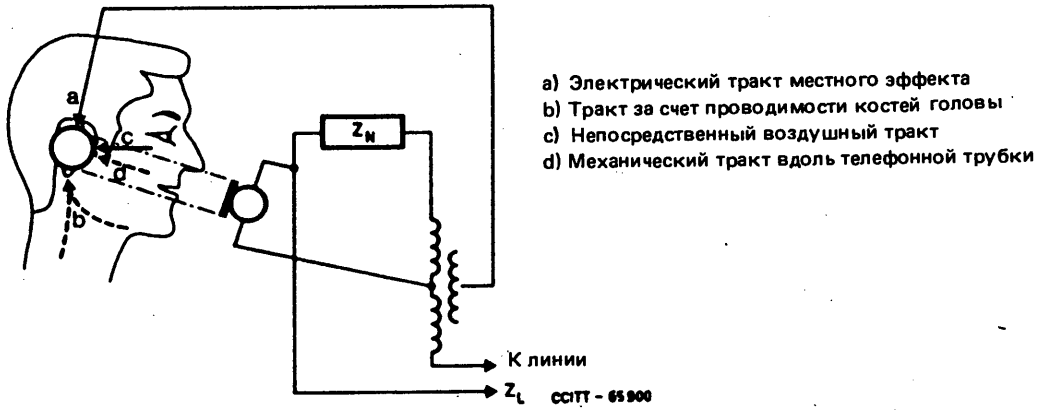


РИСУНОК 3/Р.76

Тракты местного эффекта, через которые абонент может слышать собственный голос

Определение указанных трактов местного эффекта обычно распадается на два главных измерения – a) + d) и b) + c). Каждое из них относится к речевому сигналу в эталонной точке рта (MRP), а измерение производится в эталонной точке уха (ERP).

Таким образом, L_{MEST} и L_{MEHS} есть затухания от рта до уха (от MRP до ERP) трактов местного эффекта телефона и человека соответственно.

Примечание. – В § 8 Рекомендации P.64 описывается метод измерения частотной характеристики чувствительности местного эффекта S_{meST} телефонного аппарата с использованием искусственных рта и уха, на основе которого может быть получена оценка S_{MEST} с использованием человеческих рта и уха путем введения коррекции L_M и L_E, как это объяснено в тексте. Тогда:

$$L_{MEST} = -S_{MEST} \text{ в дБ.}$$

Обычно каждое из затуханий L_{MEST} и L_{MEHS} измеряется на нескольких частотах в третьоктавных диапазонах частот ISO, как правило, в полосе частот от 200 до 4000 Гц. При использовании сложных сигналов (например, для измерения L_{MEHS} использовались речевые сигналы операторов) должны быть произведены измерения плотности спектра.

Выполненные до настоящего времени исследования показали, что по крайней мере для местного эффекта говорящего метод показателей, который хорошо коррелируется с субъективными влияниями местного эффекта, является методом, который учитывает сигнал местного эффекта человека как маскирующий порог, то есть показатель маскирования местного эффекта (STMR).

3.2 *Местный эффект слушающего*

3.2.1 *Определение показателя местного эффекта слушающего (LSTR)*

Когда абонент является слушающим, любой шум помещения может достигать точки ERP через тракты a) и c) рис. 3/P.76. Весьма вероятно, что именно высокие частоты шума местного помещения маскируют низкоуровневые согласные звуки принятого сигнала. Описанный в § 3.1 метод показателя маскирования, STMR, имеет более эффективное влияние на управление L_{meST} на частотах выше 1000 Гц. Контроль этих частот важен также для местного эффекта шума помещения. Это объясняется тем, что низкие частоты принятого сигнала в телефоне будут маскироваться низкочастотным шумом помещения (проникающим из-за неплотного прижатия телефона к уху) почти таким же образом, как речевой сигнал говорящего, слышимый через тракт местного эффекта телефона (L_{meST}), маскируется сигналом, слышимым через тракт местного эффекта человека (L_{MEHS}).

Исследования показали, что если тракт местного эффекта шума помещения определен в соответствии с Рекомендацией P.64 и используется в методе показателя STMR, то результирующие показатели хорошо коррелированы с субъективным влиянием шума помещения, слышимого через тракт местного эффекта телефона. Это объясняется тем, что сложный сигнал шума помещения, достигающий уха слушающего и маскирующий принятые речевые сигналы, как полагают, имеет характеристику, очень похожую на характеристику L_{MEHS}.

Таким образом, показатель LSTR определяется как затухание, которое должно быть введено в систему IRS (Рекомендация P.48) для того, чтобы дать эквивалентный уровень громкости (L_{RNST}), когда аналогичным образом в качестве маскирующего порога (Рекомендация P.79) берется величина L_{MEHS}.

3.2.2 *Определение показателя LSTR*

Чтобы рассчитать показатель LSTR, необходимо определить чувствительность S_{RNST} (где $S_{RNST} = -L_{RNST}$) методом, описанным в Рекомендации P.64 или в разделе 3 *Руководства по телефонометрии*, и использовать процедуру расчета, приведенную в Рекомендации P.79.

Чувствительность местного эффекта шума помещения, S_{RNST}, отличается от чувствительности местного эффекта говорящего, S_{meST}, поскольку источник случайного сигнала речи является сосредоточенным источником, расположенным близко (на расстоянии менее 5 см) к мембране микрофона. Обычно шум помещения поступает на микрофон с более низким уровнем, чем речь, и это может привести к разным величинам чувствительности, особенно при использовании угольных микрофонов.

Разность S_{RNST} и S_{meST} для данного телефона будет, как правило, постоянной при различных линейных условиях, если только он работает на линейной части своей характеристики и/или уровень шума помещения является постоянным. Эта разность равна Δ_{Sm} (или DELSm) и объясняется дополнительно в Рекомендации P.10 и § 9 Рекомендации P.64. Величина Δ_{Sm} используется, если известны значения S_{meST}, при расчете показателя LSTR для определения чувствительности S_{RNST}:

$$S_{RNST} = S_{meST} + \Delta_{Sm}.$$

Обычно величина Δ_{Sm} отрицательна; таким образом, телефоны, имеющие более отрицательные величины Δ_{Sm}, будут иметь более низкую чувствительность S_{RNST} и в отношении местного эффекта работают лучше в условиях шумного помещения.

Для телефонных аппаратов с линейными микрофонами Δ_{Sm} может меняться на несколько децибел при типовых величинах в диапазоне от –1,5 до –4 дБ. Для угольных микрофонов измеренные величины на некоторых частотах составляют довольно низкую величину в –15 дБ, но типовые усредненные величины лежат примерно в области –8 дБ при шуме помещения 60 дБА. В некоторых аппаратах с линейными микрофонами для улучшения качества передачи при наличии шума усиление преднамеренно делается непостоянным в пределах их амплитудной характеристики (по вопросу о Δ_{Sm} см. также Приложение А к Рекомендации G.111).

Примечание. – В Дополнении № 11 приведена информация по вопросу влияния местного эффекта на качество передачи, накопленная в течение ряда исследовательских периодов.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

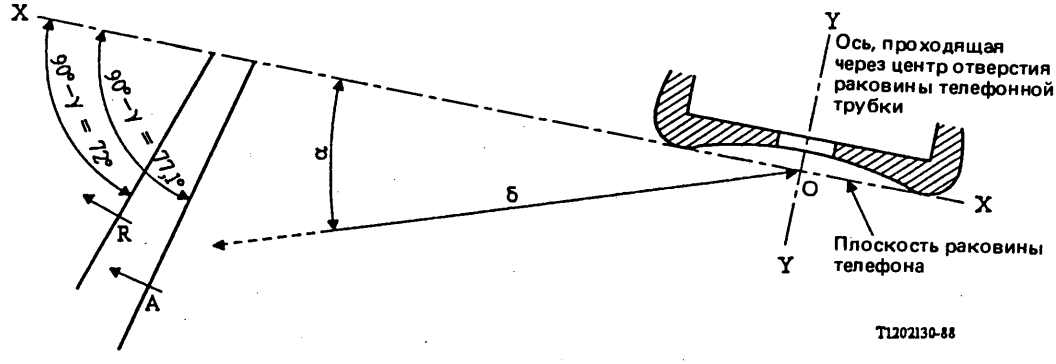
(к Рекомендации Р.76)

Определение разговорного положения для измерения показателей громкости телефонных аппаратов с микротелефонной трубкой

В этом приложении описывается разговорное положение, которое должно использоваться при измерениях чувствительности коммерческих телефонных аппаратов (методом, описанным в Рекомендации Р.64) для определения показателей громкости.

А.1 Определение разговорного положения делится на две части: описание взаимного расположения отверстия рта и отверстия слухового канала на *усредненной* человеческой голове; описание углов, определяющих пространственное положение микротелефонной трубки, приложенной к этой голове. Для данной микротелефонной трубки эти описания характеризуют относительное пространственное расположение амбушюра микрофона и губ говорящего, а следовательно, направление, по которому звуковые волны поступают в амбушюр, и расстояние, которое они проходят от *виртуального точечного источника.*

Взаимное расположение центра губ и центра слухового канала может быть определено с помощью расстояния δ и угла α, как показано на рис. А-1/Р.76. Точка R на этом рисунке представляет центр ограничительного кольца, размещенного в разговорном положении при определении эквивалента затухания в соответствии с Рекомендацией Р.72, *Красная книга.* Точка А – это центр того же ограничительного кольца при определении эквивалента затухания по разборчивости AEN в соответствии с Рекомендацией Р.45, *Оранжевая книга.* Средние значения положения губ 4012 человек в Китайской Народной Республике группируются вокруг точки А (см. Рекомендацию Р.35).



Примечание 1. – Точки R и А характеризуются следующими параметрами:

A) δ = 136 мм, α = 22°, γ = 12,9°;
R) δ = 140 мм, α = 15,5°, γ = 18°.

Примечание 2. – Сплошные линии через точки А и R показывают плоскость губ.

РИСУНОК А-1/Р.76

Определение положения губ относительно отверстия слухового канала

Для определения направления, в котором речь передается от рта в амбушюр микрофона, необходим второй угол. В прежних Рекомендациях P.45 и P.72 делалась ссылка на угол β, но он не лежит в плоскости симметрии микротелефонной трубки, поэтому более удобно использовать угол γ, который характеризует вертикальную проекцию направления речи в этой плоскости.

A.2 Положение центра губ, обозначенного буквой A на рис. A-1/P.76, используется также для определения нового разговорного положения, но в этом случае должны быть определены два дополнительных угла, а именно: угол Φ, угол расположения микротелефонной трубки относительно оси раковины телефона (YY на рис. A-1/P.76), и угол наклона микротелефонной трубки θ, то есть угол относительно ее продольной оси (XX на рис. A-1/P.76), Оба указанных угла равны нулю, когда плоскость симметрии микротелефонной трубки горизонтальна. Естественно, угол расположения микротелефонной трубки относительно оси раковины телефона будет положительным, когда ее корпус направлен вниз от раковины, а угол наклона микротелефонной трубки будет положительным, когда верхняя часть раковины телефона отодвигается от средней плоскости головы пользователя.

Новое разговорное положение определяется следующими величинами расстояния и углов, определенных выше:

$$\alpha = 22°, \quad \gamma = 12{,}9°, \quad \delta = 136 \text{ мм}, \quad \Phi = 39° \quad \text{и} \quad \theta = 13°.$$

Угол γ не может быть точно определен, и поэтому неудобен для использования при установке микротелефонной трубки для измерений перед искусственным ртом. Вместо него можно использовать половину расстояния ε между ушными раковинами; для нового разговорного положения $\varepsilon = 77{,}8$ мм.

Для любого зажимного приспособления производственный допуск определенных выше углов должен быть в пределах $\pm 0{,}5°$.

A.3 Вышеприведенное описание разговорного положения выявило сложности выражения взаимного расположения эталонной точки уха и центра ограничительного кольца, а также взаимной ориентации осей телефона и ограничительного кольца. Часто, особенно при конструировании и установке зажимных приспособлений для микротелефонных трубок, более удобно выразить положение эталонной точки уха[4] и направление оси телефона по отношению к губному кольцу. Это проще, поскольку ось ограничительного кольца горизонтальна, как и ось искусственного рта.

A.4 Для определения ортогональных координат телефона микротелефонной трубки относительно положения губ, когда микротелефонная трубка монтируется в положении для ограничительного кольца LR, был использован метод векторного анализа. Необходимо определить систему декартовых осей с началом координат в центре губ (или эквивалентной позиции губ, если речь идет об искусственном голосе) следующим образом:

ось x: горизонтальная ось рта, положительное направление внутрь рта;

ось y: перпендикулярная оси x в горизонтальной плоскости; положительное направление к той стороне рта, где держат микротелефонную трубку;

ось z: вертикальная, положительное направление вверх.

Эталонная точка уха определяется вектором:

$$(86{,}5;\ 77{,}8;\ 70{,}5) \text{ мм}.$$

Микротелефонная трубка устанавливается так, чтобы эталонная точка уха лежала на пересечении оси слуховой раковины телефона с плоскостью в пространстве, на которую, можно считать, опирается слуховая раковина телефона. Для некоторых форм микротелефонных трубок это определение неприемлемо; в этих случаях положение эталонной точки уха относительно микротелефонной трубки должно быть точно установлено.

Ориентация микротелефонной трубки определяется векторами, перпендикулярными плоскости слуховой раковины телефона и плоскости симметрии микротелефонной трубки.

Единичный вектор, нормальный к плоскости слуховой раковины телефона:

$$\pm\ (0{,}1441,\ -0{,}974,\ 0{,}1748).$$

Единичный вектор, перпендикулярный плоскости симметрии микротелефонной трубки:

$$\pm (0{,}6519,\ -0{,}0394,\ -0{,}7572).$$

---

[4] Определение эталонной точки уха приведено в Рекомендации P.64.

В случае использования искусственного голоса эквивалентное положение губ должно использоваться в качестве исходной точки; обычно она не совпадает с плоскостью отверстия искусственного рта.

Также может оказаться удобным определить разговорное положение на основе осей координат с началом координат в эталонной точке уха. Они определяются следующим образом:

ось x: ось слуховой раковины телефона; положительное направление от телефона;

ось y: линия пересечения плоскости симметрии микротелефонной трубки с плоскостью слуховой раковины; положительное направление к микрофону;

ось z: перпендикулярна к плоскости симметрии микротелефонной трубки, положительное направление наклонно вверх.

Центр губного кольца определяется вектором:

(50,95; 126,10; 0) мм.

Ориентация губного кольца определяется единичным вектором вдоль его оси:

± (0,1441, –0,7444, –0,6250),

а ориентация микротелефонной трубки определяется путем точного определения единичным вектором:

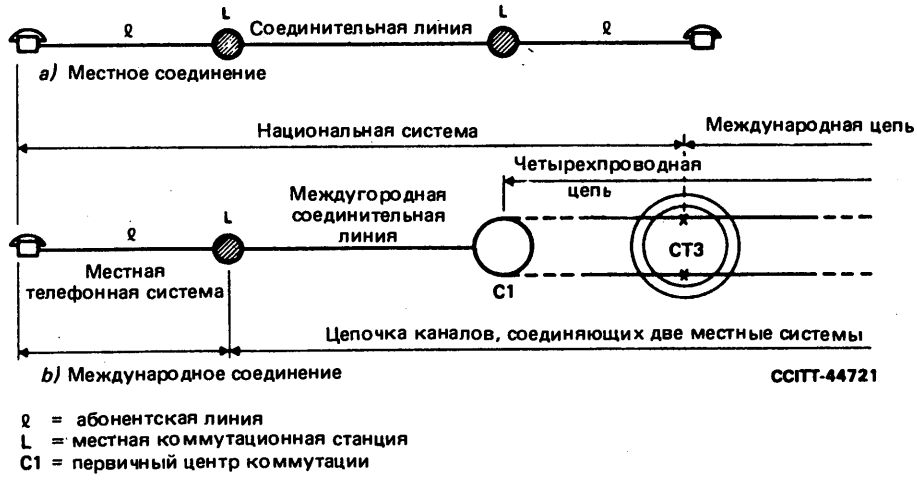
± (0,1748, –0,6293, +0,7572).

Примечание. – Определенное выше разговорное положение отличается от положения специального ограничительного кольца величинами углов Φ (= 37°) и θ (= 19°). Установлено, что изменение положения микротелефонной трубки от положения для специального ограничительного кольца к описанному выше положению ограничительного кольца при определении показателя громкости практически не влияет на измерения чувствительности.

ПРИЛОЖЕНИЕ B

(к Рекомендации P.76)

Объяснение некоторых терминов



ℓ = абонентская линия
L = местная коммутационная станция
C1 = первичный центр коммутации

РИСУНОК B-1/P.76

Терминология рис. B-1/P.76 применима к составным частям телефонного соединения согласно Рекомендациям G.101 [3], G. 111 [4], G.121 [5] и руководствам МККТТ.

Примечание. – В этой Рекомендации термин "соединительная линия" используется в специальном смысле для обозначения "цепочки каналов, соединяющих две местные системы", а "аттенюатор соединительной линии" используется в лабораторных измерениях для определения показателей громкости.

Библиография

[1] МККТТ, Вопрос 19/XII, Вклад ИК XII-№ 1, Исследовательский период 1985–1988 гг., Женева, 1985 г.

[2] МККТТ, руководство "Планирование передачи коммутируемых телефонных сетей", глава I, Приложение 1, МСЭ, Женева, 1976 г.

[3] МККТТ, Рекомендация "План передачи", том III, Рек. G. 101.

[4] МККТТ, Рекомендация "Показатели громкости (ПГ) в международном соединении", том III, Рек. G.111.

[5] МККТТ, Рекомендация "Показатели громкости (ПГ) национальных систем", том III, Рек. G.121.

Рекомендация P.78

СУБЪЕКТИВНЫЙ МЕТОД ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГРОМКОСТИ В СООТВЕТСТВИИ С РЕКОМЕНДАЦИЕЙ P.76

(изменена в Малага-Терремолиносе, 1984 г., Мельбурне, 1988 г.)

Предисловие

В настоящей Рекомендации описывается субъективный метод испытаний, который оказался удобным для использования в лаборатории МККТТ. Он может также применяться и другими лабораториями. При условии, что используемая промежуточная эталонная система (IRS) соответствует требованиям Рекомендации P.48, а также выполняются другие требования, приведенные в Рекомендации P.76, показатели громкости, полученные с помощью изложенного в данной Рекомендации метода, могут использоваться для ускорения изучения Вопроса 19/XII [1] (Рекомендованные величины показателя громкости). Данная Рекомендация вместе с Рекомендациями P.76 и P.48 дает определение показателей громкости, которые могут использоваться для планирования.

Краткое содержание

Настоящая Рекомендация содержит важные положения, касающиеся спецификации метода для определения показателей громкости согласно Рекомендации P.76 путем использования уравнивания громкости при субъективных испытаниях. В Рекомендации изложены детали, относящиеся к методу уравнивания, выбору операторов, речевого материала, оборудования эксперимента, метода анализа и представления результатов.

Изучение метода непосредственного уравнивания продолжается в рамках Вопроса 8/ XII. Описание этого метода приведено в Дополнении № 17.

1 Введение

Чтобы сравнить расчеты метода показателей громкости (Рекомендация P.79), нужен стандартизированный метод субъективного определения показателей громкости. В настоящей Рекомендации рассматриваются все аспекты испытаний от выбора операторов до метода анализа и представления окончательных результатов.

2 Общие положения

При субъективных сравнениях используется основная эталонная система (FRS) (хотя допустимы и другие эталонные системы) для сравнения следующих разговорных трактов:

a) *Тракт 0* – Основная эталонная система всегда обеспечивает разговорный тракт, относительно которого уравниваются все другие тракты. Используется система NOSFER с затуханием 25 дБ.

b) *Тракт 1* – Передающая сторона испытуемой ("неизвестной") местной телефонной системы соединяется с приемной стороной испытуемой ("неизвестной") местной телефонной системы через испытуемую ("неизвестную") соединительную линию и регулируемый аттенюатор (магазин затухания). Регулируемый аттенюатор должен быть включен таким образом, чтобы не нарушались соотношения сопротивлений между тремя составными частями соединения (передающая сторона, соединительная линия и приемная сторона).

c) *Тракт 2* – Передающая сторона промежуточной эталонной системы соединяется с ее приемной стороной через регулируемый аттенюатор.

d) *Тракт 3* – Передающая сторона испытуемой ("неизвестной") местной телефонной системы соединяется с приемной стороной промежуточной эталонной системы (IRS) через регулируемый аттенюатор.

e) *Тракт 4* – Передающая сторона системы IRS соединяется с приемной стороной испытуемой ("неизвестной") местной телефонной системы через регулируемый аттенюатор.

f) *Тракт 5* – Передающая сторона системы IRS соединяется с приемной стороной системы IRS через испытуемую ("неизвестную") соединительную линию и регулируемый аттенюатор. Регулируемый аттенюатор должен быть включен таким образом, чтобы не нарушались соотношения сопротивлений между тремя составными частями соединения (передающая сторона, соединительная линия и приемная сторона).

В этих субъективных сравнениях соединительная линия основной эталонной системы является фиксированной, то есть уровень речи через основную эталонную систему поддерживается постоянным, при этом уравнивание громкости получается так называемым методом "запаса", а уравнивающий аттенюатор включается в испытуемый телефонный тракт (или в систему IRS).

Разговорное положение, используемое как в системе IRS, так и в испытуемом телефонном аппарате, должно соответствовать Приложению A к Рекомендации P.76.

На рис. 1/P.78 показана структура телефонного тракта, подлежащего сравнению. Уравнивания должны осуществляться при использовании уровня речи, определенного в Рекомендации P.72.

Как определено в Рекомендации P.76, показатели громкости для системы IRS таковы:

$$\mathrm{OLR} = x_2 - x_1;$$

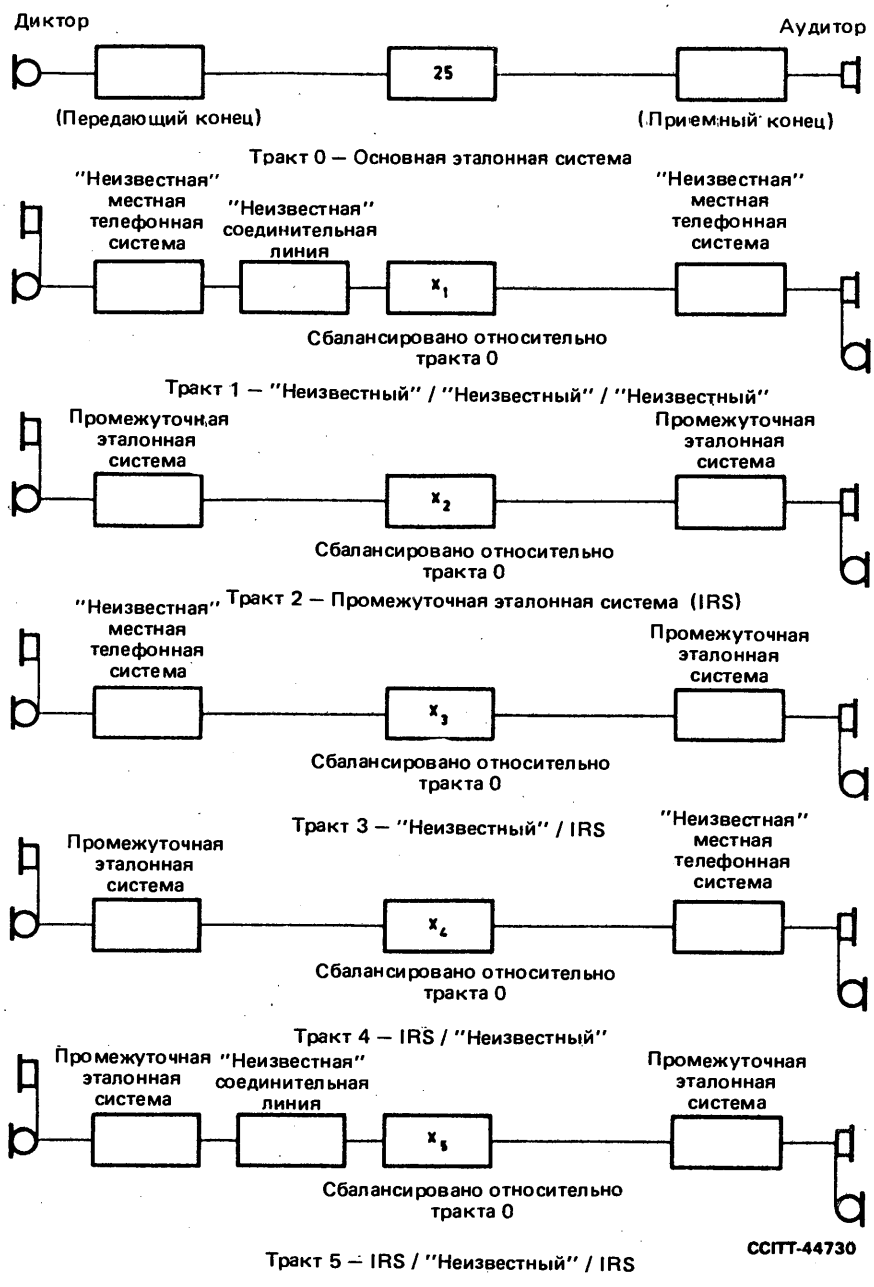
$$\mathrm{SLR} = x_2 - x_3;$$

$$\mathrm{RLR} = x_2 - x_4;$$

$$\mathrm{JLR} = x_2 - x_5.$$

Необязательно в каждый эксперимент включать все указанные выше тракты. Тракты 0 и 2 обязательны, а для определения показателей громкости на передаче и на приеме местной телефонной системы достаточно добавить только тракты 3 и 4. Тракты 0, 2 и 5 требуются для определения показателя громкости соединительной линии. Тракт 1 обычно требуется только в случае, когда он используется для подтверждения аддитивности показателей громкости, а именно:

$$\mathrm{OLR} = \mathrm{SLR} + \mathrm{JLR} + \mathrm{RLR}.$$



Примечание. — Возможно также непосредственное уравнивание громкости "неизвестной" системы с системой IRS (см. Дополнение № 17).

РИСУНОК 1/P.78

Компоновка трактов для субъективного метода определения показателей громкости

3 Планирование эксперимента

Чтобы иметь уверенность в результатах, необходимо четко следовать процедурам испытаний, связанным с правильным планированием эксперимента. Процедура должна быть подготовлена так, чтобы исключить возможность возникновения неопределенностей.

При планировании должны учитываться следующие моменты:

a) эксперимент должен быть спланирован так, чтобы неуправляемые влияния действовали случайно, например каждодневные замены операторов и/или измерительной аппаратуры должны быть незначительными;

b) если требуется осуществить большее количество уравниваний, чем это может быть выполнено в один день, эксперимент должен быть спланирован так, чтобы каждый день выполнялось равное количество испытаний каждого типа;

c) операторы, начавшие испытания, должны всегда проводить их до конца [2];

d) минимальное количество комбинаций пар операторов предлагается равным 12 из максимально возможных 20. Двенадцать комбинаций пар операторов можно получить при двух бригадах из трех операторов (см. таблицу 1a/P.78) или при одной бригаде из четырех, 18 комбинаций пар операторов можно получить при одной бригаде из шести операторов (см. таблицу 1b/P.78) и 20 комбинаций пар операторов – при одной бригаде из пяти операторов (см. таблицу 2a/P.78).

Примечание. – Одна бригада из шести операторов, обеспечивающая 30 комбинаций пар операторов (см. таблицу 2b/P.78), производит более обширное испытание, однако при этом точность лишь несколько лучше, чем в случае указанных выше размеров бригад;

ТАБЛИЦА 1a/P.78

Двенадцать комбинаций пар операторов при двух бригадах из трех операторов; метод, известный как метод 3/6 операторов

Оператор (диктор)	Оператор (аудитор) A	B	C	D	E	F
A		X	X			
B	X		X			
C	X	X				
D					X	X
E				X		X
F				X	X	

ТАБЛИЦА 1b/P.78

Восемнадцать комбинаций пар операторов при одной бригаде из шести операторов; метод, известный как метод 3/6′ операторов

Оператор (диктор)	Оператор (аудитор) A	B	C	D	E	F
A				X	X	X
B				X	X	X
C				X	X	X
D	X	X	X			
E	X	X	X			
F	X	X	X			

ТАБЛИЦА 2a/P.78

Двадцать комбинаций пар операторов при одной бригаде из пяти операторов; метод, известный как метод 5/5 операторов

Оператор (диктор)	Оператор (аудитор) A	B	C	D	E
A		X	X	X	X
B	X		X	X	X
C	X	X		X	X
D	X	X	X		X
E	X	X	X	X	

ТАБЛИЦА 2b/P.78

Тридцать комбинаций пар операторов при одной бригаде из шести операторов; метод, известный как метод 6/6 операторов

Оператор (диктор)	Оператор (аудитор) A	B	C	D	E	F
A		X	X	X	X	X
B	X		X	X	X	X
C	X	X		X	X	X
D	X	X	X		X	X
E	X	X	X	X		X
F	X	X	X	X	X	

e) при наличии двух бригад по три оператора их можно использовать вперемежку, однако более целесообразно разделить их и использовать испытательную бригаду 1 раньше бригады 2. Операторы не должны использоваться в обеих бригадах, так как это вызывает косвенное влияние и усложняет анализ;

f) все комбинации пар операторов должны испытываться, когда это целесообразно, в режиме ротации: каждый оператор начинает испытания в роли диктора, затем становится аудитором, а потом имеет перерыв;

g) планирование эксперимента должно устранить любое влияние, которое могло бы быть приписано порядку представления, то есть все системы должны испытываться в случайном порядке. Это положение можно проиллюстрировать следующими двумя примерами.

Пример 1

Если требуется показатель громкости одного типа при данной комбинации телефонного аппарата и канала, то планирование эксперимента должно учитывать для каждой комбинации пар операторов любое влияние, связанное с порядком представления. Пример приведен в таблице 3/Р.78.

Примечание. – Однако, если какая-либо лаборатория с достаточной доказательностью придет к выводу, что этот метод планирования необязателен, она может использовать упрощенное планирование.

ТАБЛИЦА 3/Р.78

Пример иллюстрации устранения влияния порядка представления для одного типа показателя громкости

Пары операторов	Диктор Аудитор	A B	B C	C A
Каналы	α	3	1	2
	α′	2	3	4
	β	1	4	3
	β′	4	2	1

где

α = тракт 0 представляется раньше тракта 2

α′ = тракт 2 представляется раньше тракта 0

β = тракт 0 представляется раньше тракта 3

β′ = тракт 3 представляется раньше тракта 0

Примечание. – Когда доказано, что разницы для данной испытательной бригады и совокупности испытательных условий нет, порядок представления трактов может быть любым.

Пример 2

Если определяется более одного показателя громкости или используется более одного телефонного аппарата, необходимо для любого эксперимента на каждую комбинацию пары операторов иметь только одно уравнивание тракта 2 по отношению к тракту 0 и наоборот, но это должно быть рандомизировано в пределах эксперимента. Пример приведен в таблице 4/Р. 78.

ТАБЛИЦА 4/P.78

Пример иллюстрации устранения влияния порядка представления для двух типов показателя громкости

Пары операторов	Диктор Аудитор	A B	B C	C A
Каналы	α	3	1	2
	α'	5	4	6
	β_1	1	2	5
	β_1'	6	5	3
	β_2	2	6	4
	β_2'	4	3	1

β_1, β_1' = имеют абонентский кабель, например, длиной 0 км.

β_2, β_2' = имеют абонентский кабель, например, длиной 6 км.

Некоторые варианты планирования экспериментов можно найти в Приложении А.

4 Выбор членов бригады и речевого материала

Требования для выбора членов бригады, включая их аудиометрическое тестирование, а также речевого материала, используемого бригадой для субъективных испытаний, можно найти в Приложении В.

5 Калибровка промежуточной эталонной системы (IRS)

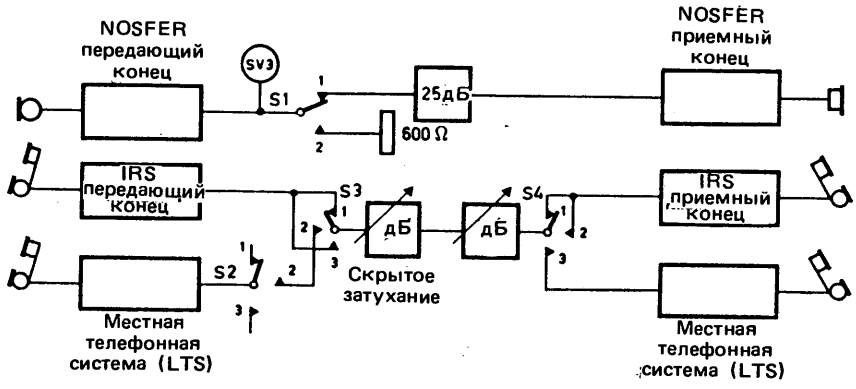
Перед каждым испытанием должна проводиться калибровка системы IRS для компенсации возможных изменений величин показателей SLR и RLR. Хорошая экспериментальная практика предусматривает контроль чувствительности системы IRS после каждого эксперимента. Описание системы IRS приведено в Рекомендации P.48, а процедура ее калибровки содержится в Рекомендации P.64. Результаты калибровки используются для определения коррекций результатов субъективного уравнивания (см. § 9).

6 Компоновка схем

Типовая блок-схема для измерений показателей SLR и RLR приведена на рис. 2a/P.78, а схемы измерений показателей JLR и OLR приведены соответственно на рис. 2b/P.78 и 2c/P.78. Можно в принципе производить измерение всех четырех типов показателей громкости в одном и том же эксперименте, однако это потребует применения крайне сложных коммутационных устройств.

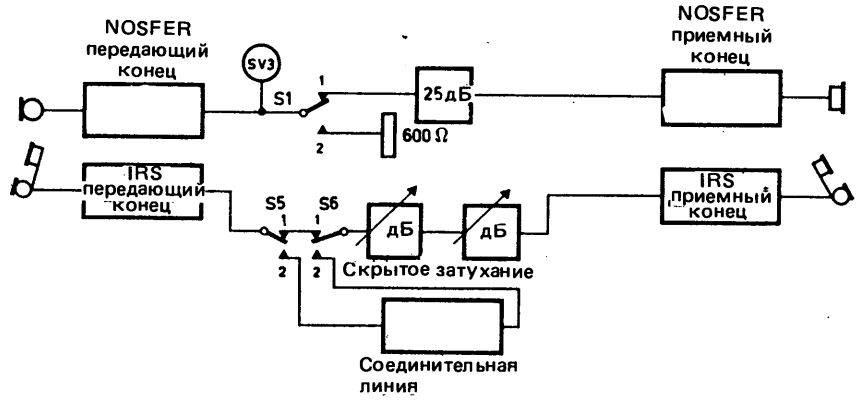
Сопротивления 600 Ом, подключаемые во втором положении переключателя S1 на рис. 2a/P.78, 2b/P.78 и 2c/P.78, позволяют корректировать требуемый уровень речи, когда тракт 0 представляется после тракта 1/2/3/4/5 (см. рис. 1/P.78). Этот переключатель должен быть без блокировки и должен возвращаться в обычное положение, как только диктор установит правильный уровень речи.

Чтобы уменьшить влияние местного эффекта на уровень речи диктора в течение передачи и при определении общих показателей, необходимо устранить акустический тракт местного эффекта телефонов с микротелефонными трубками. Это можно сделать, поместив телефон в другую аналогичную микротелефонную трубку и выполнив электрическое присоединение с нужным терминалом в передающей схеме телефонного аппарата. Затем телефон может быть герметично соединен с искусственным ухом МЭК/МККТТ, чтобы обеспечить нормальную акустическую нагрузку. Более простой способ, используемый Австралийским почтовым ведомством, состоит в закреплении телефона толстой лентой. Хотя в этом случае правильная акустическая нагрузка не обеспечивается, практически установлено, что влияние этого фактора пренебрежимо мало.



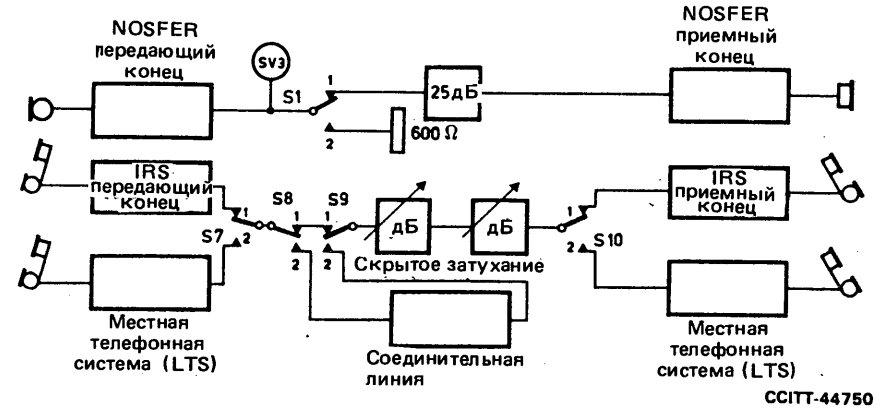
Примечание. – S1 – переключатель без блокировки. Переключатели S2, S3 и S4 спарены.

a) Схема переключений для измерения показателей SLR и RLR



Примечание. – S1 – переключатель без блокировки. Переключатели S5 и S6 спарены.

b) Схема переключений для измерения показателя JLR



Примечание. – S1 – переключатель без блокировки. Переключатели S7, S8, S9 и S10 спарены.

c) Схема переключений для измерения показателя OLR

РИСУНОК 2/P.78

Если микрофон является угольным с гранулированным порошком, то перед каждым уравниванием должна быть проведена его предварительная подготовка согласно Рекомендации P.75.

На рис. 1/P.78 и 2/P.78 показана основная эталонная система NOSFER, но могут использоваться системы других типов, таких как SETED и METRE-AIR-PATH.

7 Запись информации

Важно, чтобы о любом испытании был записан максимальный объем информации таким образом, чтобы в любое время в будущем она могла быть выведена для использования.

7.1 *Детали испытания*

Каждое испытание должно всегда включать в себя следующую информацию:

a) номер испытания – он должен быть единственным в своем роде, с тем чтобы одно испытание не могло быть спутано с другим;

b) дата;

c) название – краткое описание испытания;

d) состояния схем – описывается каждый конкретный тракт;

e) схема устройств переключений;

f) члены бригады – фамилия каждого оператора и присвоенный ему код, как это дано для примера в таблице 5/P.78. Затем каждая комбинация пар операторов может быть обозначена с помощью кода, например A-B.

ТАБЛИЦА 5/P.78

Члены бригады	
Код	Оператор
A	
B	
C	
D	
E	
F	

7.2 *Конкретные уравнивания*

Эти уравнивания должны включать в себя "скрытое затухание", затухание "уравнивания" и, наконец, результат сравнения, например,

$$R = H + B,$$

где

R – результат;

H – скрытое затухание;

B – затухание уравнивания.

8 Анализ

Для каждого эксперимента должен быть получен максимальный объем информации из анализа несоответствий. Однако достаточная полезная информация может быть получена при использовании средней величины и стандартного отклонения. Метод расчета этих параметров приведен в Приложении С.

9 Представление результатов

Результаты испытаний должны быть представлены так, чтобы самая важная информация могла быть показана на одном бланке. Пример такого бланка показан в таблице 6/P.78.

Примечание. – В таблицах с 6/P.78 по 8/P.78 приведено скорректированное среднее = среднее + коррекция.

Рабочие примеры использования бланка, показанного в таблице 6/P.78, приведены в таблицах 7/P.78 и 8/P.78. Бланк был модифицирован для обеспечения возможности определения показателей SLR и RLR на местной телефонной системе, включая две длины линии. В таблице 7/P.78 даны результаты определения показателя SLR, а в таблице 8/P.78 – показателя RLR.

ТАБЛИЦА 6/P.78
Представление результатов

Частота Гц	Чувствительность передающей части IRS (дБВ/Па)	Чувствительность приемной части IRS[a] (дБПа/В)	Пара операторов	x_0 (дБ)	x_2 (дБ)	x'_2 (дБ)	x_3 (дБ)	x'_3 (дБ)	x_2 (дБ)	x'_2 (дБ)	x_4 (дБ)	x'_4 (дБ)	SLR (дБ)	SLR′ (дБ)	RLR (дБ)	RLR′ (дБ)	$\frac{SLR + SLR'}{2}$ (дБ)	$\frac{RLR + RLR'}{2}$ (дБ)
100																		
125																		
160																		
200																		
250																		
315																		
400																		
500																		
630																		
800																		
1000																		
1250																		
1600																		
2000																		
2500																		
3150																		
4000																		
5000																		
6300																		
8000																		
Вычисленный показатель громкости системы IRS			Среднее: дБ															
			Стандартное отклонение: дБ															
			95-процентные доверительные пределы: дБ															
				Скорректированное среднее: дБ														

[a] Искусственное ухо соответствует Рекомендации P.51.

ТАБЛИЦА 7/P.78

Пример использования бланка, показанного в таблице 6/P.78, для определения показателя SLR

Частота Гц	Чувствительность передающей части IRS (дБВ/Па)	Чувствительность приемной части IRS[a] (дБПа/В)	Пара операторов	x_0 (дБ)	x_2 (дБ)	x_2' (дБ)	x_3 (0) (дБ)	x_3' (0) (дБ)	x_2 (дБ)	x_2' (дБ)	x_3 (L) (дБ)	x_3' (L) (дБ)	SLR (0) (дБ)	SLR′ (0) (дБ)	SLR (L) (дБ)	SLR′ (L) (дБ)	$\frac{SLR + SLR'}{2}$ (0) (дБ)	$\frac{SLR + SLR'}{2}$ (L) (дБ)
100			A–C	25	14	15	13	14			12	10	1	1	2	5	1,0	3,5
125			D–A	25	13	13	8	10			10	11	5	3	3	2	4,0	2,5
160			C–D	25	10	11	7	11			10	11	3	0	0	0	1,5	0,0
200	–19,7		D–C	25	12	14	11	10			10	11	1	4	2	3	2,5	2,5
250	–15,3		C–A	25	17	17	17	13			12	14	0	4	5	3	2,0	4,0
315	–12,2		A–D	25	10	12	8	10			10	8	2	2	0	4	2,0	2,0
400	– 9,6		F–E	25	11	11	7	7			5	4	4	4	6	7	4,0	6,5
500	– 8,0		B–F	25	10	11	6	8			5	7	4	3	5	4	3,5	4,5
630	– 6,7		E–B	25	13	12	8	13			8	9	5	–1	5	3	2,0	4,0
800	– 5,9		E–F	25	13	13	12	11			12	8	1	2	1	5	1,5	3,0
1000	– 5,6		F–B	25	12	13	9	5			5	6	3	8	7	7	5,5	7,0
1250	– 4,2		B–E	25	12	13	9	9			9	10	3	4	3	3	3,5	3,0
1600	– 1,2																	
2000	0																	
2500	+ 1,0																	
3150	+ 0,3																	
4000	–36,5																	
5000																		
6300																		
8000																		
Вычисленный показатель громкости системы IRS	1,09		Среднее: дБ	25	12,25	12,92	9,58	10,08			9,00	9,08	2,67	2,83	3,25	3,83	2,75	3,54
			Стандартное отклонение: дБ	0	1,92	1,71	3,01	2,50			2,58	2,56	1,60	2,23	2,24	1,91	1,28	1,82
			95-процентные доверительные пределы: дБ	0	1,22	1,08	1,91	1,59			1,64	1,63	1,02	1,42	1,42	1,21	0,81	1,16
				Скорректированное среднее: дБ									3,76	3,92	4,34	4,92	3,84	4,63

[a] Искусственное ухо соответствует Рекомендации P.51.

ТАБЛИЦА 8/P.78

Пример использования бланка, показанного в таблице 6/P.78, для определения показателя RLR

Частота Гц	Чувствительность передающей части IRS (дБВ/Па)	Чувствительность приемной части IRS[a] (дБПа/В)	Пара операторов	x_0 (дБ)	x_2 (дБ)	x_2' (дБ)	x_4 (0) (дБ)	x_4' (0) (дБ)	x_2 (дБ)	x_2' (дБ)	x_4 (L) (дБ)	x_4' (L) (дБ)	RLR (0) (дБ)	RLR′ (0) (дБ)	RLR (L) (дБ)	RLR′ (L) (дБ)	$\frac{RLR + RLR'}{2}$ (0) (дБ)	$\frac{RLR + RLR'}{2}$ (L) (дБ)
100			C–B	25	10	11	20	20			15	13	–10	– 9	–5	–2	– 9,5	–3,5
125			B–E	25	15	9	19	21			13	13	– 4	–12	2	–4	– 8,0	–1,0
160			B–C	25	14	17	23	23			17	14	– 9	– 6	–3	3	– 7,5	0,0
200		– 3,8	E–B	25	11	10	19	19			13	15	– 8	– 9	–2	–5	– 8,5	–3,5
250		2,0	C–E	25	8	11	16	18			14	15	– 8	– 7	–6	–4	– 7,5	–5,0
315		6,6	E–C	25	13	13	18	18			13	16	– 5	– 5	0	–3	– 5,0	–1,5
400		9,8	D–F	25	8	9	13	13			12	9	– 5	– 4	–4	0	– 4,5	–2,0
500		11,2	F–A	25	14	14	22	21			17	16	– 8	– 7	–3	–2	– 7,5	–2,5
630		12,1	D–A	25	12	10	18	18			13	13	– 6	– 8	–1	–3	– 7,0	–2,0
800		12,8	A–D	25	12	8	21	19			12	11	– 9	–11	0	–3	–10,0	–1,5
1000		13,4	A–F	25	10	9	15	18			9	9	– 5	– 9	1	0	– 7,0	0,5
1250		13,8	F–D	25	11	9	19	16			10	10	– 8	– 7	1	–1	– 7,5	0,0
1600		14,0																
2000		13,2																
2500		11,0																
3150		10,4																
4000		–15,8																
5000																		
6300																		
8000																		
Вычисленный показатель громкости системы IRS		– 0,16	Среднее: дБ	25	11,50	10,83	18,58	18,67			13,17	12,83	– 7,08	– 7,83	–1,67	–2,00	– 7,46	–1,83
			Стандартное отклонение: дБ	0	2,18	2,51	2,75	2,46			2,30	2,44	1,89	2,23	2,46	2,12	1,51	1,56
			95-процентные доверительные пределы: дБ	0	1,38	1,59	1,75	1,56			1,46	1,55	1,20	1,42	1,56	1,35	0,96	0,99
				Скорректированное среднее: дБ									– 7,24	– 7,99	–1,83	–2,16	– 7,62	–1,99

[a] Искусственное ухо соответствует Рекомендации P.51.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(к Рекомендации Р.78)

Примеры планирования экспериментов

В таблицах А-2/Р.78, А-3/Р.78 и А-4/Р.78 приведено типовое планирование экспериментов для различных размеров бригады операторов.

Как пример при использовании таблицы А-2/Р.78 порядок уравниваний соответствует приведенному порядку в таблице А-1/Р.78.

ТАБЛИЦА А-1/Р.78

Номер уравнивания	Пара операторов	Канал
1	BA	β_1
2	CB	α
3	DC	β_2
|		|
|		|
|		|
13	BA	β'_1
14	CB	β_1
15	DC	β'_2
|		|
|		|
|		|
25	BA	β_2
26	CB	β'_2
27	DC	α
|		|
|		|
|		|
71	AC	β_1
72	DA	α'

Пары операторов по очереди производят все уравнивания в порядке нумерации, начиная с "1" и кончая "6".

Аналогичные таблицы могут быть составлены для испытаний, требующих определения только одного типа показателя громкости; в этом случае требуются только 4 схемы, например, для испытаний показателя SLR – это α, α', β и β', которым приписываются номера 1, 2, 3 и 4 соответственно.

При испытаниях, предусматривающих использование большего количества схем, можно следовать этим же принципам, принимая количество номеров равным числу схем.

Может оказаться необходимым повысить достоверность результатов; это может быть сделано повторением одного и того же эксперимента при том же составе пар операторов.

ТАБЛИЦА А-2/Р.78

Планирование для одной бригады из 4 операторов или для двух бригад по 3 оператора

Одна бригада из 4 Пары операторов	Диктор Аудитор	B A	C B	D C	A D	C A	B D	A B	B C	C D	D B	A C	D A
Две бригады из 3	Диктор Аудитор	B A	C B	A C	C A	B C	A B	E D	F E	D F	F D	E F	D E
Каналы	α	4	1	3	2	6	5	3	6	1	5	4	2
	α'	6	5	4	3	2	1	2	4	5	3	1	6
	β_1	1	2	5	6	3	4	5	3	2	1	6	4
	β'_1	2	4	6	5	1	3	4	2	3	6	5	1
	β_2	3	6	1	4	5	2	6	1	4	2	3	5
	β'_2	5	3	2	1	4	6	1	5	6	4	2	3

ТАБЛИЦА А-3/Р.78

Планирование для одной бригады из 6 операторов

Пары операторов	Диктор Аудитор	D A	E B	F C	E A	F B	D C	F A	D B	E C	A D	B E	C F	A E	B F	C D	A F	B D	C E
Каналы	α	4	1	3	2	6	5	3	6	1	5	4	2	1	2	6	3	5	4
	α'	6	5	4	3	2	1	2	4	5	3	1	6	5	4	1	6	2	3
	β_1	1	2	5	6	3	4	5	3	2	1	6	4	4	6	2	1	3	5
	β'_1	2	4	6	5	1	3	4	2	3	6	5	1	3	1	4	5	6	2
	β_2	3	6	1	4	5	2	6	1	4	2	3	5	6	5	3	2	4	1
	β'_2	5	3	2	1	4	6	1	5	6	4	2	3	2	3	5	4	1	6

ТАБЛИЦА А-4/Р.78

Планирование для одной бригады из 5 операторов

Пары операторов	Диктор Аудитор	B A	C B	D C	E D	A E	C A	E C	B E	D B	A D	D A	B D	E B	C E	A C	E A	D E	C D	B C	A B
Каналы	α	4	1	3	2	6	5	3	6	1	5	4	2	1	2	6	3	5	4	1	6
	α'	6	5	4	3	2	1	2	4	5	3	1	6	5	4	1	6	2	3	2	5
	β_1	1	2	5	6	3	4	5	3	2	1	6	4	4	6	2	1	3	5	3	4
	β'_1	2	4	6	5	1	3	4	2	3	6	5	1	3	1	4	5	6	2	4	3
	β_2	3	6	1	4	5	2	6	1	4	2	3	5	6	5	3	2	4	1	5	2
	β'_2	5	3	2	1	4	6	1	5	6	4	2	3	2	3	5	4	1	6	6	1

ПРИЛОЖЕНИЕ B

(к Рекомендации P. 78)

Выбор членов бригады, аудиометрическое тестирование операторов и речевой материал

B.1 *Члены бригады*

Бригада, по возможности, должна состоять из равного количества мужчин и женщин.

При отборе следует руководствоваться следующими принципами:

a) хороший слух – ни один из операторов не должен иметь потерю слуха более 15 дБ на всех частотах до 4 кГц включительно и не более 25 дБ на частоте 8 кГц. Это показано на рис. B-1/P.78. Если предполагается, что потребуются перекрестные уравнивания, при которых необходимо использовать оба уха, то максимальная разница между ними по остроте слуха должна быть ±10 дБ на всех частотах. Пример процедуры аудиометрического тестирования субъектов представлен ниже в § B.2;

b) ясная речь – каждый оператор не должен иметь очевидных дефектов речи;

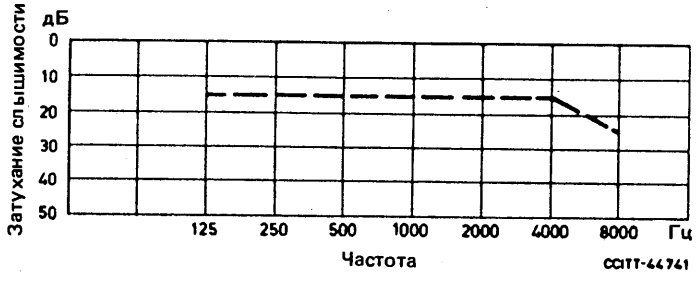
c) оператор должен уметь согласованно работать с другими людьми;

d) оператор должен уметь производить простые арифметические вычисления;

e) оператор после достаточной тренировки должен уметь говорить с постоянным уровнем;

f) оператор не должен страдать клаустрофобией (боязнью замкнутого пространства), поскольку в течение испытания оператор должен небольшое время находиться в уединении;

g) операторы должны регулярно проходить проверки своего состояния как в роли диктора, так и в роли аудитора, с тем чтобы обнаружить любые отклонения от нормы. Полное описание можно найти в [3].



Примечание. – Номинальный слух при 0 дБ.

РИСУНОК B-1/P.78

Маска максимальной потери слуха субъектов

B.2 *Аудиометрическое тестирование субъектов – процедура простой проверки [4]*

B.2.1 Визуальная проверка наличия в ушах ушной серы, опросить субъекта, нет ли у него озноба, синусита или какой-либо другой аномалии.

B.2.2 *Частоты тестирования*

125, 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000 Гц.

B.2.3 *Пример представления*

1000, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000, 125, 250, 500, 1000 Гц.

Примечание. – Обычно второе показание на частоте 1000 Гц будет ниже первого.

Придерживаться указанной выше последовательности для одного уха, затем повторить для другого уха.

B.2.4 *Пример определения порога*

Начать выше предположительного порога (скажем, потеря слуха 20 дБ), приближаться ступенями по 10 дБ неслышимости (отсутствие реакции). Возвратиться к последнему слышимому уровню и снижаться ступенями по 5 дБ. Затем приближаться к этому порогу снизу ступенями по 5 дБ. Длительность сигнала от 1 до 2 секунд.

Порогом является та величина, при которой для четырех последовательных возбуждений получаются две равные реакции.

B.2.5 *Шум помещения* [5]

Максимальные допустимые уровни в испытательном помещении при использовании накладных головных телефонов даны в таблице B-1/P.78.

Если используются головные телефоны, закрывающие уши, то обычно допускаются более высокие уровни шума.

ТАБЛИЦА B-1/P.78

Полоса октавы	Уровень звукового давления (дБ)
125	22,0
250	16,0
500	18,0
1000	26,0
2000	36,0
3000	39,5
4000	38,5
6000	40,0
8000	34,5

B.3 *Речевой материал*

Испытательная фраза или фразы могут быть "лишенными смысла" или "смысловыми". Примеры:

a) Joe took father's shoe bench out,

b) Paris – Bordeaux – Le Mans – Saint-Leu – Léon – Loudun.

Нужно обращать должное внимание на нижеследующие положения:

i) умение каждого оператора произносить выбранную испытательную фразу или фразы плавно и с постоянным речевым уровнем. Поэтому звуковая структура родных языков операторов имеет отношение к выбору испытательной фразы или фраз;

ii) фраза или фразы должны быть выбраны так, чтобы принятый измерительный метод контроля речевого уровня (то есть измерение отклонения) мог дать совместимую и легко различимую индикацию речевого уровня.

ПРИЛОЖЕНИЕ С

(к Рекомендации P.78)

Упрощенный статистический анализ

C.1 *Среднее значение*

Среднее значение рассчитывается по следующей формуле:

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{n}.$$

C.2 *Стандартное отклонение*

Нельзя считать, что операторы выбираются случайным образом, представляя собой выборку из населения, и что комбинации пар операторов независимы одна от другой. В этих обстоятельствах стандартное отклонение должно определяться по оценке этой группы и не является оценкой населения.

Формула расчета для стандартного отклонения такова:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma (x - \bar{x})^2}{n}}.$$

C.3 Более детальный статистический анализ возможен путем расчета доверительных интервалов, как объяснено в § 1.3.4 *Руководства по телефонометрии* [6]. Доверительный интервал обусловливается разбросом между членами бригады операторов, количеством членов бригады и построением эксперимента. Типовые величины в хорошо выполненных испытаниях составляют ± 5 дБ для условий, указанных в таблице 1a/P.78, ± 4 дБ для таблицы 1b/P.78, ± 3 дБ для таблицы 2a/P.78 и ± 2 дБ для таблицы 2b/P.78.

Библиография

[1] МККТТ, Вопрос 19/XII, Вклад ИК XII-№ 1, Исследовательский период 1985–1988 гг., Женева, 1985 г.

[2] "Планирование и анализ эффективности измерений громкости", Красная книга, том V, Приложение 7, МСЭ, Женева, 1962 г.

[3] "Выдержка из исследования разницы между результатами для конкретных членов бригады в испытаниях громкости уравниванием", Красная книга, том V, Приложение 6, стр. 214, МСЭ, Женева, 1962 г.

[4] BURNS (W.): Noise and man, *Murray*, pp. 70–80, 1968.

[5] *Ibid.*, pp. 298-300.

[6] МККТТ, "Руководство по телефонометрии", МСЭ, Женева, 1987 г.

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГРОМКОСТИ

(Женева, 1980 г.; изменена в Малага-Торремолиносе, 1984 г., Мельбурне, 1988 г.)

Предисловие

Метод, приведенный в настоящей Рекомендации, является предварительным по причинам, подробно изложенным ниже. Суть в том, что его применимость к местным телефонным системам, содержащим угольные микрофоны, полностью не подтверждена. Тем не менее Администрации, проводящие изучение Вопроса 19/XII [1] (рекомендованные величины показателей громкости), могут применять этот метод для исследований, относящихся к новым типам телефонных аппаратов, не содержащих угольных микрофонов [1].

Администрациям целесообразно также использовать этот метод при изучении Вопроса 7/XII [2] для выражения затухания громкости по общей шкале оценки качества.

В этой Рекомендации описывается метод расчета, который дает результаты, хорошо согласующиеся с результатами субъективных испытаний, проведенных лабораторией [2] МККТТ (см. Рекомендацию Р.78) при использовании местных телефонных систем с неугольными микрофонами. Для определения чувствительности на передачу и на прием таких местных систем должен использоваться метод, описанный в Рекомендации Р.64.

При рассмотрении местных телефонных систем с угольными микрофонами результаты испытаний, полученные до сих пор в лаборатории МККТТ, дают основание полагать, что приведенный в настоящей Рекомендации метод может все же применяться, если для определения чувствительности на передачу используется подходящий метод. Для этой цели рассматриваются различные методы измерений, перечисленные в Приложении В к Рекомендации Р.64. Обширные испытания лаборатории МККТТ методом "верхней огибающей" показывают, что этот метод дает хорошие результаты для некоторых типов угольных микрофонов. Эта проблема изучается в рамках Вопроса 8/XII [3] (Измерение эффективности микрофона или приемника).

Показатели громкости аналоговых телефонных аппаратов объективно определяются с помощью специальных измерительных приборов, соответствующих Рекомендациям Р.64 и Р.65 в отношении физической реализации и настоящей Рекомендации в отношении алгоритма вычислений. Однако эти результаты не должны непосредственно применяться для планирования передачи без соблюдения некоторых предосторожностей в отношении полосы частот и нагрузочных сопротивлений.

1 Введение

Показатели громкости согласно принципам, изложенным в Рекомендации Р.76, могут быть определены без использования субъективных испытаний, если выполнены следующие условия:

a) имеется теоретическая модель с подходящей структурой;

b) известны соответствующие величины важнейших параметров модели;

c) известны чувствительности на передаче и на приеме промежуточных эталонных систем;

d) известны чувствительности на передаче и на приеме "неизвестных" местных телефонных систем и вносимое затухание цепочки каналов.

Методы определения чувствительности на передаче и на приеме с использованием искусственного рта и искусственного уха рассмотрены в Рекомендации Р.64. Характеристики промежуточной эталонной системы, определенные теми же методами, приведены в Рекомендации Р.48. Чувствительности на приеме, полученные с использованием искусственного уха, упомянутого в Рекомендации Р.64, не могут быть непосредственно использованы в расчетах показателей громкости; эти чувствительности должны быть скорректированы с помощью поправок на разности между звуковым давлением в реальном ухе при телефонном разговоре и давлением, измеренным с помощью искусственного уха. Информация относительно этой коррекции (L_E) приведена в § 6.

---

[1] Этот метод может также использоваться для определения показателей громкости приема независимо от наличия в телефонном аппарате угольного микрофона.

[2] Метод расчета, описанный в этой Рекомендации, основан на взвешивающих коэффициентах, которые определены на 20 предпочтительных частотах стандартом ISO. Общая применимость этого метода могла бы быть расширена, если бы для использования на других группах частот имелись также сглаженные аналитические выражения.

2 Определения и обозначения, относящиеся к звуковому давлению, чувствительности и затуханию передачи

Определения и обозначения, используемые в последующем описании теоретических принципов, приведены ниже. Это иллюстрируется на рис. 1/P.79.

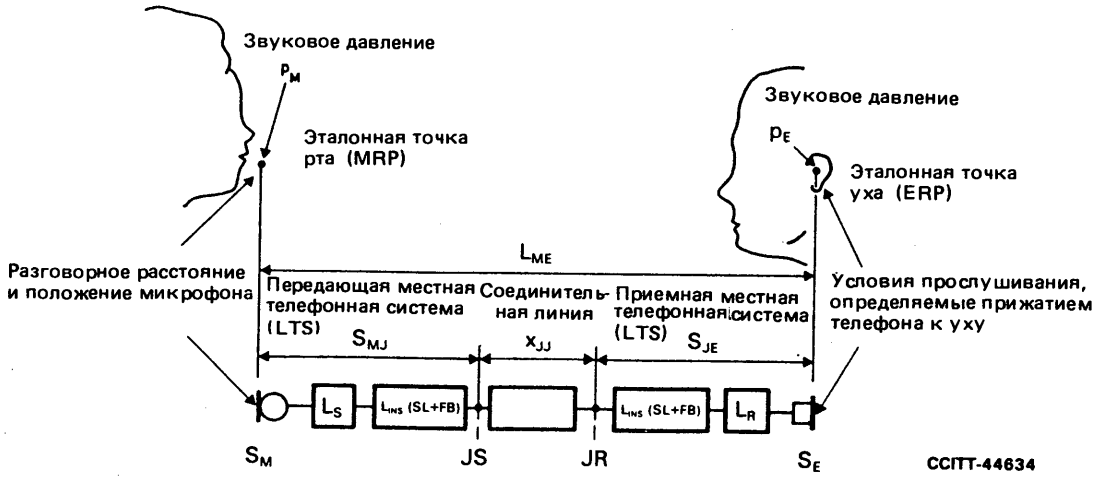


РИСУНОК 1/P.79

Факторы, влияющие на громкость принимаемой речи

2.1 *Относящиеся к говорящему*

Эти определения и обозначения характеризуют положение, при котором субъект выступает в роли говорящего; они включают его физическое взаимоотношение с телефонным или эталонным соединением.

MRP — Точка, определяющая эталонную точку рта; точка MRP занимает определенное положение относительно губ говорящего. (См. Рекомендацию P.64).

ρ_M — Звуковое давление в точке MRP[3] при отсутствии препятствия.

B'_S — Спектральная плотность (долговременное среднее давление)[4] речи, отнесенная к точке MRP в дБ относительно 20 мкПа в полосе частот 1 Гц.

VL — Речевой уровень, то есть уровень звукового давления речи говорящего (долговременная среднеквадратическая величина при активности говорящего) в точке MRP; обычно соотносится с эталонным речевым уровнем в качестве опорного уровня.

SP — Разговорное положение, то есть относительное положение микрофона телефонного аппарата или эталонной системы и губ говорящего.

---

3) Эталонный или опорный уровень должен быть определен, например 1 Па, 20 мкПа и т. д.

4) На практике измерения производятся в единицах звукового давления, и эта условность сохраняется для удобства объяснения. Следует заметить, что звуковое давление относительно 20 мкПа в полосе частот 1 Гц приблизительно равно интенсивности звука относительно 1 пВт/м^2 на Гц.

2.2 *Относящиеся к слушающему*

Эти определения и обозначения характеризуют положение, при котором субъект выступает в роли слушающего; они включают его физическое взаимоотношение с телефонным или эталонным соединением.

ERP — Точка, определяющая эталонную точку уха (см. Рекомендацию Р.64).

p_E — Звуковое давление в точке ERP.

β_0 — Порог слышимости для чистых тонов, отнесенный к точке ERP в дБ относительно 20 мкПа.

K — Число, относящееся к флетчеровским критическим полосам частот и требующееся для преобразования порога слышимости для чистых тонов в порог для речеподобных звуков с непрерывным спектром.

$\beta_0 - K$ — Порог слышимости для звуков с непрерывным спектром, отнесенный к точке ERP в дБ относительно 20 мкПа в полосе частот 1 Гц.

HL — Потеря слышимости; обычно относится к "нормальному" порогу слышимости.

LC — Условия прослушивания; способ, которым телефон и его связь с ухом относятся к точке ERP.

2.3 *Относящиеся к телефонным или эталонным соединениям*

Эти определения и обозначения служат для оценки характеристик телефонных или эталонных соединений:

L_{ME} — Затухание передачи воздушного тракта (в дБ) от точки MRP до точки ERP.

JS, JR — Электрические стыки на выходе передающей местной телефонной системы и на входе приемной местной телефонной системы.

LTS — Местная телефонная система.

S_{MJ} — Чувствительность на передаче местной телефонной системы от точки MRP до электрического выхода (JS).

Примечание. – Чувствительность S_{MJ} относится к среднему реальному рту; для практических целей чувствительность, измеренная согласно Рекомендации Р.64 с применением рекомендованного искусственного рта, может использоваться для телефонных аппаратов с микротелефонными трубками.

S_{JE} — Чувствительность на приеме местной телефонной системы от электрического входа (JR) до точки ERP.

Примечание. – Чувствительность S_{JE} относится к среднему реальному уху; чувствительность, измеренная с применением искусственного уха по Рекомендации Р.64 и согласно описанному в ней методу, обозначается знаком S_{Je}. Такие величины должны быть скорректированы для получения соответствующих значений S_{JE} (см. § 6).

x_{JJ} — Затухание передачи между местными телефонными системами, то есть между стыком JS и стыком JR на рис. 1/Р.79. Каналы, относящиеся к реальным телефонным соединениям, будут состоять из местных соединительных линий, междугородных каналов, коммутационных центров и т. д. Для целей оценки эта цепочка линий заменяется безреактивным аттенюатором и фильтрами и т. д. и называется обобщенно "соединительная линия".

S_{RMJ}, S_{RJE}, L_{RME} и т. д. — Величины S_{RMJ}, S_{RJE}, L_{RME} и т. д. применимы к эталонному разговорному тракту, например NOSFER или IRS, определенным в Рекомендации Р.48.

S_{UMJ}, S_{UJE}, L_{UME} и т. д. — Величины S_{UMJ}, S_{UJE}, S_{UME} и т. д. применимы к "неизвестному" разговорному тракту, например телефонному соединению.

x_{UR}, x_{RU} — Величины x применимы к комбинациям от "неизвестного" передающего разговорного тракта до эталонного приемного и от эталонного передающего разговорного тракта до "неизвестного" приемного.

S_M — Чувствительность микрофона телефонного аппарата, отнесенная к точке MRP.

S_E — Чувствительность телефона-приемника, отнесенная к точке *ERP*.

L_S — Электрическое затухание передачи от зажимов микрофона до линейных зажимов телефонного аппарата.

L_R — Электрическое затухание передачи от линейных зажимов телефонного аппарата до зажимов приемника.

L_{INS} (*SL* + *FB*) — Затухание передачи абонентской линии и питающего моста.

3 Структура теоретической модели

3.1 *Определения, относящиеся к громкости, ее соотношению с уровнем ощущения и показателями громкости*

Эти определения и обозначения относятся к факторам, касающимся громкости и показателей громкости телефонных разговорных трактов:

Z	Уровень ощущения в дБ принятого речевого сигнала на данной частоте; описывает часть принятого речевого сигнала, которая превышает порог и, следовательно, эффективна в создании ощущения громкости.
Z_{RO}	Величина Z, когда $L_{ME} = 0$ дБ.
$Q(Z)$	Функция величины Z, относящаяся к громкости; преобразует уровень ощущения, выраженный в единицах уровня Z, в значения громкости.
m	Параметр, который можно использовать для определения функции $Q(Z)$; представляет наклон $10 \log_{10} Q(Z)$ как функцию уровня Z.
S	Монотонная функция частоты, характеризующаяся тем, что равные приращения S оказывают равное воздействие на громкость, если взаимосвязанные величины Z одинаковы.
S'	Производная S по частоте; $S' = dS/df$. S' можно рассматривать как частотно-взвешивающий коэффициент.
dS	Из предыдущего: $dS = S'\,df$.
$\overline{Q(Z)}$	Взвешенное среднее функции $Q(Z)$, относящееся к общей громкости принятого речевого сигнала.
λ	Громкость рассматриваемого звука.
OLR, SLR, RLR, JLR	Общий показатель громкости, показатели громкости передачи, приема и соединительной линии.

3.2 *Модель громкости*

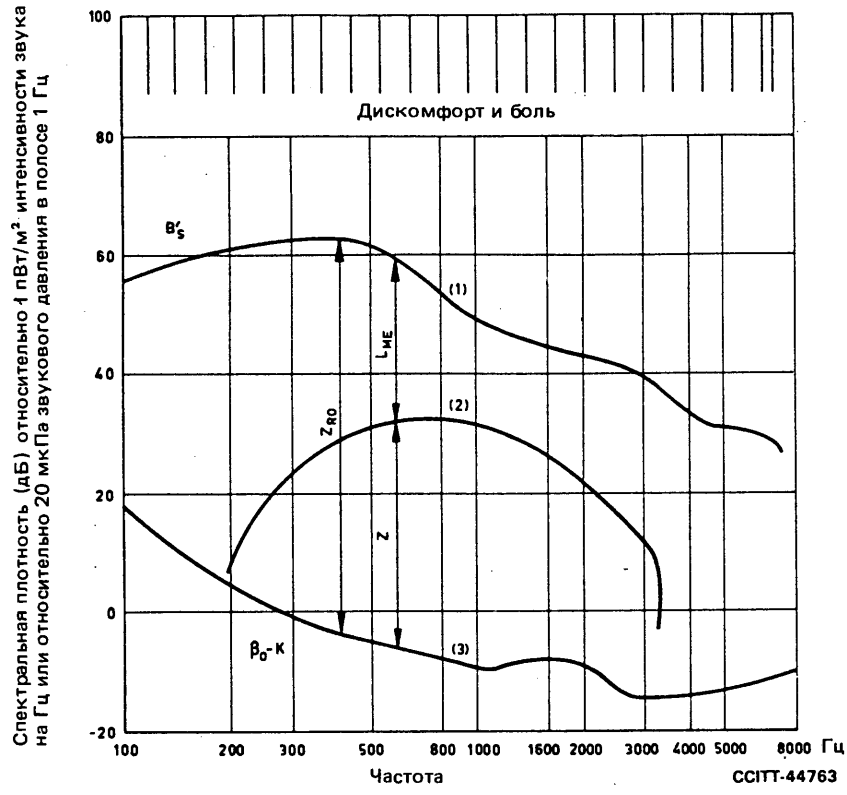
При рассмотрении трактов передачи речи необходимо определить акустические окончания трактов. В качестве этих окончаний можно выбрать точки MRP и ERP, которые определены в Рекомендации Р.64.

Кривая 1 на рис. 2/Р.79 представляет собой спектральную плотность B'_S речи с определенным речевым уровнем, измеренную в точке MRP при отсутствии препятствия перед ртом[5]. Можно считать, что измерение производится с помощью очень маленького измерительного микрофона. Прежде чем достигнуть уха телефонного собеседника, речь претерпевает затухание и подвергается искажениям в телефонном разговорном тракте; спектральная плотность речи на выходе тракта представлена кривой 2; можно считать, что точка ERP, к которой относится кривая 2, расположена на входе слухового канала или же в среднем ухе, то есть на барабанной перепонке уха слушающего. Современные исследования используют эталонную точку уха, расположенную на входе слухового канала (как указывается в Приложении А к Рекомендации Р.64). Промежуток L_{ME} между кривыми 1 и 2 представляет собой частотнозависимое затухание передачи "рот – ухо".

Вклад участков принятого спектра, представленного кривой 2, неодинаков: участки спектра с уровнем ниже порога слышимости вносят очень малый вклад в громкость по сравнению с участками спектра, расположенными выше порога. Это принято во внимание при определении величины "порога ощущения" (Z), представляющей собой промежуток между принятым спектром (кривая 2) и порогом слышимости для звуков с непрерывным спектром $(\beta_0 - K)$, показанным на кривой 3. Таким образом, громкость принятых речевых звуков зависит от уровня Z, который, как правило, является частотнозависимым.

---

[5] Определение точки MRP приведено в Приложении А к Рекомендации Р. 64.



Кривая (1) Спектральная плотность речи в эталонной точке рта.
Кривая (2) Спектральная плотность речи в эталонной точке уха, принятой по почти предельному телефонному разговорному тракту.
Кривая (3) Порог слышимости для звуков с непрерывным спектром.

РИСУНОК 2/P.79

Определение уровня ощущения Z как части принятого речевого сигнала, эффективной в создании ощущения громкости

Исследования показали[6], что громкость λ может быть приблизительно выражена в виде функции уровня Z следующим образом:

$$\lambda = C \int_{f_1}^{f_2} Q(Z)\, S'\, df, \tag{3-1}$$

где C – постоянная; $Q(Z)$ – "функция приращения громкости", преобразующая уровень Z так, что равные приращения преобразованных величин представляют равные приращения громкости; S' – "частотновзвешивающая функция", которая взвешивает преобразованные величины уровня Z в соответствии с их положением на шкале частот; частоты f_1 и f_2 соответствуют нижней и верхней граничным частотам полосы частот, представляющей интерес.

---

6) Эта модель не претендует на точное представление всех свойств, относящихся к восприятию громкости речи. Например, в ней не принимается во внимание межчастотное маскирование и не предсказывается повышение роли низких частот по мере увеличения интенсивности звука по отношению к порогу. Существует возможность создания моделей, в большей степени представляющих свойства речи, однако полностью исчерпывающей модели нет. Такие модели слишком сложны для расчета показателей громкости. Самым большим недостатком этой модели является то, что она требует при выполнении сравнений постоянного уровня прослушивания, указанного в Рекомендации P.76.

При желании частотная шкала может быть преобразована в шкалу S, равные приращения которой имеют одинаковую "важность" в отношении громкости.

Тогда:

$$S' = \frac{\mathrm{d}\,S}{\mathrm{d}\,f}, \tag{3-2}$$

что приводит к

$$\lambda = C \int_{S_1}^{S_2} Q(Z)\ \mathrm{d}\,S, \tag{3-3}$$

где S_1 и S_2 – точки шкалы S, соответствующие частотам f_1 и f_2 соответственно.

Основные элементы процесса определения показателей громкости показаны на диаграмме рис. 3/P.79. Диаграмма отображает "эталонный" спектр, уменьшенный за счет затухания телефонного соединения, в результате чего получается приемный спектр, образующий совместно с порогом слышимости уровень Z, величины которого (как функции частоты) эффективно участвуют в создании ощущения громкости. Тогда:

$$Z = B'_S - L_{ME} - (\beta_0 - K). \tag{3-4}$$

В этих уравнениях уровень Z преобразуется в значения громкости, которые затем взвешиваются посредством частотновзвешивающей функции для получения функции $\overline{Q(Z)}$; λ, громкость принятой речи по соответствующей шкале.

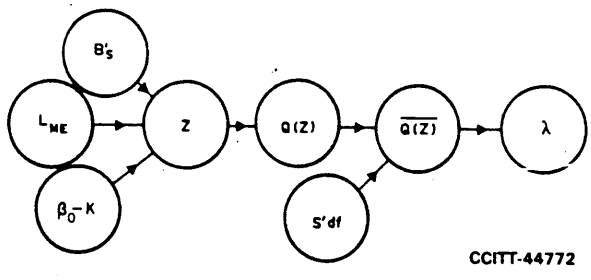


РИСУНОК 3/P.79

Упрощенная диаграмма, показывающая взаимосвязь громкости λ и уровня ощущения Z

На диаграмме рис. 3/P.79 представлены только основные элементы алгоритма определения показателя громкости, которые нуждаются в дальнейшей детализации. Например, B'_S зависит от особенностей конкретного говорящего и уровня его речи, от используемых испытательных фраз и расположения губ говорящего относительно микрофона, которое зависит от индивидуальной манеры говорить, а также до некоторой степени от произвольного определения точки MRP. Аналогичным образом уровень принятого спектра зависит от конкретного слушающего и его характеристик, например от плотности прилегания его уха к телефону, когда микротелефонная трубка удерживается в предписанном положении, независимо от наличия у него потери слуха, а также от точки ERP.

Кроме того, исследования планирования передачи требуют разделения затухания соединения L_{ME} на составные части, например, на передающую часть, приемную часть и соединительную часть.

Частично функция $Q(Z)$ может быть определена в единицах параметра m, являющегося наклоном логарифма $Q(Z)$, вычерченного относительно уровня Z. Однако в общем случае наклон m зависит от уровня прослушивания (или Z); вместе с тем m может считаться постоянным в широком диапазоне практически используемых уровней Z.

Те дополнительные факторы, которые в настоящее время представляются важными, включены в более детальную блок-схему рис. 4/P.79, являющуюся развитием рис. 3/P.79. Влияние этих факторов можно оценить на основе предшествующего обсуждения и определений, приведенных в § 3.1. Рис. 3/P.79 дополняет эти определения.

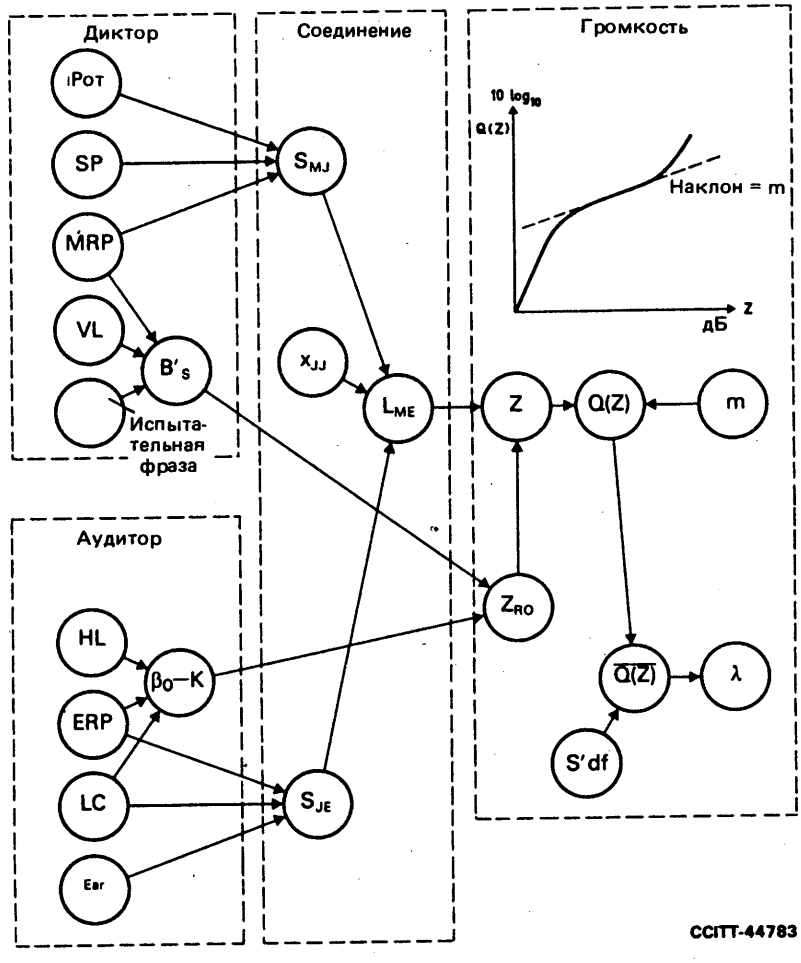


РИСУНОК 4/P.79

Блок-схема

4 Значения параметров

4.1 *Общие положения*

Для реализации модели в виде, описанном в § 3, в принципе необходимо указать значения следующих параметров:

B'_S как функцию частоты;

$10 \log_{10} S'$ как функцию частоты;

m, который (частично) определяет функцию увеличения громкости $Q(Z)$;

$\beta_0 - K$ как функцию частоты.

В действительности для указанных целей удобно объединить все эти параметры в один-единственный частотнозависимый параметр, который вместе с наклоном m может использоваться для расчета показателей громкости передачи, приема и соединительной линии, а также вносимого затухания громкости электрическими элементами, такими как канальные фильтры, в коммерческом телефонном соединении.

Теоретический вывод этого частотнозависимого параметра G поясняется ниже.

Параметр G, вместе с наклоном m, может быть получен непосредственно из результатов субъективных испытаний уравнивания громкости, проводимых с использованием комплекта фильтров нижних и верхних частот в подходящей эталонной системе.

4.2 *Теоретический вывод параметра G*

Уравнение (3-1) можно записать как

$$\lambda_U = C \int Q(Z_U)\, S'\, \mathrm{d}f \tag{4-1a}$$

и

$$\lambda_R = C \int Q(Z_R)\, S'\, \mathrm{d}f, \tag{4-1b}$$

где λ_U и λ_R представляют громкость речи, принятой через "неизвестный" тракт и эталонный разговорный тракт соответственно, а Z_U и Z_R есть соответствующие величины уровня ощущения (являющиеся функциями частоты).

Описываемый ниже метод расчета зависит от предположения (в значительной степени подтвержденного для ограниченных диапазонов уровня прослушивания), что функция $Q(Z)$ может быть представлена в форме:

$$Q(Z) = \text{постоянная} \cdot 10^{m(1/10)\,Z}. \tag{4-2}$$

(Основание 10 и множитель 1/10 используются просто в связи с тем, что Z выражается в децибелах).

Пусть

$$Z_{RO} = B'_S - (\beta_0 - K), \tag{4-3}$$

подставляя которое в выражение (3-4), получим:

$$Z_U = Z_{RO} - L_{UME}; \tag{4-4a}$$

$$Z_R = Z_{RO} - L_{RME}. \tag{4-4b}$$

Подставляя выражения (4-4a) и (4-4b) в выражения (4-1a) и (4-1b) и преобразуя, получим:

$$\lambda_U = C \int 10^{-m(1/10)\,L_{UME}} \left[10^{m(1/10)\,Z_{RO}}\, S'\right] \mathrm{d}f; \tag{4-5a}$$

$$\lambda_R = C \int 10^{-m(1/10)\,L_{RME}} \left[10^{m(1/10)\,Z_{RO}}\, S'\right] \mathrm{d}f. \tag{4-5b}$$

Можно считать, что показатель громкости будет равен Δx (независимо от частоты), удаленному из "неизвестного" разговорного тракта для получения равенства $\lambda_U = \lambda_R$.

Используя подстановку:

$$G = \left[10^{m(1/10)\,Z_{RO}}\, S'\right] \tag{4-6}$$

и подставляя $L_{UME} - \Delta x$ в выражение (4-5a) вместо L_{UME}, получим равенство параметров λ.

Следовательно,

$$\int 10^{-m(1/10)(L_{UME}-\Delta x)} G\,\mathrm{d}f = \int 10^{-m(1/10)L_{RME}} G\,\mathrm{d}f; \tag{4-7}$$

$$10^{-m(1/10)\Delta x} = \frac{\int 10^{-m(1/10)L_{UME}} G\,\mathrm{d}f}{\int 10^{-m(1/10)L_{RME}} G\,\mathrm{d}f} \tag{4-8}$$

и

$$\Delta x = -m^{-1}\,10\log_{10}\int 10^{-m(1/10)L_{UME}} G\mathrm{d}f - \{-m^{-1}\,10\log_{10}\int 10^{-m(1/10)L_{RME}} G\mathrm{d}f\}. \tag{4-9}$$

Без нарушения равенства параметр G может быть масштабирован путем умножения на подходящую постоянную для получения равенства $\int G\,\mathrm{d}f = 1$; тогда G можно рассматривать в качестве взвешивающего коэффициента[7], и каждый член правой части выражения принимает вид:

$$\Phi^{-1}[\int \Phi(L)\,G\,\mathrm{d}f] = \overline{L}.$$

Тогда показатель громкости равен:

$$\text{показатель громкости} = \Delta x = \overline{L_{UME}} - \overline{L_{RME}}. \tag{4–10}$$

Члены $\overline{L_{UME}}$ и $\overline{L_{RME}}$ можно рассматривать как "взвешенное среднее затухание от рта до уха" "неизвестного" и эталонного разговорных трактов соответственно. В каждом из вышеприведенных выражений интегрирование (а следовательно, и усреднение) производится по всему диапазону частот между нижней и верхней граничными частотами.

Для вычислений диапазон звуковых частот делится на ряд (N) непрерывных полос; здесь используются предложенные ISO 20 полос с центрами на частотах, расположенных приблизительно через 1/3 октавы в диапазоне от 100 до 8000 Гц. Затем производится усреднение величин $\overline{L_{UME}}$ путем суммирования вида:

$$\overline{L_{UME}} = -m^{-1}\,10\log_{10}\sum_{i}^{N} 10^{-m(1/10)L_{UME}}\,G\,\Delta f. \tag{4–11}$$

Акустическое затухание передачи разговорного тракта вообще является функцией частоты и может быть определено как:

$$L_{UME} = 20\log_{10}\frac{\rho_M}{\rho_E}, \tag{4-12}$$

где ρ_M и ρ_E определены в §§ 2.1 и 2.2.

Необходимо знать наряду с $G\,\Delta f$ величины L_{UME} на каждой частоте; естественно, что L_{UME} зависит от рассматриваемого телефонного разговорного тракта, а $G\,\Delta f$ и другая информация, общая для всех разговорных трактов, приводятся ниже.

4.3 *Определение значений G*

Значения G определяются путем анализа результатов испытаний уравнивания громкости, проведенных в лаборатории МККТТ при использовании специального разговорного тракта, состоящего из системы NOSFER, но с частотной характеристикой ее передающей части, измеренной при большем уровне. В "соединительную линию" разговорного тракта по очереди включались фильтры нижних и верхних частот.

---

7) Из выражений (4-3) и (4-6) следует, что G как функция частоты зависит от величины наклона m и частотнозависимых функций B'_S, β_0, K и S'.

Уравнивания были проведены для каждого фильтра и для "сквозного" тракта; каждое уравнивание рассматривалось как "неизвестное", в то время как для определения относительных эквивалентов уравнивание производилось с системой NOSFER при затухании ее соединительной линии 25 дБ. Уравнивание производилось методом "запаса", то есть изменением затухания передачи в "неизвестном" тракте. Для каждого фильтра были вычислены значения Δx и скорректированы затухания передачи в полосе пропускания. В качестве граничных частот были взяты частоты, на которых затухание на 10 дБ превышает затухание в полосе пропускания.

Путем сглаживания результатов и интерполяции на соответствующих краях предложенных ISO 20 полосах частот, центры которых размещены на частотах от 100 до 8000 Гц, можно, во-первых, определить наклон m; $m = 3/\Delta x$, если величина Δx взята на частоте, на которой она одинакова при низкочастотной и высокочастотной фильтрации. Затем, используя выражение (4-8) и некоторые преобразования, можно получить ряд значений G, удовлетворяющих экспериментальным данным. Заметим, что L_{RME} в выражениях (4-7) – (4-10) представляет затухание передачи от рта до уха "сквозного" тракта, а L_{UME} представляет собой затухание того же тракта, но с включенным в него фильтром.

Результаты приведены в таблице 1/P.79, при этом рассчитанное значение m равно 0,175.

ТАБЛИЦА 1/P.79

Значения $10 \log_{10} G$ и $10 \log_{10} G \Delta f$, определенные лабораторией МККТТ

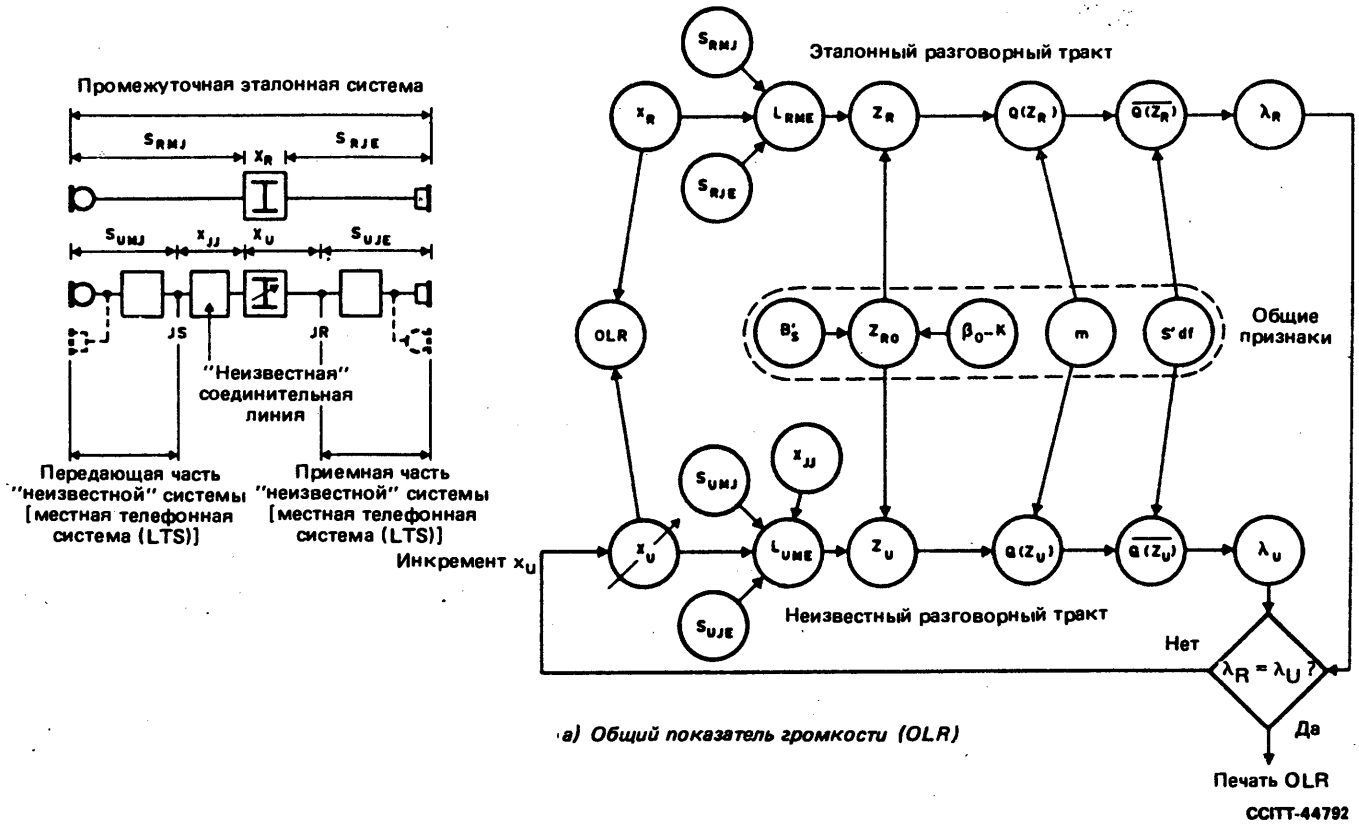
Средняя частота (Гц)	Δf (Гц)	$10 \log_{10} G$ (дБ)	$10 \log_{10} G \Delta f$ (дБ)
100	22,4	–32,63	–19,12
125	29,6	–29,12	–14,41
160	37,5	–27,64	–11,90
200	44,7	–28,46	–11,96
250	57,0	–28,58	–11,02
315	74,3	–31,10	–12,39
400	92,2	–29,78	–10,14
500	114,0	–32,68	–12,12
630	149,0	–33,21	–11,48
800	184,0	–34,14	–11,49
1000	224,0	–35,33	–11,83
1250	296,0	–37,90	–13,19
1600	375,0	–38,41	–12,67
2000	447,0	–41,25	–14,75
2500	570,0	–41,71	–14,15
3150	743,0	–45,80	–17,09
4000	922,0	–43,50	–13,86
5000	1140,0	–47,13	–16,56
6300	1490,0	–48,27	–16,54
8000	1840,0	–46,47	–13,82

5 Расчет показателей громкости

5.1 *Вывод формул и весовых коэффициентов*

Приведенный в Рекомендации P.78 метод может быть описан с помощью блок-схем, показанных на рис. 5/P.79, которые также изображают структуру используемой здесь модели (рис. 4/P.79). Блок-схемы, помещенные слева на частях рисунка 5/P.79 a), b), c) и d), являются перенесенными вариантами различных трактов, показанных на рис. 1/P.78.

На рис. 5/P.79 иллюстрируется процедура для случая, когда величины всех параметров, упомянутых в §§ 1, 2 и 3, известны. На части a) рис. 5/P.79 параметры, показанные в виде одной группы, являются теми параметрами, которые используются для формирования сложного параметра G, описанного в § 4. Возможны другие группирования, как показано на частях b), c) и d) рис. 5/P.79. Можно также видеть, что полный тракт от x_R до λ_R является общим для всех четырех блок-схем. Это обстоятельство можно использовать для сведения процедуры вычисления к формуле, по которой расчеты производятся очень просто.



a) Общий показатель громкости (OLR)

Примечания, относящиеся к части a) рис. 5/P.79

"Неизвестный" тракт состоит из следующих четырех частей:

a) от передающей части LTS, состоящей из телефонного аппарата, абонентской линии и питающего моста, до стыка JS на рис. 1/P.79;

b) от стыка JR на рис. 1/P.79 до приемной части LTS, состоящей из питающего моста, абонентской линии и телефонного аппарата;

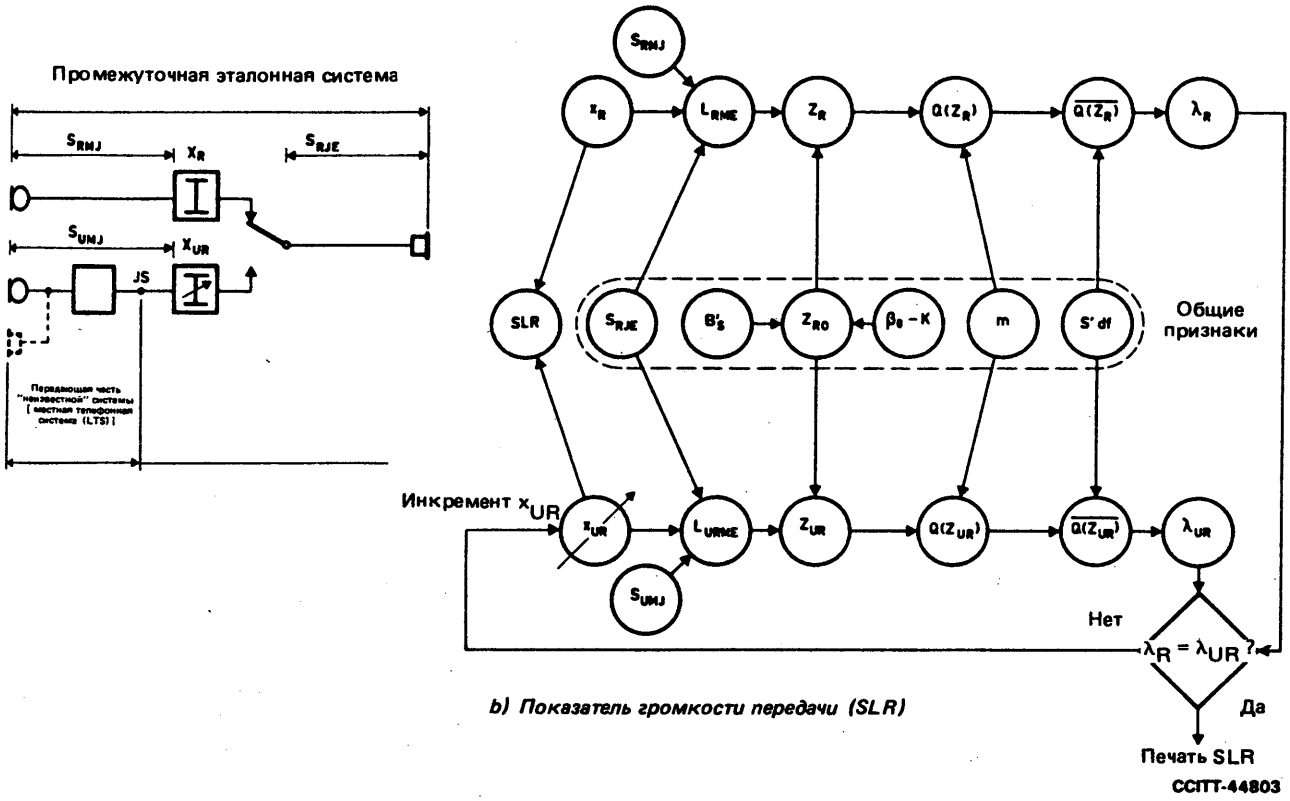
c) комбинации местных соединительных линий и междугородных каналов реального соединения между стыками JS и JR;

d) дополнительного регулируемого затухания передачи x_U, включаемого так, что оно не искажает общую частотную характеристику полного соединения, а только вносит одинаковое затухание на всех частотах.

Если участок реального соединения между стыками JS и JR имеет чисто активное характеристическое сопротивление 600 Ом $\angle 0°$, никаких проблем в определении x_{JJ} или при введении дополнительного затухания x_U не возникает. В противном случае должно быть определено характеристическое затухание виртуального четырехполюсника с чисто активным сопротивлением 600 Ом (и структура четырехполюсника, если должны быть выполнены реальные субъективные определения). Особенно трудные проблемы возникают в случае, когда реальное соединение на участке между стыками JS и JR не содержит частей, имеющих 600-омные сопротивления (как, например, при местном телефонном соединении), но эти трудности можно удовлетворительно обойти с помощью вычислений. Проблемы решаются значительно проще, если имеется элемент тракта с 600-омным сопротивлением и затуханием по крайней мере 7 дБ.

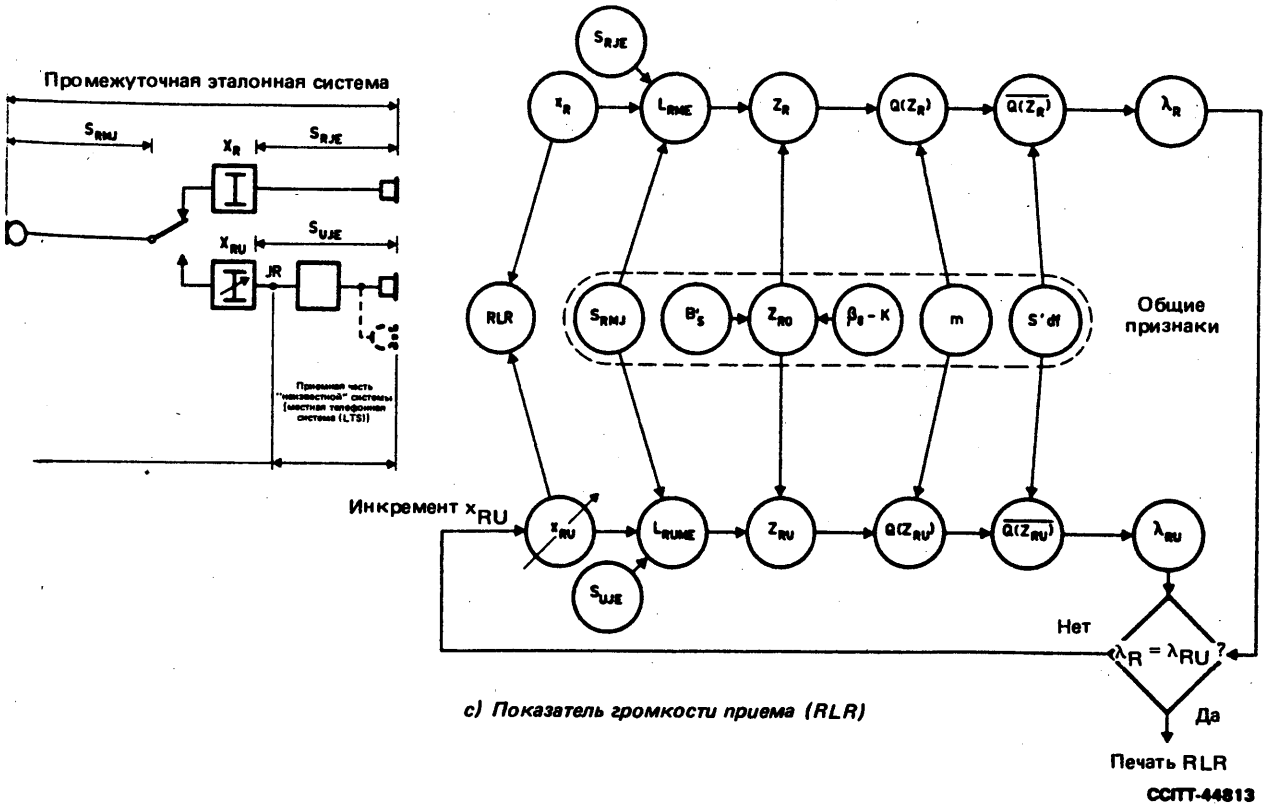
РИСУНОК 5/P.79

Блок-схемы, иллюстрирующие определение показателей громкости



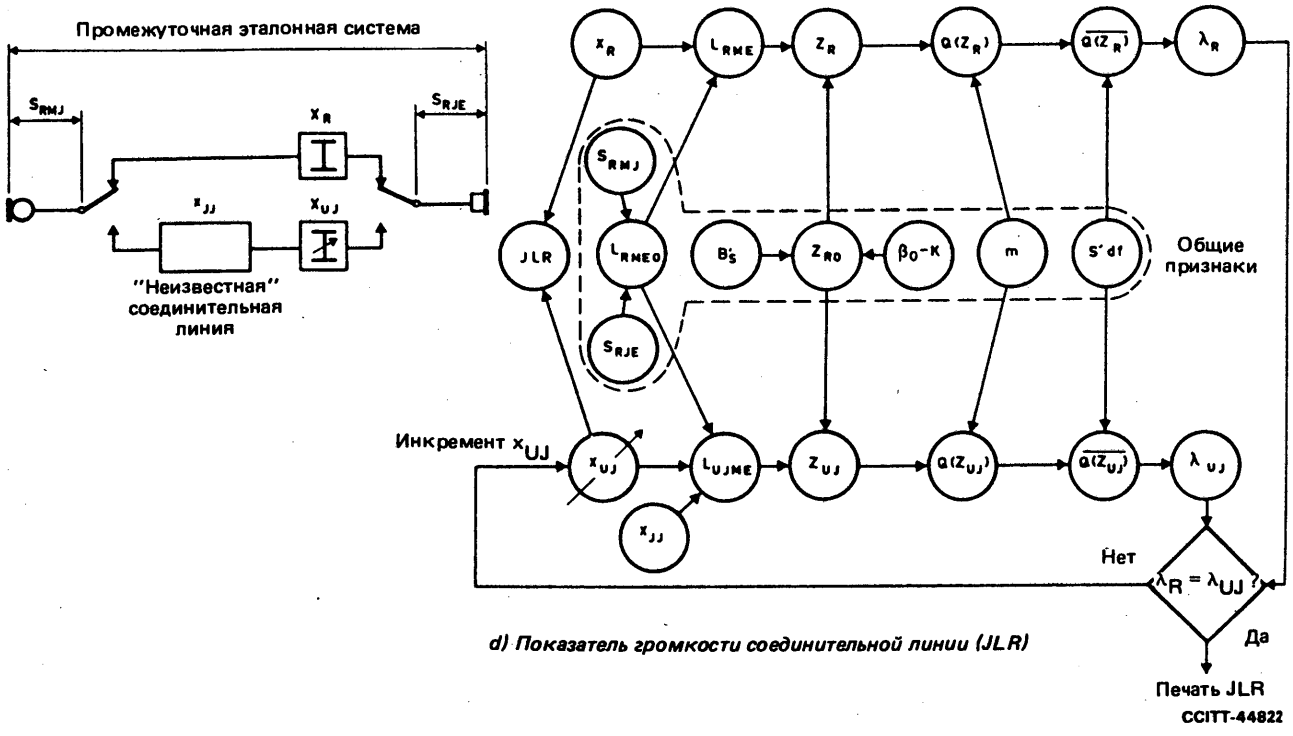
b) Показатель громкости передачи (SLR)

РИСУНОК 5/P.79 (*продолжение*)



c) Показатель громкости приема (RLR)

РИСУНОК 5/P.79 (*продолжение*)



d) Показатель громкости соединительной линии (JLR)

РИСУНОК 5/P.79 *(окончание)*

Приняв m = 0,175, введем подстановку:

$$W_i = -57{,}1 \log_{10} G \Delta f. \tag{4-13}$$

Выражение (4-11) может быть тогда упрощено так:

$$\overline{L_{UME}} = -57{,}1 \log_{10} \sum_i^N 10^{-(1/57{,}1)(L_{UME} + W_i)}. \tag{4-14}$$

В данном случае в качестве эталонного разговорного тракта использована "промежуточная эталонная система" (IRS), определенная в Рекомендации P.48, с установкой ее аттенюатора на 0 дБ; при фиксированном эталонном разговорном тракте L_{RME} становится постоянной, то есть независимой от i. Поэтому выражения (4-10) и (4-14) могут быть объединены так:

$$\text{показатель громкости} = -57{,}1 \log_{10} \sum_i^N 10^{-(1/57{,}1)(L_{UME} - \overline{L_{RME}} + W_i)}. \tag{4-15}$$

При расчете показателей коммерческих местных телефонных схем величины L_{UME} могут быть получены для любого данного "неизвестного" разговорного тракта путем объединения соответствующих чувствительностей на передаче и на приеме, S_{MJ} и S_{JE}, в определенную комбинацию.

Используемое для определения "общего показателя громкости" (OLR) затухание L_{UME} равно:

$$L_{UME} = -(S_{UMJ} + S_{UJE}). \tag{4-16a}$$

Используемое для определения показателя громкости передачи (SLR) местной телефонной схемы затухание L_{URME} равно:

$$L_{URME} = -(S_{UMJ} + S_{RJE}). \tag{4-16b}$$

Используемое для определения показателя громкости приема (RLR) местной телефонной схемы затухание L_{RUME} равно:

$$L_{RUME} = -(S_{RMJ} + S_{UJE}), \tag{4-16c}$$

а для показателя громкости соединительной линии (JLR) –

$$L_{UJME} = -(S_{RMJ} + S_{RJE}) + x_{JJ}$$

и

$$L_{RMEO} = -(S_{RMJ} + S_{RJE}). \tag{4-16d}$$

Подставляя эти величины в выражение (4-15), получим

$$\mathrm{OLR} = -57{,}1 \log_{10} \sum_{i}^{N} 10^{(1/57{,}1)(S_{UMJ} + S_{UJE} + \overline{L_{RME}} - W_i)}, \tag{4-17a}$$

$$\mathrm{SLR} = -57{,}1 \log_{10} \sum_{i}^{N} 10^{(1/57{,}1)(S_{UMJ} + S_{RJE} + \overline{L_{RME}} - W_i)}, \tag{4-17b}$$

$$\mathrm{RLR} = -57{,}1 \log_{10} \sum_{i}^{N} 10^{(1/57{,}1)(S_{UJE} + S_{RMJ} + \overline{L_{RME}} - W_i)}, \tag{4-17c}$$

$$\mathrm{JLR} = -57{,}1 \log_{10} \sum_{i}^{N} 10^{(1/57{,}1)(-x_{JJ} - L_{RMEO} + \overline{L_{RME}} - W_i)}. \tag{4-18}$$

Члены L_{RME} и W_i являются общими для каждого из выражений (4-17), поэтому возможно дальнейшее упрощение вычислений путем использования следующих подстановок:

$$W_O = W_i - \overline{L_{RME}}, \tag{4-18a}$$

$$W_S = W_i - S_{RJE} - \overline{L_{RME}}, \tag{4-18b}$$

$$W_R = W_i - S_{RMJ} - \overline{L_{RME}}, \tag{4-18c}$$

$$W_J = W_i + L_{RMEO} - \overline{L_{RME}}. \tag{4-18d}$$

После подстановки эти выражения принимают вид:

$$\mathrm{OLR} = -57{,}1 \log_{10} \sum_{i}^{N} 10^{(1/57{,}1)(S_{UMJ} + S_{UJE} - W_O)}, \tag{4-19a}$$

$$\mathrm{SLR} = -57{,}1 \log_{10} \sum_{i}^{N} 10^{(1/57{,}1)(S_{UMJ} - W_S)}, \tag{4-19b}$$

$$\mathrm{RLR} = -57{,}1 \log_{10} \sum_{i}^{N} 10^{(1/57{,}1)(S_{UJE} - W_R)}, \tag{4-19c}$$

$$\mathrm{JLR} = -57{,}1 \log_{10} \sum_{i}^{N} 10^{(1/57{,}1)(-x_{JJ} - W_J)}. \tag{4-19d}$$

В таблице 2/P.79 приведены величины указанных "взвешивающих" коэффициентов, которые были получены на основе данных, помещенных в таблице 1/P.79 при $m = 0{,}175$.

ТАБЛИЦА 2/P.79

Весовые коэффициенты для расчета показателей громкости

Номер полосы частот	Средняя частота (Гц)	Коэффициент W_s передачи	Коэффициент W_R приема	Коэффициент W_J соединительной линии	Суммарный коэффициент W_0
1	100	154,5	152,8	200,3	107,0
2	125	115,4	116,2	151,5	80,1
3	160	89,0	91,3	114,6	65,7
4	200	77,2	85,3	96,4	66,1
5	250	62,9	75,0	77,2	60,7
6	315	62,3	79,3	73,1	68,5
7	400	45,0	64,0	53,4	55,6
8	500	53,4	73,8	60,3	66,9
9	630	48,8	69,4	54,9	63,3
10	800	47,9	68,3	52,8	63,4
11	1000	50,4	69,0	54,1	65,3
12	1250	59,4	75,4	61,7	73,1
13	1600	57,0	70,7	57,6	70,1
14	2000	72,5	81,7	72,2	82,0
15	2500	72,9	76,8	71,1	78,6
16	3150	89,5	93,6	87,7	95,4
17	4000	117,3	114,1	154,5	76,9
18	5000	157,3	144,6	209,5	92,4
19	6300	172,2	165,8	245,8	92,2
20	8000	181,7	166,7	271,7	76,7

5.2 *Расчет показателей громкости для ограниченной полосы частот*

На практике полной информации для всех 20 полос частот может не быть или для некоторых крайних полос она может оказаться ненадежной. В таких случаях целесообразно ограничить диапазон частот, для которого производятся вычисления громкости.

Это может быть сделано совсем просто путем использования только тех полос частот, для которых существуют надежные данные, и учета поправки, равной показателю громкости всего IRS соединения, вычисленного для той ограниченной полосы частот.Эту поправку удобно ввести в вычисления путем единообразного уменьшения весов W на соответствующую величину или путем простого уменьшения результирующего показателя громкости на величину поправки (ее вычитания).

В таблице 3/P.79 приведены несколько примеров поправок для различных ограниченных полос частот.

Другие допуски могут вычисляться путем определения общего показателя громкости системы IRS для требуемой полосы частот.

ТАБЛИЦА 3/P.79

Поправки для весовых коэффициентов *W* при ограниченных полосах частот

Полосы частот	Поправка
3–18 (включительно)	0,1 дБ
3–17 (включительно)	0,1 дБ
4–18 (включительно)	0,3 дБ
4–17 (включительно)	0,3 дБ
6–16 (включительно)	2,1 дБ

Примечание. – Для приборов, измеряющих показатели громкости и разработанных в соответствии с настоящей Рекомендацией, рекомендуются только следующие варианты полос частот:

i) 100–8000 Гц, полосы частот 1–20 (включительно),
ii) 200–4000 Гц, полосы частот 4–17 (включительно).

5.3 *Величины показателя громкости передачи (SLR) и показателя громкости приема (RLR), которые должны использоваться в Рекомендациях серии G*

Коммерческие измерительные приборы, соответствующие настоящей Рекомендации, используют полосу частот от 200 до 4000 Гц или даже от 100 до 8000 Гц. Это значительно шире полосы частот, для которой Рекомендации МККТТ определяют гарантированную передачу (а именно, от 300 до 3400 Гц). (См., например, Рекомендации G.132 и G.151.)

Таким образом, в национальных системах, которые могут быть включены в международное соединение, громкость аналогового телефонного аппарата должна рассматриваться как низшая величина, измеренная здесь.

Следует также отметить, что измерения показателей громкости по Рекомендациям P.64–P.79 должны производиться при нагрузочном сопротивлении 600 Ом. Но это условие чаще всего не выполняется в двухпроводной части соединения. Многие Администрации по разным причинам теперь нормируют комплексное полное номинальное сопротивление. Поэтому может иметь место эффект рассогласования.

В целях определения показателей SLR и RLR было проведено исследование для диапазона чувствительности и характеристик полных сопротивлений типовых аналоговых телефонных аппаратов и номинальных сопротивлений. Результат состоит в том, что с достаточной практической точностью к измеренным величинам показателей SLR и RLR *аналоговых* телефонных аппаратов нужно добавить 1 дБ при планировании по показателю громкости сетей, которые могут включать в себя международное соединение. Таким образом, если обозначить измеренные величины через SLR_W и RLR_W, получим:

$$SLR = SLR_w + 1,$$

$$RLR = RLR_w + 1.$$

Следует заметить, что такая же коррекция применяется и в случае, когда в измеряемом по данной Рекомендации соединении используется ненагруженная абонентская линия.

(При применении этой коррекции для целей планирования влияние ненагруженной абонентской линии на показатель громкости эквивалентно ее вносимому затуханию на частоте около 1 кГц. См. также Приложение A к Рекомендации G.111.)

Однако для цифровых телефонных аппаратов эта коррекция не нужна, поскольку кодек и фильтры в аппарате до некоторой степени ограничивают полосу частот.

Как правило, из контекста можно понять, относятся ли величины SLR и RLR к планированию или к измеренным величинам (аналоговых) телефонных аппаратов. Однако, когда может возникнуть путаница, должно быть четко оговорено, относятся ли эти величины к планированию или измерениям.

6 Требуемые данные по чувствительности и затуханию передачи

Чувствительность на передаче местной телефонной системы S_{MJ} должна в принципе определяться при использовании реального рта и реальной речи, однако обычно бывает достаточным провести эти измерения с использованием искусственного рта и подходящего испытательного сигнала. Подробности см. в Рекомендации Р.64.

Чувствительность на приеме местной телефонной системы S_{JE} должна быть в принципе измерена с помощью реального уха. Определение чувствительности, обозначенной S_{Je}, с использованием искусственного уха дано в Рекомендации Р.64; однако эта величина отличается от требуемой здесь величины на величину коррекции искусственное/реальное ухо L_E, то есть:

$$S_{JE} = S_{Je} - L_E.$$

Величина L_E обычно зависит от частоты и от способа размещения телефона относительно уха.

В таблице 4/Р.79 приведены величины, полученные для одного типа телефона в случае, когда он был прижат к уху довольно плотно. Использование этих величин для расчетов дает достаточно хорошее совпадение с показателями громкости приема и соединительной линии, полученными при субъективных испытаниях в лаборатории МККТТ. В таких расчетах указанные величины L_E использовались как для системы IRS, так и для "неизвестной" системы.

Значения чувствительности S_{RJE}, используемые для определения величин W_s в таблице 2/Р.79, включают в себя коррекцию для L_E, значения которой указаны в таблице 4/Р.79. Значения чувствительности S_{UJE}, используемые в расчетах по формулам (4-19a) и (4-19c), также должны включать в себя коррекцию для L_E с использованием значений по таблице 4/Р.79 или других значений, которые могут считаться более подходящими для данных условий.

Отметим, что используемые для системы IRS значения L_E оказывают некоторое влияние на вычисленные значения показателя громкости соединительной линии. Это обстоятельство находится в стадии изучения в рамках Вопросов 8/XII [3] и 12/XII [4].

ТАБЛИЦА 4/Р.79

Значения L_E

Частота (Гц)	L_E (дБ)	Частота (Гц)	L_E (дБ)
100	20,0	1000	−2,3
125	16,5	1250	−1,2
160	12,5	1600	−0,1
200	8,4	2000	3,6
250	4,9	2500	7,4
315	1,0	3150	6,7
400	−0,7	4000	8,8
500	−2,2	5000	10,0
630	−2,6	6300	12,5
800	−3,2	8000	15,0

Затухание передачи x_{JJ} представляет собой вносимое затухание цепочки элементов передачи между 600-омными стыками JS и JR на рис. 1/Р.79. Непосредственное суммирование (с учетом знака) этих величин с величинами S_{UMJ} и S_{UJE} в общем случае может не дать точной величины L_{UME} из-за того, что обычно имеет место некоторое рассогласование сопротивлений. Поэтому при вычислении общих показателей громкости для точного определения L_{UME} необходимо соблюдать осторожность. Неточность может быть значительной, когда затухание передачи x_{JJ} мало и когда характеристические сопротивления элементов между стыками JS и JR существенно отличаются от 600 Ом. Точные величины для L_{UME} могут быть получены как непосредственным измерением, так и путем вычисления с учетом всех рассогласований сопротивлений.

7 Ограничения использования

Описанная здесь процедура вычислений и значения параметров подходят для расчета показателей громкости передачи, приема и соединительной линии. Они могут также использоваться для расчета общих показателей громкости и громкости вносимого затухания, если рассматриваемые полные разговорные тракты имеют полосу частот стандартного телефонного канала 300–3400 Гц.

Они не годятся для проведения сравнения разговорных трактов, имеющих значительную разницу в полосах частот.

Значения указанных параметров выбраны в целях получения хорошего согласования с субъективными определениями показателей громкости, проведенными лабораторией МККТТ с использованием метода, описанного в Рекомендации Р.78. Наиболее существенное применение Рекомендации Р.79 состоит в предоставлении общепринятого метода для расчета электроакустических характеристик телефонных аппаратов. Однако речевые и слуховые характеристики "обычных людей" приводятся в Рекомендации Р.79 лишь с ограниченной точностью. Этот факт необходимо иметь в виду в случае выполнения подробного анализа громкости элементов телефонной системы. Более подробную информацию можно найти в Дополнении № 19.

8 Расчет показателя маскировки местного эффекта (STMR)

8.1 *Расчет в соответствии с первыми принципами*

В Рекомендации Р.76 описаны принципы, лежащие в основе метода расчета маскировки местного эффекта, в котором сигнал местного эффекта человека L_{MEHS} рассматривается в качестве порога маскировки, относительно которого оценивается затухание тракта местного эффекта телефона L_{meST}. Как отмечалось ранее, затухание тракта местного эффекта человека L_{MEHS} определено в [5]; графически оно изображено на рис. 4/Р.76, а в табличной форме представлено ниже, в таблице 5/Р.79. В этой таблице даны два набора значений: для связи телефона без утечки (графа 9) и при наличии типовой утечки (графа 10).

Метод расчета показателя STMR предусматривает использование тех же основополагающих принципов, как и при показателях громкости передачи и приема в § 3 и 4. Процедура вычисления обобщается в виде выражения:

$$\mathrm{STMR} = \frac{10}{m}\log_{10}\frac{\Sigma\, 10^{\frac{mZ_l + 10\log_{10} S'\Delta f}{10}}}{\Sigma\, 10^{\frac{mZ + 10\log_{10} S'\Delta f}{10}}}, \qquad (8\text{-}1)$$

где

$$Z = B'_S - L_{meST} - L_E - 10\log_{10}\left(10^{\frac{\beta_0 - K}{10}} + 10^{\frac{B'_S - L_{MEHS}}{10}}\right) \qquad (8\text{-}2)$$

и

$$Z_l = B'_S + S_{RmJ} + S_{RJe} - L_E - 10\log_{10}\left(10^{\frac{\beta_0 - K}{10}} + 10^{\frac{B'_S - L_{MEHS}}{10}}\right), \qquad (8\text{-}3)$$

где численные значения параметров те же, что и в предыдущих разделах, кроме m, который равен:

$$m = 0{,}225.$$

Обычно суммирование распространяется на всю полосу частот от 100 Гц до 8 кГц, за исключением случаев, когда величина L_{meST} не может быть удовлетворительно определена во всей указанной полосе частот.

В таблице 5/Р.79 приведены значения для каждой из величин на частотах, рекомендованных ISO.

ТАБЛИЦА 5/P.79

Перечень параметров, необходимых для расчета показателя STMR

Номер полосы частот	f	B'_S	$\beta_0 - K$	$10 \log_{10} S'\Delta f$	IRS		L_E	L_{MEHS}	
					S_{RmJ}	S_{RJe}			
	Гц	дБ	дБ	дБ	дБ	дБ	дБ	дБ	дБ
		1 пВт/м²/Гц			1 В/Па	1 Па/В		Герметично	Негерметично
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	100	57,3	17,5	−19,7	−45,8	−27,5	20	−2,7	11,6
2	125	60,2	14,4	−18,8	−36,1	−18,8	16,5	−4	10,6
3	160	62,0	10	−17,8	−25,6	−10,8	12,5	−5,4	7,1
4	200	63,0	5	−17	−19,2	− 2,7	8,4	−2,7	7,6
5	250	63,0	2,5	−16	−14,3	2,7	4,9	−2,8	7,4
6	315	62,4	− 0,4	−15,1	−10,8	7,2	1,0	−2,6	6,1
7	400	61,1	− 3	−14,4	− 8,4	9,9	−0,7	−0,7	3,5
8	500	59,3	− 5	−13,6	− 6,9	11,3	−2,2	5	5,7
9	630	57,0	− 6,3	−13,3	− 6,1	11,9	−2,6	13,2	8,9
10	800	54,4	− 8	−12,8	− 4,9	12,3	−3,2	19,9	16,2
11	1000	51,5	− 9	−12,4	− 3,7	12,6	−2,3	26,1	23,8
12	1250	48,4	− 8,5	−12,2	− 2,3	12,5	−1,2	23,7	23,7
13	1600	45,4	− 8	−11,9	− 0,6	13	−0,1	22	22
14	2000	42,3	− 9	−11,9	0,3	13,1	3,6	21,1	21,1
15	2500	39,5	−11,5	−12	1,8	13,1	7,4	22,1	22,1
16	3150	36,8	−13,8	−12,1	1,8	12,6	6,7	23,3	23,3
17	4000	34,6	−13	−12,4	−37,2	−31,6	8,8	24,2	24,2
18	5000	32,8	−12,5	−12,5	−52,2	−54,9	10,0	(26)	(26)
19	6300	31,5	−11,1	−13	−73,6	−67,5	12,5	(28)	(28)
20	8000	30,9	− 9	−14	−90	−90	15,0	(30)	(30)

8.2 *Расчет показателя STMR с использованием весовых коэффициентов W*

Выше, в § 4, было рассмотрено дальнейшее развитие основных принципов, лежащих в основе процедуры определения показателей громкости передачи, приема, общего показателя и показателя громкости соединительной линии, а также выведено упрощенное выражение, которое предусматривает использование весовых коэффициентов W, приведенных в таблице 2/P.79, совместно с упрощенными формулами (4-19a)–(4-19d). Также могут быть упрощены и выражения (8-1), (8-2) и (8-3), применяемые при расчете показателя STMR, путем использования набора весовых коэффициентов W и величины m, характерной для показателя STMR. Тогда:

$$\mathrm{STMR} = -\frac{10}{m} \log_{10} \sum_{1}^{N} 10^{(m/10)(-L_{meST} - L_E - W_M)}, \tag{8-4}$$

или для случая измерения чувствительностей местного эффекта:

$$\mathrm{STMR} = -\frac{10}{m} \log_{10} \sum_{M=1}^{N} 10^{(m/10)(S_{meST} - L_E - W_M)}, \tag{8-5}$$

где m = 0,225, а величина W_M берется из таблицы 6/P.79.

При определении весовых коэффициентов W для негерметизированного состояния (графа 3 таблицы 6/P.79) значения L_E в соответствии с графой 8 таблицы 5/P.79 взяты для эталонного тракта (IRS). При расчете показателя STMR для негерметизированного состояния к значениям L_{meST} должны быть добавлены соответствующие значения L_E и затем подставлены в формулу. Во многих случаях окажутся достаточными величины L_E, приведенные в графе 8 таблицы 5/P.79.

Для герметизированного состояния должны использоваться значения весовых коэффициентов из графы 2 таблицы 6/P.79, а значения L_E, связанные с L_{meST}, приравниваются нулю.

ТАБЛИЦА 6/P.79

Весовые коэффициенты для расчета показателя STMR

Номер полосы частот	W_{MS} герметичный	W_{ML} негерметичный
(1)	(2)	(3)
1	110,4	94,0
2	107,7	91,0
3	104,6	90,1
4	98,4	86,0
5	94,0	81,8
6	89,8	79,1
7	84,8	78,5
8	75,5	72,8
9	66,0	68,3
10	57,1	58,7
11	49,1	49,4
12	50,6	48,6
13	51,0	48,9
14	51,9	49,8
15	51,3	49,3
16	50,6	48,5
17	51,0	49,0
18	49,7	47,7
19	50,0	48,0
20	52,8	50,7

8.3 *Комментарий к герметизированному и негерметизированному состояниям для расчета показателя STMR*

При определении значений L_{MEHS} для герметизированного состояния были приняты строгие меры в целях устранения утечек между слуховой раковиной испытуемого телефона и ухом субъекта. Для L_{MEHS} при негерметизированном состоянии в приемник акустически вводится определенная величина L_E. Разницу между величинами L_{MEHS}, соответствующими герметизированному и негерметизированному состояниям, можно найти, используя графы 9 и 10 таблицы 5/P.79. Для наиболее важных участков полосы частот эта разница приближается к величине L_E, используемой в приемнике. На практике разности показателя, соответствующие герметизированному и негерметизированному состояниям, обычно меньше 1 дБ.

Это предполагает, что на практике любые существующие утечки будут воздействовать на L_{MEHS} и L_{MEST} приблизительно одинаково, по крайней мере в практическом диапазоне акустических утечек. Это, в свою очередь, предполагает, что L_{MEHS} всегда будет иметь приблизительно одинаковое маскирующее влияние в отношении L_{MEST}, независимо от любой существующей утечки; ожидается, что для показателя громкости местного эффекта STMR будет получена лучшая корреляция с субъективными влияниями, если расчет производится для условий герметизированного уха.

Использование герметизированного состояния более предпочтительно, однако Администрации могут продолжать применять показатели STMR негерметизированного состояния для экспериментальных целей или в тех случаях, когда это целесообразно для накопления данных, например для некоторых существующих спецификаций. В подобных обстоятельствах это должно быть указано в сопроводительной документации.

8.4 *Расчет показателя LSTR при использовании весовых коэффициентов W*

Показатель местного эффекта слушающего (LSTR) вычисляется по тому же алгоритму, что и показатель STMR (выражение (8-5)), но используемой чувствительностью местного эффекта является та, которая получена при наличии источника шума помещения (см. § 9 Рекомендации P.64). Тогда:

$$\mathrm{LSTR} = -\frac{10}{m}\log_{10}\sum_{M=1}^{N} 10^{(m/10)(S_{RNST} - L_E - W_M)}, \tag{8-6}$$

где $m = 0{,}225$, а W_M принимает значения, данные в таблице 6/P.79.

Показатель LSTR может быть также вычислен при использовании величины S_{RNST}, которая определяется путем коррекции S_{meST} на величину Δ_{Sm} (см. Рекомендацию P.10, § 9 Рекомендации P.65 и § 3.3.17c Руководства по телефонометрии). Тогда:

$$S_{RNST} \cong S_{meST} + \Delta_{Sm}.$$

Если выбран этот метод, то чувствительность на местный эффект S_{meST} должна быть также определена при использовании источника широкополосного шума.

Применимый для планирования передачи метод, в котором показатель LSTR определяется через показатель STMR, скорректированный на взвешенную величину Δ_{SM}, описан в Приложении A к Рекомендации G.111.

Информацию по другим аспектам местного эффекта можно найти в [6] и в Приложении к Вопросу 9/XII [7], в Рекомендациях G.121 и P.11, а также в Дополнении № 11 в конце этого тома.

Библиография

[1] МККТТ, Вопрос 19/XII, Вклад ИК XII-№ 1, Исследовательский период 1985–1988 гг., Женева, 1985 г.

[2] МККТТ, Вопрос 7/XII, Вклад ИК XII-№ 1, Исследовательский период 1985–1988 гг., Женева, 1985 г.

[3] МККТТ, Вопрос 8/XII, Вклад ИК XII-№ 1, Исследовательский период 1985–1988 гг., Женева, 1985 г.

[4] МККТТ, Вопрос 12/XII, Вклад ИК XII-№ 1, Исследовательский период 1985–1988 гг., Женева, 1985 г.

[5] МККТТ, Вклад ИК XII-№ 228/VII ПА № 115, Исследовательский период 1977–1980 гг., Женева, 1980 г.

[6] МККТТ, Вопрос 9/XII, Вклад ИК XII-№ 234, Исследовательский период 1981–1984 гг., Женева, 1984 г.

[7] МККТТ, Вопрос 9/XII, Вклад ИК XII-№ 1, Исследовательский период 1989–1992 гг., Женева, 1988 г.

РАЗДЕЛ 7

СУБЪЕКТИВНЫЕ ИСПЫТАНИЯ МЕТОДОМ МНЕНИЙ

Рекомендация Р.80 [1)]

МЕТОДЫ СУБЪЕКТИВНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ

1 Введение

В данной Рекомендации содержатся советы Администрациям по проведению субъективных испытаний в их собственных лабораториях. Испытания, выполненные лабораторией МККТТ при использовании эталонных систем, описаны в разделе 3 настоящего тома.

В процессе разработки элементов телефонного оборудования необходимо проводить различного рода специализированные испытания для диагностирования повреждений и дефектов; такие испытания, предназначенные для изучения специальных аспектов качества передачи, здесь не рассматриваются. Поставленная здесь цель состоит в том, чтобы указать методы, которые представляются подходящими для определения того, насколько будут удовлетворительны данные телефонные соединения, если они будут предложены для использования публикой.

Имеется в виду, что указанные здесь методы должны широко применяться независимо от вида любого присутствующего фактора ухудшения качества передачи. Примерами факторов ухудшения являются затухание передачи (часто частотно-зависимое), шумы цепей и помещений, местный эффект, эхо говорящего, нелинейные искажения различного рода, время распространения, искажающие воздействия устройств обработки речи и изменения характеристик телефонных аппаратов, включая громкоговорящие аппараты. Должны быть учтены комбинации из двух и более таких факторов.

2 Рекомендованные методы

Чтобы метод оценки мог применяться для такого широкого диапазона видов ухудшающих факторов, указанных в § 1, он должен, насколько это возможно, воспроизводить все соответствующие свойства, присутствующие, когда абоненты разговаривают по телефонным соединениям. Подходящие методы, называемые "разговорными испытаниями", и детальные рекомендации по проведению таких испытаний, подготовленные British Telecom, приведены в Дополнении № 2 в конце этого тома.

Если имеются более широкие возможности и если это оправдывается важностью изучения, качество передачи может определяться наблюдениями за службой связи; рекомендованные способы их проведения, включая вопросы при получении интервью у абонентов, приводятся в Рекомендации Р.82.

Недостатком метода наблюдения за службой связи для многих применений является то, что возможности управления конкретными характеристиками испытуемых телефонных соединений весьма ограниченны. Метод SIBYL (см. Дополнение № 5, *Красная книга*, том V), используемый компанией AT&T, в значительной степени свободен от указанного недостатка при сохранении многих достоинств метода наблюдения за службой связи. Согласно этому методу сотрудники лабораторий Bell намеренно разрешают направлять небольшую часть своих обычных внутренних переговоров через специальные устройства, которые в соответствии с программой испытаний видоизменяют нормальное качество передачи. Когда конкретный вызов обрабатывается таким способом, соответствующего сотрудника просят выразить свое мнение путем набора одной цифры из группы цифр. Таким способом управляющая ЭВМ записывает все результаты при сохранении полной конфиденциальности.

---

1) Эта Рекомендация в *Красной книге* имела номер Р.74.

3 Дополнительные методы

В определенных условиях можно обходиться без использования всего соединения и проводить испытания на прослушивание только одного направления передачи. Испытание прослушиванием используется в условиях, когда исследуемый(ые) фактор(ы) ухудшения качества передачи воздействует(ют) на субъектов только при прослушивании. Испытаниями прослушиванием могут быть успешно исследованы амплитудно-частотные искажения, возникающие за счет квантования, но они будут нецелесообразны для исследования, например, влияния местного эффекта. Испытания только прослушиванием могут также вводить в заблуждение при оценке воздействий такого фактора, как шум линии, когда степень вызываемого ухудшения значительна. В любом случае, перед тем как признать результаты испытаний только прослушиванием надежными, следует провести достаточно полное сравнение с результатами испытаний полного соединения.

Рекомендация P.81 [1)]

ЭТАЛОННЫЙ БЛОК МОДУЛИРОВАННОГО ШУМА (MNRU)

(Малага-Торремолинос, 1984 г.; изменена в Мельбурне, 1988 г.)

МККТТ,

учитывая,

(a) что использование цифровых процессов (ИКМ 64 кбит/с закона A или закона μ, пары кодеров A/Ц/A, преобразователи законов A/μ или μ/A, цифровые аттенюаторы на базе 8-битной ИКМ, АДИКМ на 32 кбит/с и т. д.) на международной телефонной сети быстро возросло за последние несколько лет и ожидается, что этот рост будет продолжаться;

(b) что стандартизированы новые цифровые процессы, например широкополосная 7 кГц АДИКМ 64 кбит/с;

(c) что существует необходимость в стандартных приборах для измерения искажений квантования цифровых процессов [например, 32 кбит/с АДИКМ (Рекомендация G.721) и широкополосный 7кГц кодек на 64 кбит/с (Рекомендация G.722)], с тем чтобы эти приборы можно было использовать для оценки субъективного качества передачи международных соединений, содержащих цифровые процессы;

(d) что объективный метод оценки качества речи еще не определен;

(e) что в настоящее время для измерений качества передачи речи с помощью цифровых процессов единственным подходящим методом являются субъективные испытания, включающие в себя условия эталонных систем;

(f) что выражение результатов через общую эталонную систему может облегчить сравнение результатов субъективных испытаний, полученных в разных лабораториях,

рекомендует

(1) использование узкополосного эталонного блока модулированного шума (MNRU) в качестве эталонной системы, через параметры которой должны выражаться субъективные характеристики цифровых процессов с диапазоном частот телефонного соединения;

(2) использование широкополосного эталонного блока MNRU в качестве эталонной системы, через параметры которой следует выражать субъективные характеристики широкополосных цифровых процессов [2)].

Примечание 1. – Блок MNRU может быть реализован на лабораторном оборудовании или путем моделирования на ЭВМ. Дополнительная информация по блоку MNRU приведена в литературе, перечисленной в конце этой Рекомендации.

---

1) Эта Рекомендация в *Красной книге* имела номер P.70.

2) Эта спецификация является предметом дальнейшего совершенствования и потому должна рассматриваться как предварительная.

Примечание 2. – Предложенный в настоящее время метод только прослушивания при использовании блока MNRU в субъективных испытаниях описан в Дополнении № 14 в конце этого тома. Предосторожности, касающиеся использования испытаний только прослушиванием, изложены в § 3 Рекомендации P.80.

Примечание 3. – В настоящее время не существует объективных методов измерений, которые надлежащим образом отражают субъективные характеристики искажений квантования цифровых процессов различных видов. [Например, для ИКМ разработана объективная методика (Рекомендация G.712), основанная на измерениях с помощью синусоидальных сигналов и шумовых сигналов с ограниченной полосой частот, однако она не обеспечивает надлежащего измерения искажений, вызываемых другими системами, такими как АДИКМ.] Может оказаться целесообразным применение искусственного голоса, описанного в Рекомендации P.50. Даже если будет разработан объективный метод, для конкретных видов цифровых процессов потребуются все же субъективные испытания, чтобы установить взаимосвязь субъективных результатов с объективными.

Примечание 4. – Рекомендуется широкополосный блок MNRU без формирования шума, как описано в этой Рекомендации[3]. Администрации должны выразить свое отношение к необходимости применения фильтра в шумовом тракте после умножителя (см. Дополнение № 15) для формирования коррелированного спектра шума. Некоторые Администрации предлагают использовать такой фильтр, другие – нет.

1 Введение

Первоначально блок MNRU был разработан для создания искажений, субъективно подобных искажениям в системах ИКМ с логарифмическим компандированием [1]. Этот подход основывался на мнении:

1) что планирование сети потребует обширных субъективных испытаний, с тем чтобы оценить эффективность систем ИКМ для ряда характеристик компандоров, при различных уровнях сигнала и в комбинации с различными другими ухудшениями качества передачи (например, затухание, шум в свободном канале и т. д.) при различных уровнях, и

2) что будет так же надежно и легче определить некую эталонную систему искажений, которая сама дает искажения, подобные по ощущению искажениям систем ИКМ, и качество систем ИКМ выражать в единицах этой системы. Это требует обширных субъективных оценок эталонной системы при введении ее в одно или более моделированное телефонное соединение, но приводит к возможности упрощенной субъективной оценки новых цифровых методов обработки сигналов.

Различные организации (Администрации, научные/промышленные организации), как и сам МККТТ, широко использовали идею блока MNRU для оценки субъективных характеристик цифровых процессов (например, при разработке Рекомендаций G.721 и G.722). В настоящее время модифицированный вариант такой оценки используется для оценки кодеков с широкой полосой (70–7000 Гц). Однако реальные устройства, основанные на общих принципах, могут различаться в деталях, и полученные результаты, следовательно, могут также иметь различия. (Различия могут иметь место и в методологии субъективных испытаний). Цель настоящей Рекомендации состоит в том, чтобы как можно полнее определить узкополосный и широкополосный варианты блока MNRU и тем самым свести к минимуму влияние устройств или операций по их объективной калибровке на результаты субъективных испытаний.

2 Общее описание

Упрощенная блок-схема узкополосного блока MNRU показана на рис. 1a/P.81, а блок-схема широкополосного блока MNRU – на рис. 1b/P.81. Поступающие слева речевые сигналы разделяются между двумя трактами – трактом сигнала и трактом шума. Тракт сигнала обеспечивает неискаженный (за исключением полосовой фильтрации) речевой сигнал на выходе. В тракте шума речевой сигнал мгновенно управляет умножителем, на который подается "несущая" гауссова шума с равномерным спектром в полосе частот от 0 Гц до по крайней мере удвоенной верхней частоты среза полосового фильтра. Выходной сигнал умножителя, представляющий собой шум, модулированный речевым сигналом, добавляется затем к речевому сигналу; в результате получается искаженный сигнал.

Аттенюаторы и переключатели в трактах сигнала и шума позволяют осуществлять независимую регулировку уровней речевого и шумового сигналов на выходе. Обычно система калибруется так, что установленное затухание аттенюатора (в дБ) в тракте шума соответствует отношению мгновенной мощности речи к мощности шума, когда оба эти сигнала измеряются на выходе полосового фильтра (зажимы OT).

---

[3] Эта спецификация является предметом дальнейшего совершенствования и потому должна рассматриваться как предварительная.

ARCHIVES UIT GENÈVE

В этой Рекомендации отношение в децибелах обозначается как Q_N для узкополосного варианта и Q_W для широкополосного.

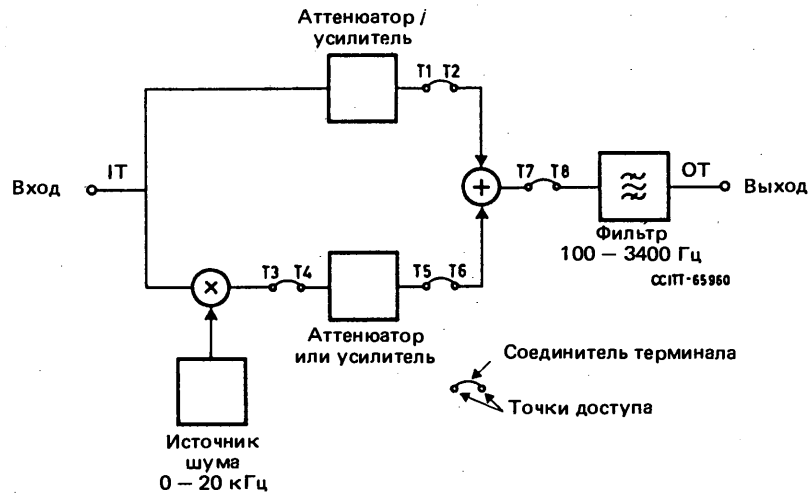


РИСУНОК 1a/P.81

Базовая схема узкополосного блока MNRU

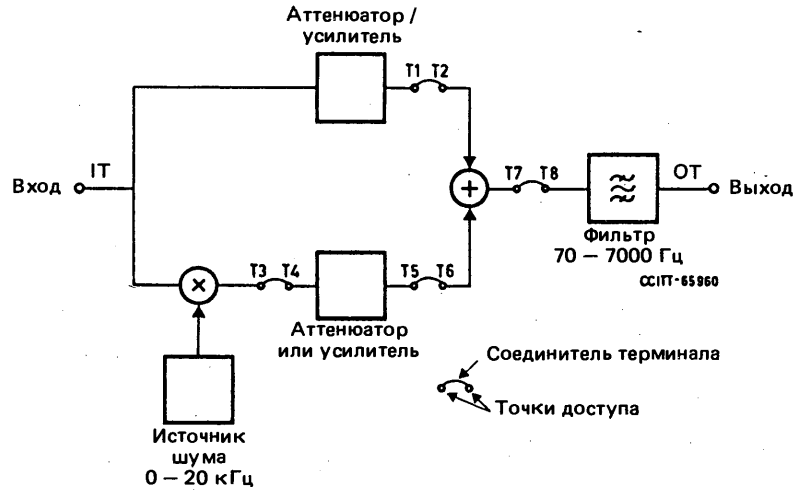


РИСУНОК 1b/P.81

Базовая схема широкополосного блока MNRU

3 Спецификации технических характеристик

3.1 *Общие положения*

Приведенные в этом разделе спецификации применяются как для схемных реализаций, так и программного моделирования.

При практической реализации действительные уровни речи и уровни шума могут быть увеличены или уменьшены в соответствии со специальными требованиями. В таких случаях должны быть соответственно изменены и требования по уровням, приведенные ниже.

3.2 *Тракт сигнала*

Требования, изложенные в этом параграфе, относятся к блоку MNRU, в котором затухание в трактах шума по рис. 1a/P.81 и 1b/P.81 бесконечно большое; это достигается разъединением зажимов T5 и T6 и включением на них отдельных нагрузочных активных сопротивлений.

Частотная характеристика тракта сигнала (то есть между зажимами IT и OT по рис. 1a/P.81 и 1b/P.81) должна находиться в пределах по рис. 2a/P.81 для схемы рис. 1a/P.81 и в пределах по рис. 2b/P.81 для схемы рис. 1b/P.81.

Затухание между зажимами IT и OT при синусоидальном входном сигнале с уровнем 0 дБм и частотой 1 кГц должно быть равно 0 дБ. Затухание при входном уровне в диапазоне от +10 дБм до –50 дБм должно быть равно 0 дБ ±0,1 дБ.

Любая гармоническая компонента на выходе системы (зажимы OT на рис. 1a/P.81 и 1b/P.81) должна быть по крайней мере на 50 дБ ниже уровня основной частоты для диапазона от 125 Гц до 3000 Гц в узкополосной системе и от 100 Гц до 6000 Гц в широкополосной системе.

Уровень шума, генерируемого в тракте сигнала при отсутствии входного сигнала, должен быть ниже –60 дБм при измерении его на зажимах OT (для обеспечения требования § 3.4).

Уровень речевых сигналов, подаваемых на зажимы IT, должен быть ниже –10 дБм (средняя мощность активной речи, то есть средний активный уровень по Рекомендации P.56) во избежание пикового ограничения сигнала усилителем и выше –30 дБм для обеспечения достаточного отношения речевого сигнала к шуму.

3.3 *Тракт шума*

Требования, изложенные в этом параграфе, относятся к блоку MNRU, в котором затухание в трактах речи по рис. 1a/P.81 и 1b/P.81 бесконечно большое; это достигается разъединением зажимов T1 и T2 и включением на них отдельных нагрузочных активных сопротивлений.

3.3.1 *Линейность как функция входного уровня*

Уровень шума на выходе системы (зажимы OT) при установке Q_N равным 0 дБ в схеме рис. 1a/P.81 или при установке Q_W равным 0 дБ в схеме рис. 1b/P.81 должен быть численно равен уровню синусоидального сигнала на входных зажимах (зажимы IT). Должно быть получено соответствие в пределах ±0,5 дБ для уровней входного сигнала от +5 дБм до –45 дБм при входных частотах от 125 Гц до 3000 Гц в узкополосной системе и от 100 Гц до 6000 Гц в широкополосной системе.

3.3.2 *Спектр шума*

В узкополосной системе спектральная плотность на выходе умножителя (зажимы T3 на рис. 1a/P.81) должна быть плоской при установке Q_N на 0 дБ и подаче на зажимы IT рис. 1a/P.81 входного синусоидального сигнала с уровнями от +5 дБм до –45 дБм и с частотами от 125 Гц до 3000 Гц; допуск на спектральную плотность составляет ±1 дБ для диапазона частот от 75 Гц до 5000 Гц. Спектральная плотность должна измеряться с разрешающей способностью максимум 50 Гц.

В широкополосной системе спектральная плотность на выходе умножителя (зажимы T3 на рис. 1b/P.81) должна быть плоской при установке Q_W на 0 дБ и подаче на зажимы IT рис. 1b/P.81 входного синусоидального сигнала с уровнями от +5 дБм до –45 дБм и с частотами от 100 Гц до 6000 Гц; допуск на спектральную плотность составляет ±1 дБ для диапазона частот от 75 Гц до 10 000 Гц. Спектральная плотность должна измеряться с разрешающей способностью максимум 50 Гц.

3.3.3 *Амплитудное распределение*

Амплитудное распределение шума на выходе системы должно быть приблизительно гауссовым.

Примечание. – Источник шума, состоящий из генератора гауссова шума с включенным на его выходе пиковым ограничителем и имеющий плоский спектр почти от нуля до 20 кГц, будет создавать удовлетворительный выходной шум на зажимах OT.

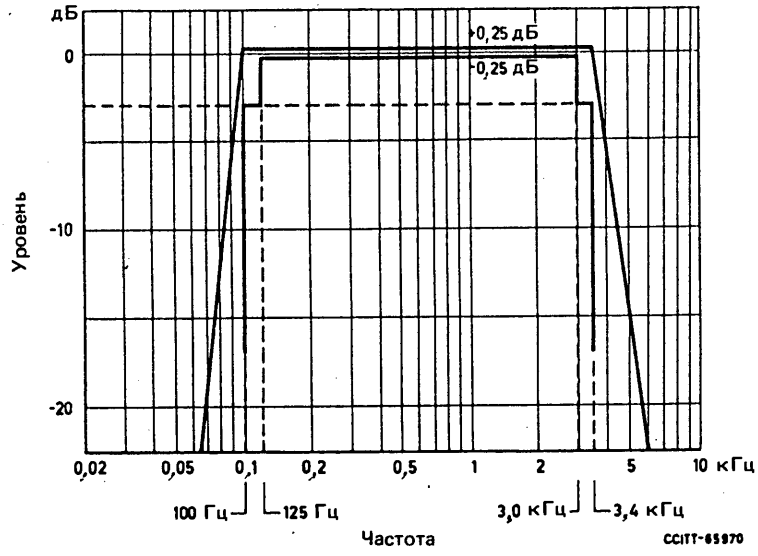


РИСУНОК 2a/P.81

Требования к выходному фильтру узкополосного блока MNRU

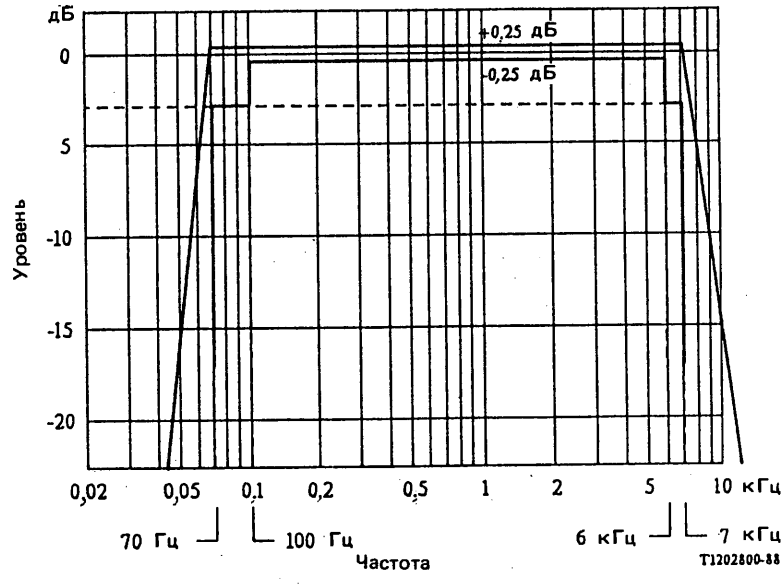


РИСУНОК 2b/P.81

Требования к выходному фильтру широкополосного блока MNRU

3.3.4 *Шумовые аттенюаторы*

Затухание шумового аттенюатора (аттенюаторов), то есть между зажимами T4 и T5 на рис. 1a/P.81 и 1b/P.81, должно быть в пределах ±0,1 дБ от номинальной установленной величины. Аттенюатор (аттенюаторы) должен обеспечивать возможность установки значений Q_N и Q_W по крайней мере в диапазоне от –5 дБ до 45 дБ, то есть в диапазоне 50 дБ.

3.4 *Объединенный тракт*

Требования, изложенные в этом параграфе, относятся к блоку MNRU, в котором оба тракта, речи и шума, одновременно работают.

Уровень шума, генерируемого в объединенном тракте при отсутствии входного сигнала, должен быть ниже –60 дБм при измерении его на выходе системы (зажимы OT) при установке Q_N или Q_W (в зависимости от обстоятельств) на нуль.

Ссылки

[1] LAW (H. B.), SEYMOUR (R.A.): A reference distortion system using modulated noise, *The Institute of Electrical Engineers*, pp. 484-485, November 1962.

Библиография

МККТТ, Вклад ИК XII-№ 63, "Некоторые соображения по спецификации эталонного блока модулированного шума", NTT, Япония, Исследовательский период 1981–1984 гг.

МККТТ, Вклад ИК XII-№ R.4, стр. 71–79, Исследовательский период 1981–1984 гг.

МККТТ, Вклад ИК XII-№ 119, "Описание и способ использования эталонного блока модулированного шума (MNRU/ MALT)", Франция, Исследовательский период 1981–1984 гг.

Рекомендация P.82[1)]

МЕТОД ОЦЕНКИ СЛУЖБЫ В АСПЕКТЕ КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ РЕЧИ

(Женева, 1976 г.; изменена в Малага-Торремолиносе, 1984 г.)

1 Общие положения

МККТТ рекомендует Администрациям проводить опросы абонентов телефонной сети по методу Рекомендации E.125 [1], прибегая к нему как средству оценки качества передачи речи на международных соединениях.

Такие опросы, относящиеся к соединению (в данном примере к последнему выполненному международному соединению), могут проводиться при полном использовании анкеты Рекомендации E.125 (при этом поступает и другая ценная информация об испытываемых абонентами трудностях, например о том, как производить вызов, о трудностях в наборе номера или о понимании тональных сигналов и т. д.) или при использовании только тех вопросов, которые относятся исключительно к качеству передачи, что имеет место в Приложении A.

Примечание. – Оценка качества передачи может изменяться за счет трудностей установления соединения. Отсюда следует, что ответ на неполную анкету должен рассматриваться с некоторой оговоркой.

---

1) Эта Рекомендация в *Красной книге* имела номер P.77.

2 Проведение опросов

Чтобы производить корректное сравнение данных, собранных в разных странах, должна точно выполняться Рекомендация Е.125. Необходимо строго следовать преамбуле к Рекомендации, примечаниям по предполагаемому использованию анкет, а также пунктуально порядку и формулировкам вопросов. Однако в некоторых случаях будет сделано исключение, и вопрос 10.0 будет заменен формулировкой, приведенной в приложении В (подробная информация приведена в [3]).

Примечание. – Этот второй вариант имеет то преимущество, что в нем упрощается классификация ответов до окончания проведения испытаний экспертами, а также повышается чувствительность к некоторым видам ухудшений, таким как задержка. Должен быть сделан выбор между этими преимуществами и возможной необходимостью затраты дополнительного времени на опрос.

3 Обработка результатов

Чтобы получить количественную информацию, удобную для сравнений, субъективным оценкам (например, полученным по вопросу 9.0 Приложения А) – отлично, хорошо, посредственно или плохо (см. Примечание) – должны быть приданы числовые значения 4, 3, 2 и 1 соответственно, а также вычислена средняя оценка мнений (MOS) из всех полученных ответов. Подобным образом для всех возникающих в эксперименте трудностей (по вопросу 10.0 Приложения А или по вопросу 10.0 Приложения В) должно быть вычислено процентное отношение от всех ответов. Эти два критерия – средняя оценка мнений и процент затруднений – признаны теперь во всем мире и измерены на многих разных соединениях, имитированных в лабораториях, а также в практических условиях.

Результаты можно классифицировать несколькими способами, например по странам назначения вызова или по природе и составу соединения, то есть кабельные/спутниковые каналы, по наличию или отсутствию эхозаградителей и т. д. Типовые способы представления результатов приведены в [2], в данном случае для нескольких стран. Следует отметить, что во всех представлениях важно указывать количество ответов.

Примечание. – Среди причин, которые привели к ограничению мнений абонентов о качестве передачи четырьмя классами, то есть отлично, хорошо, посредственно и плохо, есть следующая. Опыт, полученный при исследовании человеческого фактора, показал, что, когда вопрос, требующий выбора из нескольких различных классификаций, излагается устно (например, в непосредственной беседе или по телефону, как указано в Рекомендации Е.125), респондент не способен в уме ясно различить более четырех категорий. Поэтому он не способен дать четкий ответ на поставленный вопрос. Это ограничение не распространяется на вопросы, представленные в письменной форме. В этом случае число категорий может быть равно пяти или более и ответы будут надежными.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(к Рекомендации Р.82)

Выдержка из анкеты, приложенной к Рекомендации Е.125

Ниже приводятся вопросы по качеству передачи, содержащиеся в анкете, приложенной к Рекомендации Е.125.

МККТТ рекомендует использовать это Приложение, когда необходимо получить общее впечатление абонентов о качестве передачи.

9.0 .....

Какая из этих четырех оценок ближе всего выражает качество соединения в течение разговора?

9.1 – *отлично* 1 ☐

9.2 – *хорошо* 2 ☐

9.3 – *посредственно* 3 ☐

9.4 – *плохо* 4 ☐

} 48

10.0 *Имели ли Вы или Ваш собеседник затруднения в роли говорящего или слушающего по этому соединению?*

ДА НЕТ
1 [ ] 2 [ ] 49

(Если ответ "да") выяснить, но не высказывая предположений о возможном виде затруднения, его причину, спросив, например, *"Можете ли Вы охарактеризовать затруднение более подробно?"*, и дословно записать ответы:

.....

.....

В конце интервью классифицировать ответы по следующим категориям:

10.1 – слабый голос 1 [ ] 50

10.2 – шум или гудение (фон) 1 [ ] 51

10.3 – искажение 1 [ ] 52

10.4 – колебания уровня, пропадания 1 [ ] 53

10.5 – переходный разговор 1 [ ] 54

10.6 – эхо 1 [ ] 55

10.7 – полное пропадание 1 [ ] 56

10.8 – другие причины (уточнить)..... ← 1 [ ] 57

Примечание. – Ответы на вопросы с 10.1 по 10.8 требуются только от абонентов, указавших на затруднения при ответе на вопрос 10.0.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(к Рекомендации Р.82)

Другая версия вопроса 10.0 анкеты, приложенной к Рекомендации Е.125

Исследования AT&T показали, что дословные ответы опрашиваемых, описывающие ухудшения (полученные по Вопросу 10.0 Приложения А), часто слишком неточны, поскольку опрашиваемые не имеют опыта в изучении техники передачи и поэтому не могут дать точную классификацию ухудшений. Типовое решение этой проблемы заключается в выборе экспертов для классификации ответов; однако этот метод может стать нерациональным при увеличении размера и количества ответов абонентов. В настоящем приложении представлен другой подход, разработанный в 1976 г. и с тех пор широко используемый компанией AT&T для оценки восприятия абонентами качества передачи на национальных и международных телефонных соединениях. При этом методе используется более сложный способ исследования ухудшений, который упрощает конечную задачу классификации ответов. Альтернативная формулировка Вопроса 10.0 приводится ниже.

МККТТ рекомендует использование этого приложения только для диагностических целей.

10.0 *Имели ли Вы какие-либо затруднения в роли говорящего или слушающего по этому соединению?*

ДА НЕТ
1 [ ] 2 [ ] 49

Исследование не производить: Если субъект предлагает свое объяснение, записать его .....

.....

По вопросам 10.1–10.8 попытайтесь прочитать весь текст, прежде чем респондент ответит.

10.1 *Теперь хотелось бы задать несколько специфических вопросов относительно соединения.*

Если субъект уже описал затруднение, добавить:

(В связи с уже сказанным Вами кое-что может показаться повторением, но, пожалуйста, отнеситесь ко мне с терпением). Прежде всего, во время разговора по этому соединению слышали ли Вы эхо собственного голоса или ощущали гулкость своего голоса?

10.1.1 – гулкость эха (собственного голоса) 1 [ ]

10.1.2 – отсутствие 2 [ ]

10.1.3 – не помню/не уверен 3 [ ]

10.1.4 – другое (уточнить) ..... ← 4 [ ]

} 50

10.2 *Слышали ли Вы по телефону посторонний телефонный разговор одновременно с Вашим?*

10.2.1 – посторонний разговор 1 ☐

10.2.2 – нет 2 ☐

10.2.3 – не помню/не уверен 3 ☐

10.2.4 – другое (уточнить) ..... ← 4 ☐

} 51

10.3 *Теперь мне бы хотелось, чтобы Вы вспомнили голос Вашего собеседника. Был ли голос слабым, как будто собеседник удаляется; увеличивалась или уменьшалась постепенно сила звука; исчезал ли голос или прерывался только временами?*

10.3.1 – слабый голос 1 ☐

10.3.2 – замирание 2 ☐

10.3.3 – прерывание временами 3 ☐

10.3.4 – отсутствует 4 ☐

10.3.5 – не помню/не уверен 5 ☐

10.3.6 – другое (уточнить) ..... ← 6 ☐

} 52

10.4 *Каким показался Вам голос Вашего собеседника: имел ли он эхо или гулкость и металлический оттенок; или голос был неясным и ненатуральным?*

10.4.1 – эхо, гулкость 1 ☐

10.4.2 – неясный, ненатуральный 2 ☐

10.4.3 – отсутствие 3 ☐

10.4.4 – не помню/не уверен 4 ☐

10.4.5 – другое (уточнить) ..... ← 5 ☐

} 53

10.5 *Теперь позвольте мне описать три вида шума. Скажите, замечали ли Вы какой-нибудь из следующих шумов во время разговора: порывистый или свистящий звук; звук, как при жарении, и/или шипящий, хрустящий; или жужжащий или гудящий звук?*

10.5.1 – порывистый, свистящий 1 ☐

10.5.2 – звук, как при жарении, и/или шипящий, хрустящий 2 ☐

10.5.3 – жужжащий, гудящий 3 ☐

10.5.4 – отсутствие 4 ☐

10.5.5 – не помню/не уверен 5 ☐

10.5.6 – другое (уточнить) ..... ← 6 ☐

} 54

10.6 *Теперь позвольте мне описать еще три вида шума. Скажите, замечали ли Вы какой-нибудь из следующих шумов во время разговора: щелкающий звук; музыкальные тоны или зуммерные сигналы; или продолжительный тон высокой частоты?*

10.6.1 – щелкающий звук 1 ☐

10.6.2 – тоны или зуммерные сигналы 2 ☐

10.6.3 – тон высокой частоты 3 ☐

10.6.4 – отсутствие 4 ☐

10.6.5 – не помню/не уверен 5 ☐

10.6.6 – другое (уточнить) ..... ← 6 ☐

} 55

10.7 *Не казалось ли Вам, что собеседник медлит с ответом, как будто есть задержка или отставание в разговоре?*

10.7.1 – да 1 ☐

10.7.2 – нет 2 ☐

10.7.3 – не знаю 3 ☐

10.7.4 – другое (уточнить) ..... ← 4 ☐ } 56

10.8 *Не попытаетесь ли Вы вспомнить, присутствовал ли посторонний шум при Вашем разговоре (например, шум установки кондиционирования воздуха, шум дорожного движения, шум помещения или разговор других людей). Какая из следующих категорий наилучшим образом описывает его?*

10.8.1 – очень шумно 1 ☐

10.8.2 – шумно 2 ☐

10.8.3 – тихо 3 ☐ } 57

10.8.4 – очень тихо 4 ☐

10.8.5 – другое (уточнить) ..... ← 5 ☐

10.9 *Какая из перечисленных ниже категорий наилучшим образом описывает степень слышимости Вами собственного голоса через Ваш телефон при Вашем разговоре?*

10.9.1 – не слышал его 1 ☐

10.9.2 – мог бы его слышать теперь, когда Вы обратили на него мое внимание 2 ☐

10.9.3 – замечал его – не громко 3 ☐ } 58

10.9.4 – замечал его – громко 4 ☐

10.9.5 – другое (уточнить) ..... ← 5 ☐

10.10 *Что еще Вам хотелось бы сказать о соединении?*

Да – Что? (Написать)

.....

.....

Инструкции по кодированию:	ДА	НЕТ	
– есть ли написанный комментарий?	1 ☐	2 ☐	59
– относится ли комментарий к этому соединению?	1 ☐	2 ☐	60
– есть ли ссылка на ухудшение?	1 ☐	2 ☐	61
– оно уже упомянуто?	1 ☐	2 ☐	62
– другое (уточнить)	1 ☐	2 ☐	63

Примечание. – Ответы на конкретные вопросы требуются только от абонентов, указавших на затруднения при ответе на Вопрос 10.0. Это может препятствовать диагнозу некоторых ухудшений (полученная систематическая ошибка более серьезна по сравнению с упомянутой в конце Приложения А).

Библиография

[1] Рекомендация МККТТ "Опросы абонентов международной телефонной службы", *Красная книга,* том II, Рек. Е.125, МСЭ, Женева, 1985 г.

[2] МККТТ, Вопрос 2/XII, Приложение 2, Вклад ИК XII-№ 1, Исследовательский период 1977–1980 гг., Женева, 1977 г.

[3] МККТТ, Вопрос 2/XII, Приложение, Вклад ИК XII-№ 171, Исследовательский период 1977–1980 гг., Женева, август 1979 г.

МЕТОД СУБЪЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ ПРОСЛУШИВАНИЕМ АППАРАТУРЫ РАЗМНОЖЕНИЯ ЦИФРОВЫХ КАНАЛОВ И СИСТЕМ ПАКЕТИРОВАНИЯ РЕЧИ[1)]

(Мельбурн, 1988 г.)

1 Введение

1.1 *Назначение*

Настоящая Рекомендация содержит описание метода субъективной оценки прослушиванием, который может быть использован для сравнения характеристик аппаратуры размножения цифровых каналов (DCME) и систем пакетирования речи.

Многие виды ухудшения качества, обнаруженные в аппаратуре DCME или системах пакетирования речи, прежде не исследовались, и их влияние на другие системы сети неизвестно. Поэтому единственным методом оценки является разговорное испытание, с помощью которого могут быть проверены воздействия нелинейности, задержки, эхо и т. д. и их комбинаций.

В системах DCME ухудшения качества могут включать в себя не только влияние кодирования с переменной скоростью передачи, выигрыша от интерполяции DSI (выбор канала), отсечки начальных и конечных звуков (клиппирования), потерь речевого сигнала ("вымораживания") и шумового контраста, но и влияние нелинейностей в системе обнаружения речи, так что система может по-разному функционировать при различных входных уровнях речи или коэффициентах активности. В системах с пакетированием речи неизвестно, например, субъективное воздействие "потерянных пакетов".

Испытания прослушиванием играют важную подготовительную роль в оценке и могут дать полезную информацию, позволяющую сузить диапазон параметров, нуждающихся в полном разговорном испытании. Более того, испытания прослушиванием ухудшений качества, создаваемых аппаратурой DCME, вместе с оценкой влияния задержки, вносимой этой аппаратурой, по методу допустимого эха, описанному в Рекомендации G.131, могут дать хорошее представление об общем качестве передачи таких систем и позволить сделать целесообразные сравнения. Кроме того, оценка задержки должна определить необходимость применения дополнительных мер по управлению эхом при использовании на сети аппаратуры DCME. Метод оценки прослушиванием не может дать результатов, полезных для разработки правил применения аппаратуры DCME на сети, основанных на таких факторах, как единица искажений квантования (qdu). Такие результаты можно будет получить при дальнейшем усовершенствовании испытаний.

На данном этапе не рассматривается оценка последовательного включения комплектов аппаратуры DCME, а также влияние систем, использующих кодирование с разными скоростями. По мере получения новой информации по этим специфическим пунктам данная Рекомендация будет соответственно корректироваться.

Настоящая Рекомендация ограничивается исключительно испытаниями прослушиванием; разговорным испытаниям будет посвящена отдельная Рекомендация P.85, текст которой будет формироваться по мере накопления достаточной информации по способам оценки. Возможен также вариант, при котором методы разговорного испытания будут включены в настоящую Рекомендацию.

1.2 *Определения*

1.2.1 аппаратура размножения цифровых каналов (DCME)

Общий класс аппаратуры, которая обеспечивает концентрацию ряда входных речевых каналов, закодированных методом ИКМ 64 кбит/с, в меньшем количестве каналов передачи.

Эта аппаратура позволяет увеличить число каналов системы. При использовании аппаратуры DCME может увеличиваться пропускная способность речи и данных в диапазоне тональных частот.

[1)] Спецификации этой Рекомендации являются предметом дальнейшего совершенствования и поэтому должны рассматриваться как предварительные.

1.2.2 система размножения цифровых каналов (DCMS)

Система электросвязи, состоящая из двух или более терминалов DCME, соединенных цифровой системой передачи, обеспечивающей передачу группы несущих каналов. Система DCMS обеспечивает:

i) типовые каналы 64 кбит/с для служб цифровой сети с интеграцией служб (могут быть использованы в группе несущих каналов),

ii) каналы передачи данных в диапазоне тональных частот (коммутируемые) до 9600 бит/с включительно по Рекомендации V.29. Сюда же относится факсимильная связь группы III,

iii) речевые службы в полосе частот 300–3400 Гц, организованные на скорости 56 и 64 кбит/с,

iv) типовой канал 64 кбит/с (некоммутируемый в ЦСИС),

v) цифровые каналы передачи данных, субкратные 64 кбит/с.

1.2.3 сравнение режима каналов с режимом пакетов

Для передачи речи или данных в аппаратуре DCME может использоваться режим каналов или режим пакетов. В режиме каналов несущие каналы получаются путем предоставления подходящих временных интервалов в трактах передачи, соединяющих терминалы DCME. В режиме пакетов создаются виртуальные несущие каналы и выборки речи или данных помещаются в один или более пакетов фиксированной или изменяемой длины. Пакеты адресуются каналу назначения и передаются в виртуальный канал оборудования передачи, один пакет за сеанс. Таким образом, можно считать, что в режиме каналов оборудование передачи включает в себя множество объединенных вместе несущих каналов, в то время как в режиме пакетов имеется единственный логически подразделяемый на виртуальные каналы высокоскоростной канал, который передает пакеты, один пакет за сеанс.

1.2.4 однопучковая работа (режим "точка-точка")

Система из двух комплектов DCME, соединенных одной группой несущих каналов. Этот режим является наиболее эффективным режимом работы для системы DCMS. В этом случае максимально используется пропускная способность группы несущих каналов и необходим минимальный объем управляющей информации между комплектами аппаратуры DCME. Это особый режим работы. Другим названием режима "точка-точка" является название "система DCMS на основе каналов". Пример режима "точка-точка", или системы DCMS на основе каналов, показан на рис. 1/P.84.

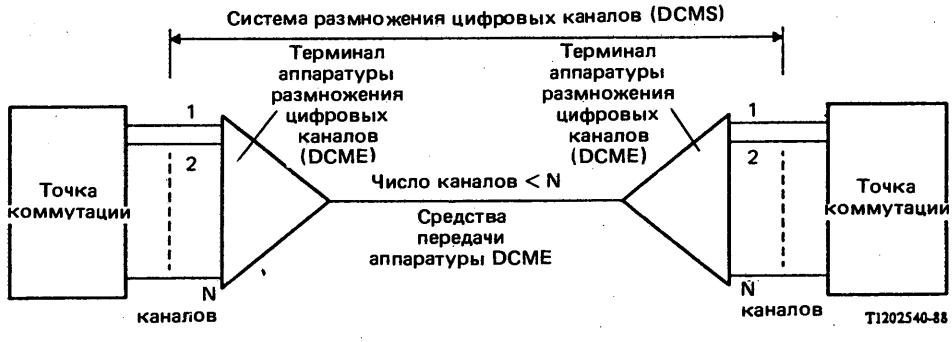


РИСУНОК 1/P.84

Режим "точка-точка", или система DCMS на основе каналов

1.2.5 многопучковая работа (режим "точка-группа точек")

Одна аппаратура DCME работает с более чем одной аппаратурой DCME, каждая – на основе адресации "точка-точка"; назначения разделены и поэтому не взаимодействуют. По сравнению с работой в режиме "точка-точка" при многопучковой работе уменьшается пропускная способность, обслуживающая нагрузку. Однопучковая работа эквивалентна работе в режиме "точка-точка".

1.2.6 многоадресная работа

Многие терминалы DCME работают по общей группе несущих каналов с возможностью взаимодействия. Это эквивалентно спутниковой системе с многостанционным доступом с временным разделением каналов (TDMA). Пропускная способность обслуживания нагрузки резко уменьшается из-за необходимости передачи межтерминальных управляющих сообщений. Другое название многоадресной системы DCMS – "система DCMS, опирающаяся на сеть". Пример этой системы показан на рис. 2/P.84.

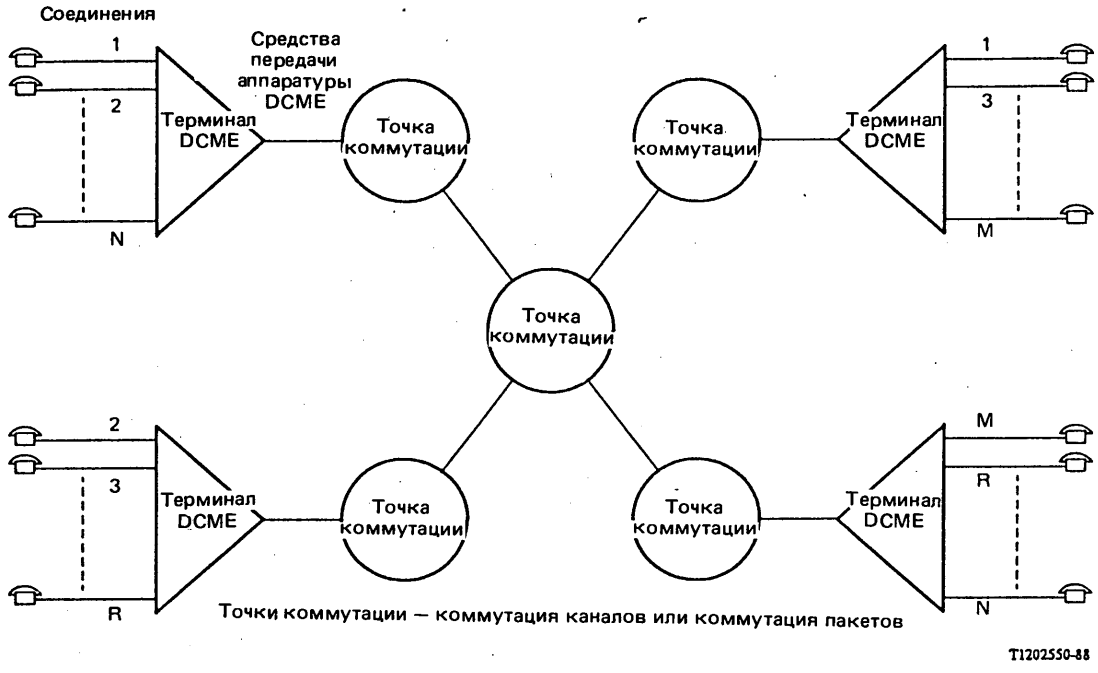


РИСУНОК 2/P.84

Многоадресная система DCMS

1.2.7 низкоскоростное кодирование (LRE)

Методы кодирования речи со скоростями передачи ниже 64 кбит/с, например транскодер АДИКМ на 32 кбит/с (Рекомендация G.721). Этот способ обычно используется в аппаратуре DCME для увеличения пропускной способности канала.

1.2.8 цифровая интерполяция речи (DSI)

Это метод, который может создать дополнительную пропускную способность канала путем использования неактивных интервалов разговора. В среднем типовая активность речи находится в пределах 30–40 %, что может обеспечить выигрыш от интерполяции DSI порядка 3:1, обычно такой выигрыш составляет от 2:1 до 2,5:1.

1.2.9 выигрыши от низкоскоростного кодирования LRE, интерполяции DSI, аппаратуры DCME

Выигрыш от LRE – коэффициент уменьшения скорости передачи входных каналов 64 кбит/с, когда в аппаратуре DCME используется низкоскоростное кодирование. Например, при использовании транскодера в соответствии с Рекомендацией G.721 выигрыш от LRE будет равен 2. Выигрыш от LRE равен 1, если транскодирование не используется.

Выигрыш от интерполяции DSI есть отношение числа активных речевых входных каналов к числу несущих каналов, используемых для передачи речи, при равенстве скорости кодирования во входных и несущих каналах. Выигрыш от DSI ограничивается числом входных каналов, активностью речи и другими характеристиками входной речи. Выигрыш от DSI равен 1, если DSI не используется.

Выигрыш от DCME равен произведению выигрышей от LRE и DSI.

1.2.10 перегрузка DCME

Момент времени, когда число активных входных каналов превышает число "нормальных" несущих каналов, доступных для DSI.

1.2.11 потери речевых сигналов ("вымораживание")

Состояние, когда входной канал становится активным по речи, но не может быть немедленно подключен к несущему каналу из-за отсутствия свободных несущих каналов.

1.2.12 доля потери речевых сигналов ("вымораживания")

Процент потерянной речи, полученный путем усреднения по всем входным каналам для данного интервала времени, например одной минуты.

1.2.13 перегрузка передачи

Состояние, когда доля потерь речевых сигналов превышает величину, установленную в соответствии с требованиями качества речи.

1.2.14 клиппирование

Ухудшение в системах DSI с использованием детекторов речи, когда детектор может отрезать начальные звуки произносимой речи вследствие того, что для распознания наличия речи детектору требуется некоторое время. Конкурентное клиппирование есть ухудшение, вызываемое стратегией управления перегрузкой, вследствие чего возможны потери речевых сигналов из-за временного отсутствия несущих каналов. Другое название стратегии управления перегрузкой путем конкурентного клиппирования – "пропадание выборки".

1.2.15 переменная скорость передачи (VBR)

Стратегия управления перегрузкой, часто используемая для решения проблемы пиков перегрузки и, следовательно, проблем потери речевых сигналов. Временно создаются дополнительные несущие каналы (каналы перегрузки). Имеется несколько способов реализации переменной скорости передачи:

i) один из способов уменьшения скорости передачи состоит в допущении небольшой перегрузки. Например, по требованию канал АДИКМ на 32 кбит/с при 4 битах на выборку может быть преобразован в канал 24 кбит/с минимально при 3 битах на выборку, и переменная скорость передачи в системе DCMS будет определяться промежуточным значением между 3 и 4 битами. Когда предсказанная нагрузка превышает заранее установленную скорость VBR, будет действовать динамическое управление нагрузкой (DLC);

ii) для блока каналов постоянно установлено использование 3 битов. Эти каналы работают исключительно в режиме 3 битов.

Разные существующие методы уменьшения скорости дают различные субъективные характеристики.

1.2.16 организация очереди

Стратегия управления перегрузкой с использованием в передатчике DCME буферной памяти для запоминания выборок речи в ожидании свободного несущего канала.

1.2.17 динамическое управление нагрузкой (DLC)

Стратегия управления перегрузкой, заключающаяся в том, что при отсутствии свободных несущих каналов от аппаратуры DCME на местную и дальнюю коммутационные станции передаются сигналы динамического управления нагрузкой, ограничивающие нагрузку на аппаратуру DCME в момент ее перегрузки.

1.2.18 нагрузочная пропускная способность

Нагрузочная пропускная способность определяется как максимальная речевая нагрузка плюс "служебная" нагрузка, которую каналы DCME могут передать без потери какой-либо выборки речи. Считается, что перегрузка DCME возникает тогда, когда мгновенно приложенная нагрузка превышает пропускную способность несущих каналов DCME.

1.2.19 поступающая и подлежащая передаче нагрузка

Поступающая нагрузка состоит из отрезков речи, поступивших на аппаратуру DCME по активным каналам. Следовательно, поступающая нагрузка является функцией числа активных каналов и активности речи в каналах.

Подлежащая передаче нагрузка состоит из поступающей нагрузки плюс любой дополнительной нагрузки (служебной), созданной сообщениями DCME и управляющей информацией. Подлежащая передаче нагрузка есть нагрузка, поданная к несущим каналам DCME. Если подлежащая передаче нагрузка меньше пропускной способности каналов DCME, вся подлежащая передаче нагрузка передается аппаратурой DCME. Однако если подлежащая передаче нагрузка превышает пропускную способность несущих каналов, то в зависимости от стратегии управления перегрузкой DCME часть подлежащей передаче нагрузки будет потеряна за счет конкурентного клиппирования (пропадания выборки). В аппаратуре DCME может применяться кодирование с переменной скоростью передачи, благодаря которому аппаратура DCME при превышении допустимого значения потерь речевого сигнала ("вымораживания") может мгновенно увеличить пропускную способность несущих каналов (создание каналов перегрузки) для восприятия дополнительной нагрузки. Динамическое управление нагрузкой может быть также использовано для ограничения поступающей нагрузки.

Мгновенная нагрузка является функцией статистических показателей входной речи и "служебного" трафика DCME; ее трудно выразить математически. Однако средняя долговременная поступающая нагрузка может быть вычислена по формуле:

$$L_a = N \frac{\alpha}{\alpha + \beta},$$

где L_a – средняя поступающая нагрузка, α – средняя длительность отрезка речи, β – средняя длительность паузы (молчания) и N – число используемых каналов. Член $\alpha/(\alpha + \beta)$ равен средней активности речи. Поступающая нагрузка измеряется в каналах на входе DCME. Таким образом, средней нагрузкой на DCME можно управлять изменением числа используемых каналов N или коэффициента активности речи $\alpha/(\alpha + \beta)$.

Средняя подлежащая передаче нагрузка также является полезным понятием, она может быть вычислена по формуле:

$$L_0 = N \frac{\alpha(k+1)}{\alpha + \beta} + G,$$

где L_0 – средняя нагрузка, поданная к несущим каналам; k – постоянная, учитывающая эффект "затягивания" за счет воздействия детектора речи на коэффициент активности; G – коэффициент нагрузки, учитывающий "служебный" трафик системы (например, управляющие сообщения). Таким образом, средняя подлежащая передаче нагрузка L_0 будет почти всегда больше средней поступающей нагрузки L_0.

1.3 *Принципы испытаний*

Чтобы с помощью испытаний можно было удовлетворительно оценить характеристики аппаратуры DCME, методика ее испытаний должна удовлетворять следующим условиям:

i) методика должна использовать принципы, процедуры и приборы, приемлемые для МККТТ;

ii) методика должна быть легко приспособляема к различным языкам и должна давать результаты, сравнимые с результатами предыдущих испытаний;

iii) методика должна давать возможность субъективно (или объективно) сравнивать характеристики аппаратуры DCME с эталонными условиями. Примерами таких эталонных условий являются гипотетические эталонные соединения (HRC), белый шум и шум, коррелированный с речью. Соединения HRC должны моделировать то оборудование, которое DCME должна заменять, когда это оборудование известно. Результаты сравнений должны давать возможность делать "заключения по эквивалентности" относительно аппаратуры DCME, например система DCME субъективно эквивалентна числу x последовательно асинхронно включенных каналов 64 кбит/с систем передачи ИКМ. В идеале методика должна давать результаты, на основе которых могут быть получены правила применения испытуемой аппаратуры на сети;

iv) аппаратура DCME должна испытываться с помощью имитатора реальной нагрузки и сигналов, соответствующих испытываемой схеме. Большинство переходных искажений возникает в том случае, когда аппаратура DCME работает при значениях поступающей нагрузки, которые приводят к необходимости использования интерполяции DSI. Поэтому, чтобы субъективно измерить влияние этих ухудшений, необходимо изменять поступающую нагрузку на аппаратуру DCME вплоть до максимальной расчетной нагрузки. На клиппирование, вводимое детектором речи, оказывает воздействие вид сигнала, передаваемого по испытуемому каналу. Поэтому испытание канала должно производиться только при использовании смеси реального речевого сигнала с аддитивным шумом;

v) в большинстве случаев аппаратура DCME разрабатывается для замены на сети существующего оборудования. Если аппаратура DCME вносит более значительную задержку, чем заменяемое оборудование, то эта дополнительная задержка будет уменьшать допустимое эхо (качество обслуживания) до тех пор, пока она (эта задержка) не будет компенсирована дополнительными мерами по управлению эхом. На основе Рекомендации G.131 может быть определено уменьшение допустимого эха, которое может иметь место без использования дополнительных мер по управлению эхом, а также принято решение относительно необходимости дополнительного управления эхом;

vi) теоретически методика должна приводить к результатам, которые могли бы служить базой для разработки новых моделей мнений или модернизации существующих моделей.

1.4 *Описание аппаратуры DCME*

В приложении А приведено подробное описание характеристик аппаратуры DCME, которые могут быть оценены по этой методике. Настоящий раздел содержит краткое описание этих характеристик.

Методика испытаний применяется к аппаратуре DCME двух типов: с использованием интерполяции DSI (только для обеспечения выигрыша от интерполяции) и с использованием интерполяции DSI и низкоскоростного кодирования LRE (для обеспечения выигрыша от DSI и от LRE). Методика испытаний должна учитывать особенность детектора речи, заключающуюся в том, что клиппирование речи может иметь место даже в том случае, когда аппаратура DCME не перегружена.

Методика испытаний применима к аппаратуре DCME, использующей любой из следующих трех методов управления перегрузкой или их комбинацию: 1) пропадание выборки, или конкурентное клиппирование, 2) переменная скорость передачи и 3) организация очереди. План испытаний позволяет также проводить испытания аппаратуры DCME, имеющей способность динамического управления нагрузкой (DLC).

Методика испытаний учитывает, что многие виды ухудшений, создаваемых аппаратурой DCME, имеют место только при нагрузке аппаратуры, поэтому предусматривается подавать на испытуемую аппаратуру DCME контролируемую нагрузку. Нагрузка изменяется в пределах от 0 до 100 % пропускной способности канала. Использование в аппаратуре DCME режима пакетов превращает ее в систему с пакетированием речи, а указанная методика испытаний применима к таким системам. В настоящее время этой методикой охватывается только аппаратура DCME в режиме "точка-точка" (и, возможно, "точка – группа точек").

2 Запись источников

2.1 *Аппаратура и окружающая среда*

Диктор должен сидеть в тихом помещении, объем которого от 40 до 120 м^3 и время реверберации менее 500 мс (предпочтительно в пределах от 200 до 300 мс). Уровень шума помещения должен быть ниже 30 дБА без наличия доминантных пиков в спектре.

Речь должна быть записана от промежуточной эталонной системы (IRS), определенной в Рекомендации P.48, или от эквивалентной схемы. Система IRS выбрана потому, что на нее существует достаточно полная документация и она может быть реализована всеми лабораториями. Система IRS должна быть откалибрована в соответствии с Рекомендацией P.64.

Записывающая аппаратура должна быть высокого качества и типа, согласующегося с испытанием. Выбранная аппаратура должна быть способна обеспечить отношение сигнал–шум по крайней мере 40 дБ. Подходящая система может содержать, например, цифровую звукозаписывающую систему высокого качества.

Все речевые материалы должны быть записаны так, чтобы уровень активной речи, измеренный согласно Рекомендации P.56, был приблизительно на 23 дБ ниже уровня пиковой перегрузки записывающей системы. Это будет гарантировать, что пики речи не будут перегружать записывающую систему.

2.2 *Речевой материал*

Речевой материал должен состоять из последовательности простых смысловых коротких предложений, выбранных в случайном порядке, что облегчает понимание (например, из современной нетехнической литературы или из газет). Не должны использоваться очень короткие и очень длинные предложения; каждая последовательность при произнесении должна иметь длительность по крайней мере 30 с, а длительность любых двух последовательностей не должна отличаться более чем на 5 с. Администрации могут использовать один из двух подходов:

i) иметь столько разных последовательностей, сколько было обусловлено (пример подходящего материала, из которого могут быть составлены последовательности, приведен в Приложении B), или

ii) иметь более ограниченное количество последовательностей (например, 10) на каждого говорящего, из которых могут составляться комбинации из двух предложений (это подробно показано в Приложении C).

Поскольку должна использоваться шкала мнений, рекомендуется первый подход. Для обслуживания всех испытательных условий должно иметься в наличии достаточное количество последовательностей плюс достаточное их количество для использования в практическом сеансе испытаний.

2.3 *Методика проведения испытания*

В каждой последовательности должны использоваться по крайней мере три предложения. Перед началом первого предложения и после окончания последовательности должны иметь место паузы длительностью около одной секунды, в течение которых прослушивается только шум канала. Одна из пауз между предложениями должна продолжаться от одной до двух секунд; в ней также прослушивается только шум канала. Другими словами, диктор должен говорить с естественными паузами.

Чтобы облегчить обработку записанной речи, прошедшей через аппаратуру DCME (то есть чтобы обеспечить пуск и остановку записывающего устройства между предложениями), а также выделить время для подстройки DCME для следующих испытательных условий, последовательности должны быть разделены пятисекундными промежутками на ленте. Следовательно, источник записанных последовательностей будет иметь на ленте структуру, показанную на рис. 3/P.84.

РИСУНОК 3/P.84

Последовательности должны воспроизводиться для слушающих начиная с односекундного интервала молчания. После окончания последовательности должен предусматриваться промежуток полного молчания 5 с, чтобы слушающий мог определить свое мнение.

Дикторы должны произносить последовательности предложений плавно, но не театрально, и не должны иметь дефектов речи, таких как заикание.

Должны использоваться по крайней мере две пары дикторов "мужчина–женщина", а если позволяет время испытаний, то и большее число пар.

Способ представления последовательностей источника будет осуществляться путем рандомизации дикторов по блокам, как показано в следующем примере:

Диктор	Блок 1	Блок 2	Блок 3	...	Блок n
	1 2 3 4	3 4 1 2	1 3 2 4		2 3 1 4

где дикторы 1 и 2 – мужчины, а 3 и 4 – женщины.

2.4 *Сигналы калибровки и речевые уровни*

После проведения записей должен быть измерен уровень активной речи каждой речевой последовательности (исключая предшествующий и последующий промежутки молчания) предпочтительно в соответствии с Рекомендацией P.56. При необходимости речь затем может быть переписана в *правый* канал второй системы с необходимой регулировкой усиления, так чтобы последовательности были приведены к одному и тому же речевому уровню, а именно на 23 дБ ниже уровня пиковой перегрузки записывающей системы.

На стадии перезаписи должен быть введен тональный сигнал 100 Гц длительностью тридцать секунд при среднеквадратическом уровне на 17 дБ выше уровня активной речи, то есть на 6 дБ ниже уровня пиковой перегрузки записывающей системы: пиковый уровень этого тона будет еще на 3 дБ выше. Этот тон может быть использован позже для регулирования среднеквадратического уровня входной речи до величины на 20 дБ ниже точки перегрузки аппаратуры DCME (число 20 дБ складывается из 3 дБ для отношения пиковой величины к среднеквадратической для тона и 17 дБ снижения речевого уровня относительно среднеквадратического уровня тона).

Левый канал записи источника должен содержать тон 1000 Гц с уровнем на 23 дБ ниже уровня пиковой перегрузки и длительностью 0,5 с, записанный в течение примерно 0,5 с перед началом и после конца каждого предложения. Эти два сигнала могут использоваться в качестве контрольных и управляющих сигналов при прохождении последовательностей через испытуемую аппаратуру DCME.

3 Система имитации нагрузки

3.1 *Требования к общему звуковому имитатору нагрузки*

По определению аппаратура размножения цифровых каналов (DCME) используется для увеличения числа каналов, объединяемых в цифровом оборудовании передачи. Однако выигрыш в числе каналов приводит к потенциальному снижению качества передачи, когда передаваемая нагрузка превышает проектную нагрузку аппаратуры DCME. Следовательно, точная оценка DCME по качеству передачи заключается в изучении поведения DCME без нагрузки, при проектной нагрузке и при перегрузке. Поскольку качество передачи DCME при нагрузке всецело зависит от характеристик нагрузки, то для надлежащей оценки параметров DCME необходимо использовать *известные и управляемые* имитированные нагрузки. В настоящем разделе описаны общие требования к имитатору речевой нагрузки с целью облегчения оценок характеристик DCME. Использование имитаторов речевой нагрузки с описанными здесь общими требованиями может дать возможность сравнить результаты различных исследований разных типов аппаратуры DCME.

Примечание 1. – Описанный здесь имитатор нагрузки должен использоваться для оценки параметров аппаратуры DCME, в которой применяется цифровая интерполяция речи (DSI). Это исключает аппаратуру DCME типа A, для которой нагрузка не является проблемой вследствие фиксированного распределения временных интервалов каналов в этой аппаратуре.

Примечание 2. – Описанный здесь имитатор нагрузки является "внешним" имитатором, который создает имитированные речевые сигналы, применяемые для испытаний множества каналов, объединенных в цифровую систему передачи. Прототип DCME часто использует "внутреннюю" имитацию нагрузки запросов междугородной службы "канал нуждается в сервисе", которая имитирует выход ряда цепей детекторов речи и таким образом конкурирует с пропускной способностью, даже если имитированные сигналы в действительности не передаются; передача осуществляется только по испытуемому "живому" каналу. Этот тип имитатора может быть очень полезен в лаборатории, но не рассматривается здесь, так как должны быть сделаны определенные предположения относительно рабочих характеристик взаимодействующего имитатора детектора речи.

3.1.1 *Параметры*

Общий имитатор речевой нагрузки (VLS) для оценки параметров DCME имеет следующие характеристики:

- характеристики всплесков речи;
- характеристики молчания;
- фоновый шум в режиме молчания;
- спектральные свойства имитированной речи;
- амплитудные характеристики;
- физический стык, включая спецификации незанятого канала.

Перечисленные выше параметры (их подробное описание приводится ниже) представляют собой минимальную группу параметров, которая может быть при необходимости расширена; например, может оказаться необходимым исследовать временные изменения ряда имитированных вызовов; при этом в перечень параметров должно быть внесено соответствующее дополнение. К тому же рассматриваются только имитированные речевые сигналы. На более позднем этапе может оказаться желательным добавить имитированные тоны разных типов, сигнальные частоты и данные в тональном диапазоне частот.

3.1.2 *Требования*

3.1.2.1 *Общие положения*

Эти требования применимы к общему испытанию аппаратуры DCME с помощью имитатора VLS. Соответственно, аппаратура DCME должна принимать цифровые сигналы от имитатора VLS, который имитирует групповой и независимый источники речи, подобно тому, как это наблюдается в телефонных сетях. Для удовлетворения последнего условия предполагается, что выход имитатора VLS должен иметь несколько стыков T1 или CEPT.

Там, где это возможно, для удовлетворения этих требований должны использоваться существующие Рекомендации. Наиболее значительными исключениями являются требования, связанные с активностью речи и основными статистическими распределениями всплесков речи и промежутков молчания. В связи с этим была рассмотрена современная техническая литература; здесь используются последние результаты [1], основанные на разговорной речи.

3.1.2.2 *Характеристики всплесков речи*

Функция плотности вероятности длительностей всплесков речи моделируется двумя геометрическими функциями распределения вероятности:

$$f_t(k) = C_1(1-U_1)\,U_1^{k-1} + C_2(1-U_2)\,U_2^{k-1},\quad k = 1, 2, 3, \ldots ,$$

где

$C_1 = 0{,}60278$ $\qquad U_1 = 0{,}92446$

$C_2 = 0{,}39817$ $\qquad U_2 = 0{,}98916.$

Каждое приращение переменной "k" равно 5 мс. Функция распределения длительностей всплесков речи показана на рис. 4/P.84. Средняя длительность всплеска речи α = 227 мс.

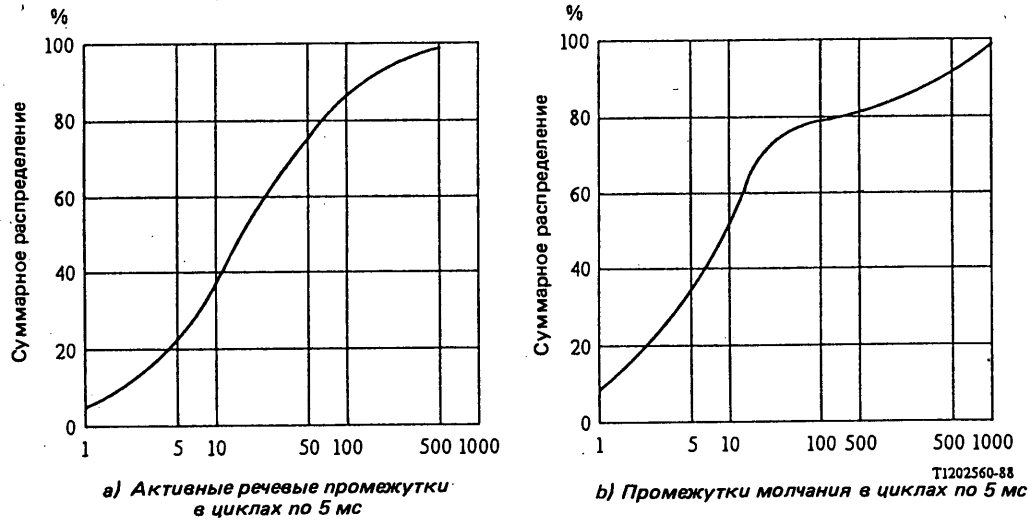


РИСУНОК 4/P.84

Функции распределения вероятности длительностей всплесков речи и промежутков молчания

3.1.2.3 *Характеристики промежутков молчания*

Функция плотности вероятности длительностей молчания также моделируется двумя геометрическими функциями распределения вероятности:

$$f_s(k) = D_1(1-W_1)\,W_1^{k-1} + D_2(1-W_2)\,W_2^{k-1},\quad k = 1, 2, 3, \ldots ,$$

где

$D_1 = 0{,}76693$ $\qquad W_1 = 0{,}89700$

$D_2 = 0{,}23307$ $\qquad W_2 = 0{,}99791.$

Функция распределения длительностей промежутков молчания показана на рис. 4/P.84.

Средняя длительность молчания β = 596 мс, объединенная со средней длительностью всплеска речи 227 мс, дает долговременный коэффициент активности речи, равный 27,6 процента.

3.1.2.4 *Фоновый шум в режиме молчания*

В промежутки молчания должен вводиться шум, с тем чтобы можно было изучать характеристики интерполяции DSI при наличии шума. Желательно, чтобы уровень шума был регулируемым; предварительно рекомендуется по умолчанию величина –58 дБм0п.

3.1.2.5 *Свойства имитированной речи*

В качестве основы для имитации характеристик человеческой речи должен использоваться искусственный речевой сигнал в соответствии с Рекомендацией P.51. Возможный процесс генерации искусственного голоса в соответствии с Рекомендацией P.51 описан в Дополнении № 7 к Рекомендациям серии P. Этот сигнал может включаться/выключаться в соответствии со статистикой длительностей всплесков речи и молчания, описанной в §§ 3.1.2.3 и 3.1.2.4.

3.1.2.6 *Физический стык*

Имитатор нагрузки должен иметь выходы T1 и/или CEPT с физическими и электрическими характеристиками и характеристиками кодирования, структуры цикла и сигнализацией в соответствии с Рекомендациями G.703, G.704, G.711 и G.732 (2048 кбит/с) или G.733 (1544 кбит/с).

3.2 *Определение пропускной способности испытуемых систем*

Средняя поступающая нагрузка равна произведению числа используемых каналов N на среднюю активность речи. Пропускная способность испытуемой системы равна максимальной нагрузке, на обработку которой рассчитана система, L_{max}. Пропускная способность может быть определена:

i) из документации производителя,

ii) расчетным путем.

На основе полученной таким образом нагрузки могут быть определены частичные нагрузки, при которых будет испытываться система. Частичными нагрузками являются:

$$L_i = c_i L_{max},$$

где

c_i = 0,0, 0,50, 0,75 и 1,0.

3.3 *Управление нагрузкой, поступающей на испытуемые системы*

Поступающая на аппаратуру DCME нагрузка может варьироваться изменением числа каналов N и коэффициента активности речи. Для этих испытаний коэффициент активности речи принимается постоянным и равным 28 %. Поэтому, чтобы получить частичную нагрузку L_i, необходимо вычислить число активных каналов, которое дает наилучшее приближение к этой желаемой величине.

Например, если L_{max} = 48 и коэффициент активности речи составляет 28 %, а частичная нагрузка равна $L_i = 0{,}50\ L_{max}$, то число активных каналов N_{active} рассчитывается так:

$$N_{active} = c_i \frac{L_{max}}{\text{(коэффициент активности речи)}} = 0{,}5\ \frac{48}{0{,}28} = 86 \text{ активных каналов.}$$

При испытаниях по 86 каналам должна передаваться речевая нагрузка, а остальные каналы должны быть свободными.

Примечание. – Следующие вопросы являются предметом будущих исследований:

a) Должна ли нагрузка аппаратуры DCME включать в себя как речь, так и данные в диапазоне тональных частот? Влияние нагрузки данных в диапазоне тональных частот на качество речи является важным вопросом при оценке характеристик аппаратуры DCME. Процентное содержание данных определяется так:

$$P_{data} = \frac{\text{Число входных каналов, используемых для передачи данных}}{\text{Общее число активных каналов}} \times 100\ \%.$$

b) Некоторые Администрации сообщают, что активность речи в реальных каналах в среднем составляет около 36 % при использовании высокочувствительного детектора речи, имеющего малое время замедления выключения около 30 мс. Следует ли изменить требования по речевой нагрузке, изложенные в § 3.1, и если да, то какие величины рекомендуются?

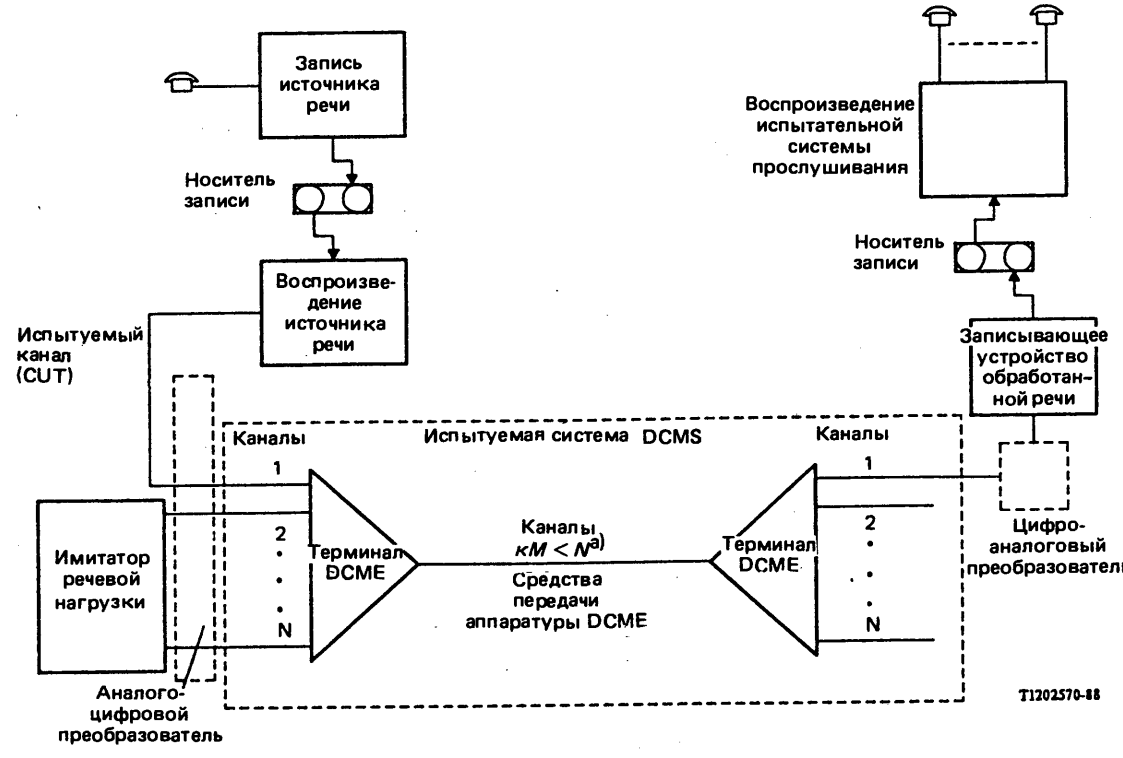
c) Частичные величины речевой нагрузки приведены в § 3.2. Некоторые виды аппаратуры DCME обнаруживают значительные изменения в качестве передачи в различных точках частичной нагрузки. Должны ли быть изменены точки частичной нагрузки для обеспечения этого вида работы, и если да, то какие изменения рекомендуются?

4 Обработка речи

Лаборатории, испытывающие аппаратуру DCME, должны использовать записи источника, воспроизводить их через испытуемый канал аппаратуры DCME (используя калибровочный тон для установления согласованного входного уровня), эксплуатировать аппаратуру DCME на согласованной нагрузке и записывать выходной сигнал испытуемого канала в определенном порядке (объясненном в § 5). Затем записанные выходные сигналы должны использоваться для испытаний прослушиванием. Подключение испытуемой аппаратуры DCME к имитатору нагрузки и записывающей и воспроизводящей аппаратуре показано на рис. 5/P.84. Для обеспечения возможности подключения к аппаратуре DCME выбранного имитатора нагрузки и записывающей аппаратуры может оказаться необходимым предусмотреть специальные стыки с аналого-цифровыми и цифро-аналоговыми преобразователями.

Все обработанные выходные сигналы должны записываться в *левом* канале записывающего устройства. Соответствующий исходный сигнал должен быть одновременно записан в *правом* канале. Тон 1 кГц должен быть получен в двух видах – в первоначальном виде (*правый* канал) и в обработанном виде после прохождения им испытуемой аппаратуры DCME (*левый* канал).

Тон 1 кГц на записи источника (см. § 2) будет использоваться для установки среднеквадратического уровня входной речи, который должен быть на 20, 30 или 38 дБ ниже точки перегрузки кодера DCME.



a) Объяснение коэффициента к*M* дано в § A.4.

РИСУНОК 5/P.84

Испытание аппаратуры DCME

5 Планирование испытаний

Для оценки различных аспектов характеристик аппаратуры DCME предлагаются три отдельных испытания. Первое служит для оценки воздействия на характеристики различных нагрузок. С помощью второго испытания оценивается влияние ошибок в цифровом канале управления DCME. По результатам третьего испытания вычисляется величина, определяющая влияние задержки DCME на допуск на эхо. Последнее испытание должно проводиться с использованием Рекомендации G.131 и не связано с субъективным испытанием.

5.1 *Испытание № 1: Влияние поступающей нагрузки*

Это испытание может проводиться дважды; один раз для получения показателя качества и второй раз (необязательно) для получения показателей усилий при прослушивании. Испытание проводится по следующим параметрам:

a) *Испытуемые параметры DCME:*

1. испытуемые DCME: N
2. нагрузки DCME: четыре значения (0; 0,5; 0,75; 1,0) (см. § 3.2)
3. коэффициент активности речи: одно значение (28 %)
4. характеристики активной речи канала: одно значение (см. § 3.1)
5. шум (ICN) в незанятом испытуемом канале (CUT): два значения[2)] (–77 и –45 дБм0п)
6. входной уровень речи испытуемого канала (CUT): три значения (на 20, 30 и 38 дБ ниже перегрузки кодера DCME)
7. выходные уровни прослушивания: по крайней мере три значения (предпочтительный и предпочтительный ± 10 дБ)
8. дикторы: четыре диктора, то есть 2 мужчины и 2 женщины.

b) *Эталонные параметры*

1. исходные последовательности источника: одно значение
2. блок MNRU: четыре значения (5–35 дБ ступенями по 10 дБ)
3. отношение сигнал–шум (SNR): три значения (20, 30 и 40 дБ)
4. эталонные соединения (HRC): приблизительно четыре различных случая по выбору испытательной группы
5. уровни прослушивания: три уровня (см. выше)
6. дикторы: четыре диктора, то есть 2 мужчины и 2 женщины.

При указанной выше совокупности параметров количество испытуемых состояний равно:

$$4 \times 2 \times 3 \times 3 \times 4 \times N = 288 \times N \text{ состояний DCME}$$

плюс

$$12 \times 3 \times 4 = 144 \text{ эталонных состояния.}$$

Общее количество состояний (полагая N = 1 DCME) равно:

$$432 \text{ испытательных состояния} + 36 \text{ практических} = 468 \text{ состояний.}$$

Совокупность испытательных состояний должна быть разделена приблизительно на 13 сегментов (12 испытаний + + 1 практическое) по 36 состояний, при этом в пределах каждого сегмента состояния устанавливаются в случайном порядке. В таблице 1/P.84 перечислены состояния в основном сегменте в обычном порядке (без рандомизации).

Путем повторения основного сбалансированного сегмента по таблице 1/P.84 для каждого из 4 дикторов и 3 уровней прослушивания создаются 12 испытательных сегментов, обозначенных буквами от A до L. Должен быть также создан практический сегмент P. Затем испытательные сегменты от A до L плюс сегмент P в соответствии с процедурой, описанной в § 6, могут быть упорядочены для воспроизведения при испытании прослушиванием.

Если принять, что каждое состояние для прослушивания и выражения мнения требует 35 с, то общее время испытаний составит около 4,5 часа.

5.2 *Испытание № 2: Влияние цифровых ошибок в канале управления DCME*

Предыдущее испытание проводилось при предположении, что цифровая система передачи работает без ошибок. В реальных условиях ошибки имеют место, и ошибки в канале управления DCME могут вызвать кратковременный разрыв речевых каналов. Чтобы определить влияние цифровых ошибок на характеристики, следует повторить испытание № 1 при вводе в канал управления случайных ошибок с частотностью 10^{-3}. Для этого испытания необходимо использовать только один (предпочтительный) уровень прослушивания, поэтому общее число испытательных состояний равно N x 96 плюс 144 эталонных состояния. При N = 1 время испытаний составит 2,3 часа.

---

2) Если позволяет время, предлагается использовать третий уровень шума –58 дБм0п. Это позволит получить более прочную характеристику влияния различных уровней шума на DCME.

ТАБЛИЦА 1/Р.84

Основной сегмент (предполагается испытание одной DCME)

Состояние	Нагрузка	Шум незанятого канала (дБм0п)	Вход[a] (дБ)	Q (дБ)	SNR (дБ)	HRC
1	0,00	–77	20			
2	0,50	–77	20			
3	0,75	–77	20			
4	1,00	–77	20			
5	0,00	–45	20			
6	0,50	–45	20			
7	0,75	–45	20			
8	1,00	–45	20			
9	0,00	–77	30			
10	0,50	–77	30			
11	0,75	–77	30			
12	1,00	–77	30			
13	0,00	–45	30			
14	0,50	–45	30			
15	0,75	–45	30			
16	1,00	–45	30			
17	0,00	–77	38			
18	0,50	–77	38			
19	0,75	–77	38			
20	1,00	–77	38			
21	0,00	–45	38			
22	0,50	–45	38			
23	0,75	–45	38			
24	1,00	–45	38			
25			20			Исходный
26			20	5		
27			20	15		
28			20	25		
29			20	35		
30			20		20	
31			20		30	
32			20		40	
33			20			HRC1
34			20			HRC2
35			20			HRC3
36			20			HRC4

ICN – шум в незанятом канале

[a] дБ ниже уровня перегрузки кодера DCME.

5.3 *Испытание № 3: Влияние задержки*

Цель настоящего испытания, проводимого с учетом Рекомендации G.131, заключается в том, чтобы рассчитать задержку передачи через аппаратуру DCME, затем определить, требуется ли при этой задержке использовать дополнительные меры по управлению эхом. Для ответа на этот вопрос необходимо определить соединения, в которых будет использоваться аппаратура DCME, затем – допуск на эхо в этих соединениях при предположении, что вместо аппаратуры DCME применяются обычные средства передачи, и наконец, определить уменьшение допуска на эхо при включении аппаратуры DCME в соединение. Если это уменьшение выходит за приемлемые пределы, то потребуются дополнительные меры по управлению эхом при использовании аппаратуры DCME.

6 Методика проведения испытаний прослушиванием

6.1 *Аппаратура, калибровка и окружающая среда*

Помещение для прослушивания должно соответствовать тем же условиям, что и помещение для записи, за исключением того, что окружающий шум должен быть не более 45 дБА (спектр Хота, см. Дополнение № 13 в конце этого тома).

Должна использоваться приемная часть системы IRS (Рекомендация P.48) или ее эквивалентная схема. Система IRS должна быть откалибрована в соответствии с Рекомендацией P.64.

Усиление системы должно быть установлено так, чтобы воспроизведенный с записей тон 1 кГц создавал звуковое давление 7 дБПа при измерении с помощью искусственного уха МЭК 318 (Рекомендация P.51). Таким образом, разговорный уровень в этой точке также будет равен –10 дБПа (84 дБ SPL) для неискаженной речи, что близко к "предпочтительному уровню прослушивания".

6.2 *Инструкции для операторов*

Эти инструкции даны в Приложении D. После того как операторы ознакомятся с этими инструкциями, они должны осуществить прослушивание в практических условиях и дать свою оценку каждой выборке. Им не следует внушать, что практические условия исчерпывают пределы качества, которое они могут ожидать. Должны быть даны ответы на все вопросы относительно методики измерений или смысла инструкций, но на все технические вопросы должен даваться следующий ответ: "Мы ничего не можем вам сказать об этом до окончания испытаний".

6.3 *Шкала мнений*

Согласованные методы являются методами с одним раздражителем и основываются на обязательной шкале "качества" и необязательной шкале "усилий при прослушивании".

6.3.1 *Мнения, основанные на шкале "качества"*

Для испытания качества должны использоваться следующие пять категорий:

- отлично;
- хорошо;
- посредственно;
- плохо;
- очень плохо

или эквиваленты в зависимости от языка. (Дополнение № 2 в конце этого тома.)

6.3.2 *Мнения, основанные на усилии, требуемом для понимания смысла предложения (шкала усилий при прослушивании)*

Для необязательного испытания на усилие при прослушивании должны использоваться следующие пять категорий:

- возможно полное расслабление, усилие не требуется;
- необходимо внимание, заметное усилие не требуется;
- требуется умеренное усилие;
- требуется значительное усилие;
- смысл непонятен при любом возможном усилии

или эквиваленты в зависимости от языка. (Дополнение № 2 в конце этого тома.)

Примечание 1. – Считается, что шкалы качества и усилий при прослушивании взаимоувязаны. Поэтому нет необходимости использовать обе шкалы. Однако, если в конкретном случае целесообразно получить показатели по обеим шкалам, сначала должны проводиться испытания по шкале усилий при прослушивании, которые затем дублируются испытаниями по шкале качества. Этот порядок особенно важно соблюдать в случае, когда в обоих испытаниях участвуют одни и те же слушающие (аудиторы) и используются одни и те же источники речи.

Примечание 2. – Предполагается, что шкалы показателей, связанных с категориями, определенными в § 6.3.1 и 6.3.2, являются шкалами с линейными интервалами. Рекомендуется на это предположение обратить внимание операторов в устном инструктаже по проведению испытаний или в письменных инструкциях путем показа чисел на числовой шкале. Примеры выполнения таких операций даны в Приложении D. В качестве альтернативы шкала может иметь больше 5 градаций (например, 7 или 11) с теми же пятью словесными определениями на равных расстояниях. Дополнительная возможность заключается в раздельном определении конечных точек шкалы (например, идеальное и непригодное). В дальнейшем эти концевые точки служат опорными точками, но их использование для определения показателей не предполагается. Примеры таких альтернативных субъективных шкал даны в Приложении E.

6.4 *Последовательность операций*

Двенадцать испытательных сегментов плюс один практический сегмент (A–L плюс P) должны воспроизводиться в соответствии с расширенными латинскими квадратами:

Испытание качества	*Факультативное испытание усилий при прослушивании*
P CABD ...	P ABDC ...
P DBAC ...	P DCAB ...
P ADCB ...	P BDCA ...
P BCDA ...	P CABD ...

В этих квадратах каждый ряд используется для каждой группы слушающих, которые могут слушать одновременно или раздельно. В пределах каждого ряда сегменты воспроизводятся в данном порядке. Естественно, между сегментами будет иметь место пауза, пока будет найдено нужное место на носителе записи и, возможно, проведена проверка калибровки; эта пауза будет также желанна для слушающих.

6.5 *Слушающие*

Участвующие в этом испытании слушающие должны привлекаться наугад из числа телефонных абонентов. Должно быть привлечено около 40, но не менее 30 слушающих.

6.6 *Сбор данных*

Ответы операторов могут собираться любым удобным способом: например, с помощью карандаша и бумаги, нажимных кнопок контрольных ламп, с записью оператором или с помощью автоматического оборудования регистрации данных. Но при любом используемом способе должны быть приняты меры, исключающие возможность оператору видеть ответы других операторов, а также записи своих собственных предыдущих ответов. За исключением неизбежного влияния памяти и практики, каждый ответ должен быть независимым от любого другого.

7 Статистический анализ и представление результатов

После окончания испытания и сбора ответов всех операторов экспериментатор будет присваивать ответам цифровые оценки следующим образом:

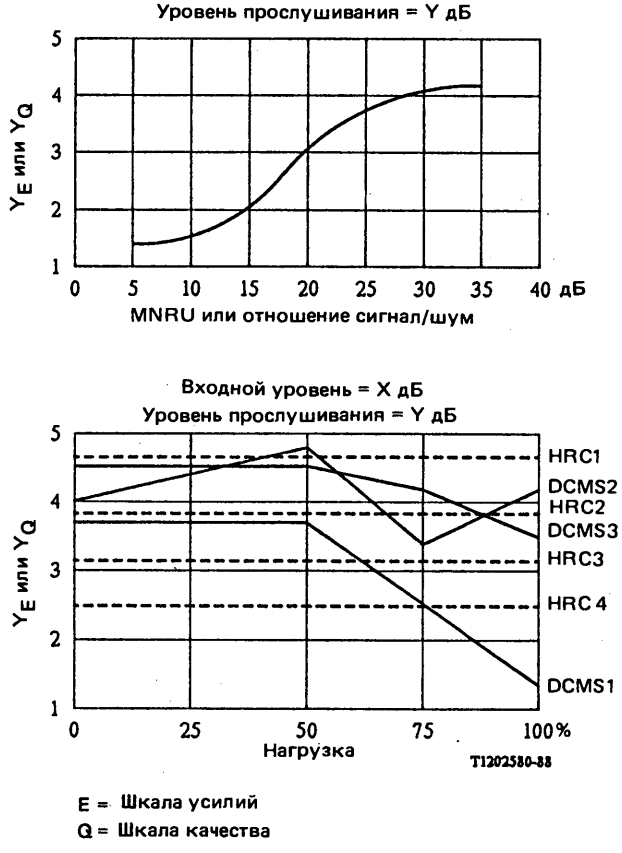
Ответ	*Балл*
Отлично	5
Хорошо	4
Посредственно	3
Плохо	2
Очень плохо	1
Возможно полное расслабление, усилие не требуется	5
Необходимо внимание, заметное усилие не требуется	4
Требуется умеренное усилие	3
Требуется значительное усилие	2
Смысл непонятен при любом возможном усилии	1

Для каждого состояния должен быть вычислен средний балл (по участникам), и эти средние оценки должны быть внесены в список (это требуется для того, чтобы можно было видеть влияние мужской и женской речи).

Для быстрой оценки результатов должны быть построены графики, образцы которых показаны на рис. 6/P.84.

Следует особо отметить, что усреднение мужских и женских результатов предполагается здесь исключительно для сокращения выходной информации до контролируемого количественного соотношения, а не для того, чтобы проводить детальное исследование или интерпретировать результаты (кроме случаев, когда это оправдывается значимостью испытаний).

Вычисление отдельных стандартных отклонений для каждого состояния не рекомендуется. Должны быть оценены доверительные пределы и значимость испытаний, выполненных с использованием обычных методов анализа расхождений.



Примечание 1. — Должен применяться набор из 15 кривых, использующих шкалу усилий при прослушивании, и другой набор из 15 кривых для шкалы качества.

Примечание 2. — Организациям предлагается использовать оси так, как показано выше.

Примечание 3. — Показанным кривым не должно придаваться какое-либо значение; они служат только примером.

Примечание 4. — Начертить один полный набор графиков нагрузки для каждого из трех входных уровней. Начертить один полный набор всех кривых для каждого из трех уровней прослушивания.

РИСУНОК 6/P.84

Форма для представления результатов

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(к Рекомендации Р.84)

Описание аппаратуры размножения цифровых каналов

А.1 *Определение аппаратуры DCME*

Аппаратура размножения цифровых каналов (DCME) определена в § 1.2.1. Рабочим же определением может быть такое: любой метод цифровой передачи, который обеспечивает получение большего числа каналов речевого типа, чем это возможно при использовании аппаратуры, соответствующей Рекомендации G.711. Для наших целей термин "канал" иногда может относиться к каналу между двумя коммутационными точками (междугородный) или между абонентскими устройствами и точкой коммутации (местный). В других случаях он может относиться к цифровому соединению между двумя пунктами. Канал также может быть физическим или виртуальным. Термин "речевого типа" означает, что полоса частот канала номинально равна 3,1 кГц. Мы будем пытаться избегать путаницы путем использования при необходимости подходящих определителей для описания вида канала, который мы имеем в виду.

На основе приведенных выше определений мы делаем вывод, что существует три основных типа аппаратуры DCME:

Тип А – Использует только низкоскоростное кодирование (LRE < 64 кбит/с) для получения коэффициента размножения каналов больше 1. Некоторые методы LRE (например, АДИКМ на 32 кбит/с) поддаются субъективным методам испытаний, описанным в Рекомендации Р.70; другие методы (например, вокодер на 48 кбит/с) могут потребовать новых субъективных методов испытаний.

Тип В – Использует только цифровую интерполяцию речи (DSI) для получения коэффициента размножения каналов больше 1. Интерполяция DSI определена в § А.2. По определению, цифровое кодирование, используемое в аппаратуре DCME типа В для организации канала, работает на скорости 64 кбит/с и соответствует Рекомендации G.711. Таким образом, кодирование обеспечивает коэффициент размножения каналов, равный 1. Для устранения перегрузки DCME, когда она случается, существует несколько подходов. Три основные стратегии управления перегрузкой определены в § А.5. Например, в течение кратковременного интервала перегрузки скорость кодирования канала может быть снижена для увеличения пропускной способности канала. Однако эта операция перекодирования относится к интерполяции DSI, и полученный за этот счет коэффициент размножения каналов больше 1 также относится к DSI.

Тип С – Комбинация типов А и В. Этот смешанный тип применяет кодирование LRE для получения коэффициента размножения каналов больше 1, а затем интерполяцию DSI для получения дополнительного коэффициента размножения больше 1. Например, если LRE соответствует Рекомендации G.721 32 кбит/с АДИКМ, то кодер имеет коэффициент размножения каналов $k = 2$. Интерполяция DSI может увеличить этот коэффициент еще в 2 или 3 раза в зависимости от параметров аппаратуры DCME. Общий коэффициент размножения (от 4 до 6) равен произведению коэффициентов LRE и DSI.

А.2 *Цифровая интерполяция речи (DSI)*

Цифровая интерполяция речи определена в § 1.2.8. Рабочим же определением интерполяции DSI может быть такое: любой метод подключения (по требованию) несущего канала речевого типа для передачи речи при ее появлении (всплеск речи). Несущий канал является каналом группы каналов аппаратуры DCME, а источником речи является активный канал на входе аппаратуры DCME. Когда отрезок речи кончается, канал:

i) отключается и возвращается обратно в группу или

ii) остается подключенным, пока группа каналов не полностью задействована и канал не требуется для обслуживания другого активного входного канала.

В используемом выше контексте термин "несущий канал" относится к тракту передачи между терминалами DCME, которые применяются для переноса нагрузки по каналам, подсоединенным к аппаратуре DCME. По определению, несущий канал имеет такую же полосу частот, как и канал речевого типа. Несущие каналы могут организовываться с использованием группообразования с временным, пространственным или даже частотным разделением или разделением по длине волны на средах передачи, используемых аппаратурой DCME. Средой передачи могут являться медные провода, коаксиальный кабель, радиотракт или оптическое волокно.

А.3 *Обнаружение речи*

Для реализации интерполяции DSI аппаратура DCME должна содержать детектор речи. Детектор речи контролирует каналы и определяет присутствие или отсутствие речи. Когда речь признается присутствующей, аппаратура DCME пытается придать активному каналу имеющийся в наличии несущий канал. Если канала нет, то аппаратура DCME начинает использовать свою стратегию управления перегрузкой. Когда отрезок речи кончается, детектор речи может осуществлять некоторое "затягивание", чтобы избежать клиппирования "хвоста" отрезка речи. Затягивание увеличивает эффективную длину отрезка речи.

Другой функцией детектора речи является "заполнение", используемое иногда для соединения промежутков молчания или их уменьшения до величины, которая меньше определенной длины между отрезками речи. Заполнение не увеличивает длину конкретного отрезка речи, как это происходит при затягивании, но в процессе обработки требует задержки, равной максимальному заполняемому интервалу. Затягивание и заполнение увеличивают коэффициент активности речи в несущих каналах.

Чтобы избежать клиппирования переднего фронта отрезка речи, в детекторе иногда используется задержка на несколько миллисекунд с целью дать время на принятие решения о наличии речи.

Клиппирование или искажение отрезка речи (как переднего фронта, так, возможно, и заднего) может происходить вследствие того, что детектор речи принимает неправильное или запоздалое решение. Работа детектора речи и, следовательно, характеристики клиппирования аппаратуры DCME являются функцией многих факторов, определяющих сигнал в канале, таких как уровень сигнала, отношение сигнал–шум, затухание тракта эха.

A.4 *Определение нагрузки*

Частость перегрузок аппаратуры DCME является функцией нагрузки системы. Нагрузка системы состоит из отрезков речи, получаемых из входных каналов, плюс "служебного" трафика, генерируемого аппаратурой DCME. Поскольку активность отрезков речи каналов изменяется во времени, то нагрузка также подвержена кратковременным флуктуациям.

Должны различаться два вида нагрузки – поступающая и подлежащая передаче. Поступающая нагрузка – отрезки речи, подаваемые по стандартным каналам на аппаратуру DCME. Следовательно, поступающая нагрузка является функцией количества стандартных каналов и активности речи в каналах. Подлежащая передаче нагрузка состоит из поступающей нагрузки плюс некоторая дополнительная нагрузка, генерируемая аппаратурой DCME. Подлежащая передаче нагрузка – это нагрузка, подаваемая на каналы аппаратуры DCME. Очевидно, что подлежащая передаче нагрузка обычно больше поступающей, так как:

i) детектор речи увеличивает коэффициент активности, поскольку он к отрезкам речи добавляет "заполнение" или "затягивание";

ii) вместе с выборками речи по каналам необходимо передавать "служебную" информацию.

Если нагрузка непрерывно изменяется в соответствии со статистикой речи и активностью канала и если предполагается, что число используемых каналов N является постоянным в течение времени наблюдений за работой аппаратуры DCME, тогда средние поступающая и подлежащая передаче нагрузки становятся полезными понятиями. Формулы средних нагрузок определены в § 1.2.19. Несмотря на то что эти формулы несколько упрощены и не охватывают информацию, относящуюся к флуктуациям нагрузки относительно средней, они позволяют понять, как работает аппаратура DCME.

Важным понятием является также нагрузочная пропускная способность каналов аппаратуры DCME. Нагрузочная пропускная способность определяется как максимальная подлежащая передаче речевая нагрузка плюс "служебная" нагрузка, которые могут передаваться по каналам DCME. Если подлежащая передаче нагрузка меньше нагрузочной пропускной способности каналов, тогда вся подлежащая передаче нагрузка передается аппаратурой DCME. Однако если подлежащая передаче нагрузка превышает пропускную способность каналов, то в зависимости от стратегии управления перегрузкой аппаратуры DCME (см. § A.5) некоторая часть подлежащей передаче нагрузки будет потеряна за счет пропадания выборки или будет использовано кодирование с изменяемой скоростью передачи, чтобы мгновенно увеличить пропускную способность каналов, с тем чтобы они приняли повышенную нагрузку. Таким образом, считается, что перегрузка имеет место в том случае, когда подлежащая передаче нагрузка превышает пропускную способность каналов DCME.

В системе с пропаданием выборки пропускная способность фиксирована и равна κM, где M – количество эквивалентных каналов 64 кбит/с, а κ – коэффициент низкоскоростного кодирования, учитывающий разницу в скоростях передачи между входными каналами (всегда 64 кбит/с) и несущими каналами. Если, например, в каналах используется кодирование LRE 32 кбит/с, то $\kappa = 2$. Если LRE не используется, то $\kappa = 1$. При использовании кодирования с переменной скоростью передачи (VBR) пропускная способность DCME не фиксирована, и перегрузка может быть устранена путем временного создания дополнительных несущих каналов. Если скорость кодирования с 32 кбит/с упадет, например, до 16 кбит/с, то в этот промежуток использования VBR $\kappa = 4$.

В этих примерах число каналов, пригодных для передачи речи, предполагается постоянным. Однако в каналах аппаратуры DCME, используемых для передачи данных в диапазоне тональных частот и других тональных сигналов, интерполяция DSI не может быть применена для этих сигналов. Поэтому указанные непрерывные сигналы занимают каналы на все время передачи, уменьшая группу каналов, пригодную для передачи речи.

На рис. A-1/P.84 представлены нагрузочные кривые для аппаратуры DCME типа C с пропаданием выборки, построенные в соответствии с уравнениями для средней нагрузки и концепцией нагрузочной пропускной способности. Наклон кривых подлежащей передаче нагрузки зависит от коэффициента активности речи, $\alpha/(\alpha + \beta)$, и коэффициента "растягивания", k, детектора речи. Показаны нагрузочные кривые для трех различных коэффициентов активности. Если количество используемых каналов N меньше $N_{\min} = \kappa M - G = 43$, то интерполяция DSI никогда не будет задействована, если даже мгновенный коэффициент активности речи приближается к единице во всех активных каналах. Так как нагрузочная способность DCME не может превысить $\kappa M = 48$, то по мере приближения средней подлежащей передаче нагрузки L_0 к максимальной пропускной способности частотность перегрузок (пропадания выборки) будет увеличиваться из-за более частого превышения мгновенными флуктуациями активности речи допустимого порога максимальной пропускной способности.

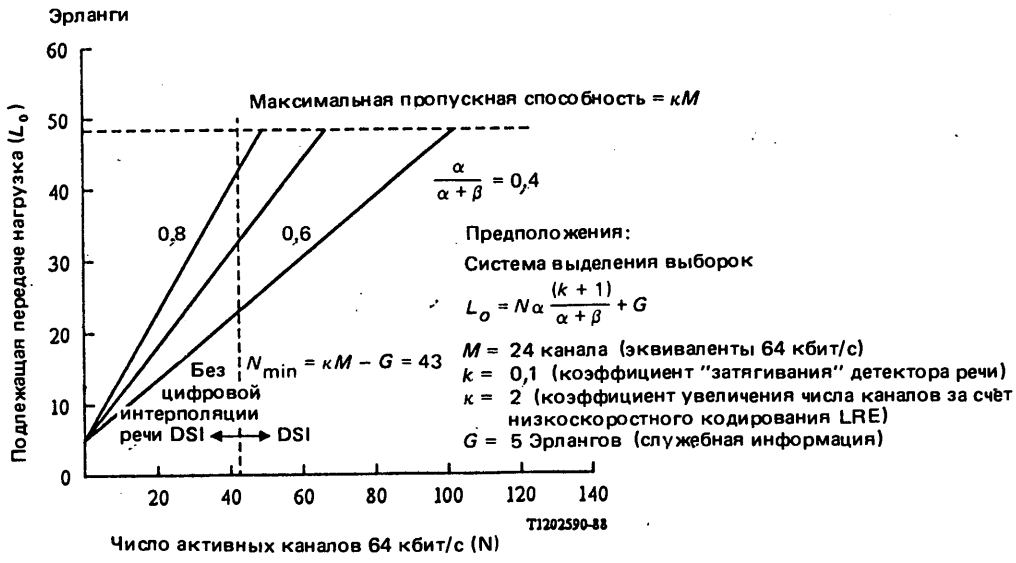


РИСУНОК A-1/P.84

Пример нагрузочных кривых для аппаратуры DCME типа C с пропаданием выборки

На рис. A-2/P.84 показаны нагрузочные кривые для системы типа C с переменной скоростью передачи, которая в течение перегрузки перекодирует сигнал на скорость 16 кбит/с. В этом примере, когда подлежащая передаче нагрузка превышает $кM = 48$, скорость кодирования в несущих каналах падает с 32 до 16 кбит/с. Таким образом, пропускная способность увеличивается до $кM = 96$. Дополнительная пропускная способность воспринимает кратковременную перегрузку и предотвращает возникновение пропадания выборки (задержки установления соединения). Если подлежащая передаче нагрузка превысит 96, то возникнет пропадание выборки, поскольку дальнейшее снижение скорости кодирования VBR (например, до 8 кбит/с) в этом примере не предусмотрено.

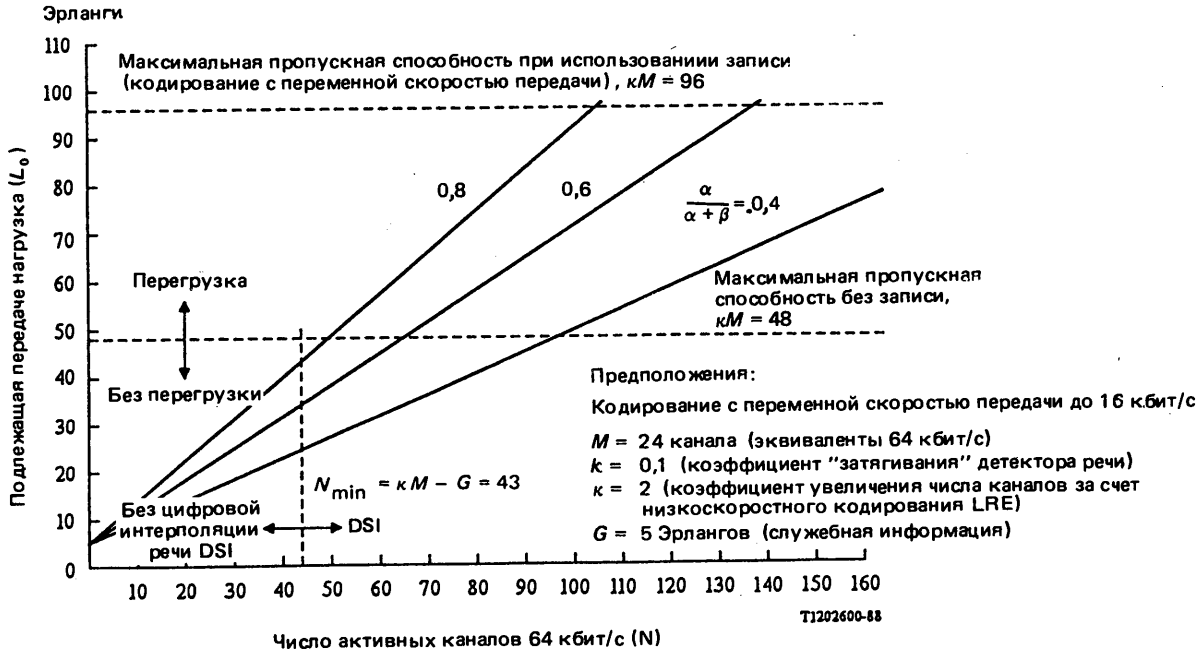


РИСУНОК A-2/P.84

Пример нагрузочных кривых для аппаратуры DCME типа C с переменной скоростью кодирования

Таким образом, пока $N \leqslant N_{min}$, использовать в аппаратуре DCME функцию интерполяции DSI нет необходимости, поскольку все каналы будут иметь доступ к несущему каналу. Перегрузка не будет возникать, пока подлежащая передаче нагрузка не превышает нагрузочную пропускную способность. При перегрузке аппаратура DCME начнет исключать выборки или организовывать очередь из выборок в том случае, когда k постоянно; аппаратура DCME будет снижать скорость кодирования в том случае, когда k будет увеличиваться, увеличивая сразу же таким образом пропускную способность DCME.

A.5 *Стратегии управления перегрузкой*

Когда число активных каналов, подключенных к аппаратуре DCME, превышает число свободных несущих каналов аппаратуры DCME, она будет испытывать кратковременные перегрузки; увеличение количества всплесков речи иногда потребует больше каналов, чем имеется в наличии. Когда это происходит, аппаратура DCME должна привести в действие "стратегию управления перегрузкой". Стратегия разрабатывается для решения вопроса о том, как лучше разделить группу каналов. Возможны несколько основных стратегий:

Тип 1 – Конкурирующее клиппирование или пропадание выборок речи. При этой стратегии, определенной в § 1.2.14, пропадают выборки из переднего фронта отрезка речи, которая безуспешно предлагается каналу. Пропадание выборок продолжается до тех пор, пока не появляется свободный канал или не кончается нормальным образом отрезок речи. По ощущению эффект от пропадания выборок переднего фронта одинаков с клиппированием переднего фронта, которое вызывается детектором речи, несмотря на то что эти эффекты происходят по разным причинам. Однако теоретически они не полностью одинаковы, поскольку клиппирование переднего фронта, вероятно, скорее воздействует на низкоуровневые части сигнала, в то время как эффект потерь речевого сигнала ("вымораживания") воздействует на все уровни с равной вероятностью.

Тип 2 – Кодирование с переменной скоростью передачи. При этой стратегии, определенной в § 1.2.15, применяются встроенные алгоритмы кодирования речи или другие средства для эффективного увеличения количества несущих каналов, имеющихся в наличии в данный момент времени для передачи предложенной нагрузки. Поскольку снижение скорости передачи приведет к увеличению шума квантования, порождаемого кодером, ощутимый эффект от кодирования с переменной скоростью будет заключаться в кратковременном увеличении шума квантования, то есть уменьшении Q (параметр Q рассматривается в § 2 Рекомендации P.81).

Тип 3 – Организация очереди. При этой стратегии, определенной в § 1.2.16, используется буферная память для запоминания выборок речи в ожидании свободного несущего канала. Ощутимый эффект от простой очереди без переполнения памяти заключается во временном сдвиге отрезков речи. Выборки не пропадают, шум не возрастает. Вносимое ухудшение качества можно назвать "модуляцией промежутка молчания". С точки зрения слушающего поставленный в очередь отрезок речи будет начинаться относительно предшествующего отрезка несколько позже по сравнению с условиями, когда очередь отсутствует. Последующий отрезок может также восприниматься как начинающийся несколько раньше. Поскольку буферная память, естественно, не беспредельна, эта стратегия должна применяться в сочетании либо со стратегией пропадания выборок, либо со стратегией кодирования с переменной скоростью передачи. Таким образом, система очереди может вносить как искажение речи и шум перекодирования, так и временной сдвиг.

Тип 4 – Динамическое управление нагрузкой. В соответствии со стратегией управления перегрузкой, определенной в § 1.2.17, аппаратура DCME должна передавать сигнал динамического управления нагрузкой, который может быть послан на соответствующую коммутационную станцию с целью уведомления о том, что аппаратура DCME не может обеспечить надлежащим образом передачу исходящего или предполагаемого трафика от этой станции до того, как у нее появятся свободные каналы.

A.6 *Методы восстановления пауз*

Поскольку аппаратура DCME не передает паузы между отрезками речи на приемный конец, эти паузы должны восстанавливаться искусственно. Это может быть сделано несколькими способами. Простейший из них состоит во введении белого шума с фиксированным уровнем в приемнике в периоды пауз. Необходим тщательный выбор этого уровня, чтобы избежать контраста по шуму, то есть очевидного и раздражающего контраста между шумом в паузах и фоновым шумом, сопровождающим речь. Возможны другие способы, которые основаны на автоматической адаптации уровня шума к состоянию канала; эти способы требуют тщательной фильтрации и оценки мощности источника шума.

A.7 *Сравнение режима каналов и режима пакетов*

Для передачи отрезков речи в аппаратуре DCME может применяться режим каналов или режим пакетов. В режиме каналов несущие каналы получаются путем использования подходящих временных интервалов в тракте передачи, соединяющем терминалы DCME. В режиме пакетов выборки отрезков речи помещаются в один или более пакетов фиксированной или изменяющейся длины. Эти пакеты адресуются каналам назначения и передаются по тракту передачи за один сеанс. Таким

образом, можно считать, что в режиме каналов тракт передачи образуют несколько каналов, сгруппированных вместе, в то время как в режиме пакетов этот тракт передачи можно рассматривать как единый высокоскоростной канал, который передает пакеты за один сеанс.

В режиме пакетов характеристики системы зависят от того, как обрабатываются пакеты. Есть два способа такой обработки:

a) Все пакеты всех каналов выстраиваются в очередь в соответствии с принципом "первый пришел – первый вышел" (FIFO) и обслуживаются высокоскоростным каналом за один сеанс. Каждый пакет обрабатывается независимо. Каждый пакет подвергается различной задержке при поступлении на приемный конец; она является функцией заполнения очереди в порядке поступления пакетов. Если пакеты приходят слишком поздно после данной реконструированной задержки, они будут потеряны или не приняты приемником. Это называется сбрасыванием пакета и зависит от нагрузки системы. Сбрасывание пакета может вызвать искажение речи в любой точке отрезка речи. Например, это может вызвать сбрасывание выборки в середине отрезка речи. Пакеты могут быть также сброшены в очереди FIFO, если она испытывает перегрузку. Заполнение очереди контролируется, и если необходимо предотвратить чрезмерное сбрасывание пакетов, используется стратегия управления перегрузкой.

b) Как только канал "захватывает" высокоскоростной несущий канал для передачи пакета, передаются все пакеты этого канала для данного отрезка речи, прежде чем несущий канал освободится для передачи пакетов другого канала. Таким образом, канал "прорезается" в течение отрезка речи. При таком режиме работы устраняется сбрасывание выборки в середине отрезка речи. Однако, поскольку только один входной канал в любой момент может использовать высокоскоростной канал, другие входные каналы должны ждать своей очереди. Пакеты должны быть выстроены в очередь в ожидании высокоскоростного канала. На приемном конце задержки из-за очереди, определяемые нагрузкой, должны быть выравнены. Обычно это проводится путем использования в пакете специальной временной отметки. Всегда существует возможность переполнения очереди пакетов. В этом случае для предотвращения чрезмерного сбрасывания пакетов используется стратегия управления перегрузкой.

Режим пакетов вносит более значительную задержку по сравнению с непакетным режимом работы DCME . Дополнительная задержка состоит из трех частей. Первая часть – это время пакетирования. Время пакетирования является функцией длины пакета и скорости кодирования канала. Вторая часть – это задержка восстановления пакета, которая выбирается для обеспечения минимальной вероятности потери пакета. Третья часть является задержкой очередности пакета. Все три составляющие могут зависеть от нагрузки и потому будут изменяться во времени.

Таким образом, при использовании режима пакетов по сравнению с режимом каналов могут возникнуть следующие дополнительные факторы, влияющие на качество передачи:

i) сбрасывание выборки в середине стрезка речи;

ii) дополнительная задержка, равная сумме задержек пакетирования и восстановления пакета;

iii) задержка очередности пакета.

A.8 *Восстановление пакета*

В режиме пакетов потеря пакета в системе ставит перед приемником дилемму: чем заменить выборки речи, содержащиеся в потерянном пакете. В этих целях применяется несколько способов, оказывающих различное влияние на характеристики передачи. Один из способов заключается в том, что вместо потерянных выборок речи вводятся выборки шума. При другом способе потерянные выборки замещаются выборками, являющимися повторением выборок предыдущего пакета. Применяются также и другие способы.

A.9 *Системы на базе каналов и сети*

С учетом приведенных выше определений имеется другой способ классификации аппаратуры DCME. Можно говорить об аппаратуре DCME с использованием некоммутируемых каналов и об аппаратуре DCME с использованием коммутируемых каналов. К первому типу (с некоммутируемыми каналами) относится аппаратура DCME на базе каналов, а ко второму (с коммутируемыми каналами) – аппаратура DCME на базе соединений.

Система на базе каналов используется для организации междугородных или местных каналов, при этом вся коммутация производится вне аппаратуры DCME. Система на базе соединений включает в себя коммутацию каналов или пакетов, поэтому ее правильнее считать системой сетевого типа.

Испытание DCME на базе соединений, вероятно, сложнее испытаний DCME на базе каналов. Одна из причин состоит в том, что размер системы на базе соединений может представить трудности для испытаний ее в лаборатории. Другая причина заключается в том, что загрузка такой системы с помощью управляемой нагрузки представляется затруднительной.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(к Рекомендации Р.84)

Материал, используемый для построения речевых последовательностей

(Следующие сюжеты, используемые Bell Communications Research, приводятся в качестве примеров)

ОРУЭЛЛ

Джордж Оруэлл начал свой классический роман "1984" фразой: "Был холодный, ясный апрельский день", но далее в нем нет и намека на то, какая могла быть погода в течение того рокового года. Из-за господства неблагоприятных погодных условий, которыми был отмечен 1983 год, многие стали верить, что погода в мире подвергается беспрецедентным изменениям к худшему и нам предстоит встретиться в этом году с серией природных катаклизмов, созвучных описанной Оруэллом в его книге смерти свободной демократической мысли и слова.

Поскольку мы не обладаем способностью предсказать конкретные природные явления, которые могут произойти в 1984 году, перевернем календарь на сотню лет назад и посмотрим, что было в стране в 1884 году. Год начался наступлением арктического воздуха из Северной Канады, в результате показания термометра упали до –45°F в Рокфорде (штат Иллинойс) и до –25°F в Индианаполисе (штат Индиана); оба эти рекорда пока остаются непобитыми. Холодный воздух проник на Юг, сильные заморозки поразили плантации цитрусовых во Флориде.

В начале февраля проливные дожди, выпавшие на глубокий снежный покров, вызвали наводнение на реке Огайо. Гребни волн достигали рекордной высоты от Цинциннати до устья реки в районе Кейро (штат Иллинойс).

Конец февраля принес с собой торнадо на Юге и в долине Огайо, где образовалось что-то около шестидесяти воронок. Погибли более 420 человек, более 1000 были ранены. Ничего подобного по последствиям и масштабам не случалось до торнадо, пронесшегося в апреле в Дуранго (штат Колорадо) через 76 дней, 16 апреля.

В мае неожиданные ливни с ураганом вызвали мощные наводнения в пустынях Юго-Запада. Железнодорожное сообщение между городом Солт-Лейк-Сити и южными районами было прервано на три недели, а река Рио-Гранде затопила Эль-Пасо (Техас), причинив ущерб в 1 миллион долларов.

Сильные морозы ударили в конце мая, когда температура в штате Массачусетс упала до –22°F, а в Вермонте снег выпал в День памяти павших.

В Калифорнии сильные дожди прошли в июне, в Лос-Анджелесе выпало 1,39 дюйма осадков, а в Сан-Франциско – 2,57 дюйма, два рекорда для июня. В результате дождей в штате Висконсин разлив реки Чиппева нанес ущерб более чем на 1,5 миллиона долларов и оставил без крова 2000 человек в О-Клэре.

В середине декабря за снегопадом, после которого толщина снежного покрова составила 34 дюйма в Портленде, наступила долгая снежная блокада Орегона. Железнодорожное сообщение с востоком и югом было прервано на много дней, и почту из Калифорнии пришлось доставлять океанским пароходом.

Если вы считаете, что погода, которая наделала так много шума в печати в 1983 году, была беспрецедентной, обратитесь к 1884 году. Мы не знаем, было ли тогда виновато течение Эль-Ниньо или причиной была какая-нибудь другая атмосферная или океанская сила. Нам остается лишь смотреть и ждать, что принесет 1984 год.

ТУМАН

Одно из наиболее эффектных зимних зрелищ – дымоподобный туман, поднимающийся из трещин в арктических ледяных полях или время от времени появляющийся над водой незамерзших озер и портов в нашем умеренном климате. Это явление получило разные названия: "морозный дым", "морской дым", "паровой туман", "туман над теплой водой" и "водяной дым". Причина возникновения тумана кроется в прохождении потока арктического или полярного воздуха с температурой около нуля градусов по Фаренгейту над незамерзшей водой. В сорока восьми штатах, расположенных к югу, это случается в основном над незамерзшей поверхностью Великих озер и портов северного атлантического побережья.

"Морской дым" возникает вследствие того, что давление пара на поверхности воды больше, чем в слое воздуха над ней. Водяной пар переходит в воздух быстрее, чем воздух может воспринять его. Избыточная влага конденсируется и образует слой тумана, который подобно пару или дыму поднимается над водой. Обычно между поверхностью воды и нижней кромкой тумана имеется прослойка чистого воздуха толщиной, как правило, от 10 до 25 футов. Если над водной поверхностью развивается атмосферная инверсия, то туман может здесь задерживаться, становится густым и представляет опасность для судоходства.

Если температура воздуха очень низкая, –20° по Фаренгейту или ниже, то поднимающаяся влага может превращаться в кристаллы льда в слое воздуха непосредственно над водой. Это называется "морозным дымом", он представляет собой прекрасное зрелище, особенно когда солнечные лучи играют на тонких ледяных иголках.

"Паровой туман" может образовываться над озерами и реками осенью после ясной тихой ночи, в течение которой воздух охлаждается. Разница в давлении пара вызывает испарение теплой воды в холодный воздух, и целые долины и водоемы могут покрываться тонким слоем тумана, тогда как возвышенности остаются чистыми.

ПРИЛОЖЕНИЕ C

(к Рекомендации P.84)

Инструкция по использованию ограниченного числа предложений

(Вклад Администрации связи Швеции)

Если на каждого диктора приходится по N предложений, то число возможных комбинаций предложений в расчете на одного диктора будет равно $N(N-1)$. Первые 16 результатов приводятся ниже:

N	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
$N(N-1)$	2	6	12	20	30	42	56	72	90	110	132	156	182	210	240	272

Желание ограничить количество предложений объясняется одной из двух причин:

– стремлением сберечь время, не размещая на авторском листе более 2 x 85 комбинаций предложений на диктора. Конечно, по-прежнему требуется раздельная запись всех комбинаций, если только под рукой нет соответствующего издательского оборудования,

– необходимостью организовать испытание так, чтобы выполнить требования для анализа несоответствий.

В зависимости от мотивировки могут применяться различные способы:

1) Записываются все возможные $N(N-1)$ комбинации предложений на каждого диктора.

   a) Для всех четырех дикторов используются одни и те же N предложений. В таком случае одни и те же пары предложений не должны использоваться в одном и том же испытании от диктора к диктору, чтобы избежать возможного систематического взаимодействия между состояниями испытаний и фонетическим содержанием.

   b) Создаются четыре разные группы из N предложений ($N1$, $N2$, $N3$ и $N4$). В этом случае предосторожности по пункту a) отпадают. Однако взаимодействие остается возможным и неуправляемым.

2) Чтобы предусмотреть возможность анализа несоответствий, операторы должны оценивать один и тот же речевой материал во всех испытательных состояниях и по всем дикторам. Тогда количество предложений будет ограничено до M x 2, где M – число пар; которые будут использоваться в испытании. Если $M = 1$, то испытание может показаться слишком скучным для операторов, а фонетическое содержание может быть недостаточным. Если анализ несоответствий должен осуществляться, а испытание остается практически возможным, рекомендуется увеличить количество представлений. Достаточно взять M равным 2 или 3. При этом время испытания для каждого оператора увеличится, но опыт показывает, что для каждого оператора продолжительность испытания в 2,5 часа вполне возможна. Для такого увеличения продолжительности должны быть сделаны поправки в порядок представления.

ПРИЛОЖЕНИЕ D

(к Рекомендации P.84)

Инструкция для операторов

D.1 *Шкала качества – испытание аппаратуры DCME*

В этом испытании оцениваются системы, которые могут быть использованы для организации службы электросвязи между раздельными пунктами.

Вы прослушаете сейчас ряд образцов речи, воспроизводимой в телефоне микротелефонной трубки. Каждый такой образец будет состоять из трех или более предложений общей длительностью от 30 до 35 секунд.

Прослушайте, пожалуйста, полностью всю последовательность предложений, а затем выразите Ваше мнение относительно общего качества звука. Если в паузах до, между или после предложений Вы прослушиваете какие-либо шумы или другие помехи, Вы должны включить влияние этих помех в Вашу оценку общего качества передачи.

Для индикации Вашего мнения используйте следующую 5-уровневую шкалу показателей:

Балл	*Мнение о качестве передачи*
5	Отлично
4	Хорошо
3	Посредственно
2	Плохо
1	Очень плохо или неприемлемо

После прослушивания образца последовательности (1) запишите, пожалуйста, на Вашем опросном листе балл или (2) нажмите, пожалуйста, соответствующую кнопку, которая на этой шкале показателей представляет Ваше мнение по качеству звука только что прослушанного образца речи.

После того, как Вы выразили Ваше мнение, перед началом следующего образца речи будет короткая пауза.

На практике сначала Вы услышите "*n*" образцов и по каждому выразите свое мнение, затем будет перерыв, чтобы удостовериться, что все ясно.

Кроме того, Вы будете иметь перерыв после каждых "*k*" образцов речи. Всего в испытании будет "*t*" образцов речи. Общая продолжительность испытания около "*время*" часов.

D.2 *Шкала усилий при прослушивании – испытание аппаратуры DCME*

В этом испытании оцениваются системы, которые могут быть использованы для организации службы электросвязи между раздельными пунктами.

Вы прослушаете сейчас ряд образцов речи, воспроизводимой в телефоне микротелефонной трубки. Каждый такой образец будет состоять из трех или более предложений общей длительностью от 30 до 35 секунд.

Прослушайте, пожалуйста, полностью последовательность предложений, а затем выразите Ваше мнение относительно усилия, требуемого для понимания смысла предложений.

Для индикации Вашего мнения используйте следующую 5-уровневую шкалу показателей:

Балл	*Мнение об усилии при прослушивании*
5	Возможно полное расслабление, усилие не требуется
4	Необходимо внимание, заметное усилие не требуется
3	Требуется умеренное усилие
2	Требуется значительное усилие
1	Смысл непонятен при любом возможном усилии

После прослушивания образца последовательности (1) запишите, пожалуйста, на Вашем опросном листе балл или (2) нажмите, пожалуйста, соответствующую кнопку, которая на этой шкале показателей представляет Ваше мнение по усилию, требуемому для понимания смысла только что прослушанного образца речи.

После того, как Вы выразили Ваше мнение, перед началом следующего образца речи будет короткая пауза.

На практике сначала Вы услышите "*n*" образцов и по каждому выразите свое мнение, затем будет перерыв, чтобы удостовериться, что все ясно.

Кроме того, Вы будете иметь перерыв после каждых "*к*" образцов речи. Всего в испытании будет "*t*" образцов речи. Общая продолжительность испытания около "*время*" часов.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

(к Рекомендации Р.84)

Примеры других субъективных шкал

Е.1 *Одиннадцатиуровневая шкала качества*

10		
9	Отлично	
8		Число 10 означает воспроизведение, которое очень близко к идеальному.
7	Хорошо	Никакие улучшения невозможны.
6		
5	Посредственно	
4		
3	Плохо	Число 0 означает воспроизведение, которое не имеет никакого подобия
2		идеальному. Худшее воспроизведение невозможно себе представить.
1	Очень плохо	
0		

(См. Приложение А к Отчету 268-13 МЭК)

Е.2 *Семиуровневая шкала качества*

Балл	*Описание качества*
6	Идеальный канал
5	Отличный канал. В течение разговора можно полностью расслабиться, очень приятный канал.
4	Хороший канал. Необходимо внимание, но нет необходимости предпринимать специальное усилие. Приятный канал
3	Посредственный канал. Необходимо умеренное, но не слишком большое усилие. Канал не очень приятный.
2	Плохой канал. Прослушивание возможно, но до некоторой степени затруднено. Прослушивание неприятно.
1	Весьма плохой канал. Может использоваться с большими трудностями. Прослушивание очень неприятно.
0	Очень плохой канал. Практически непригодный.

(См. Отчет 751 МККР, том VIII. 3, 1986 г.)

E.3 *Пятиуровневая шкала ухудшений качества*

5 Неощутимое.

4 Ощутимое, но не раздражающее.

3 Слегка раздражающее.

2 Раздражающее.

1 Очень раздражающее.

(См. Приложение B к Дополнению № 14).

Библиография

[1] LEE and UN: A study of ON-OFF characteristics of conversational speech, *IEEE Trans. Comm.*, Vol. COM-34, No. 6, June 1986.

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

ЧАСТЬ II

ДОПОЛНЕНИЯ К РЕКОМЕНДАЦИЯМ СЕРИИ Р

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

Дополнение № 1

УКАЗАНИЯ ПО МОНТАЖУ, НАСТРОЙКЕ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ IRS

(Это дополнение см. в томе V *Оранжевой книги)*

Дополнение № 2

МЕТОДЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТЕЛЕФОННОЙ ПЕРЕДАЧИ

(Женева, 1980 г.; изменено в Малага-Торремолиносе, 1984 г.; Мельбурне, 1988 г.)

(Ссылка содержится в Рекомендации Р.80)
(Вклад British Telecom)

1 Введение

В настоящем дополнении содержится краткий обзор методов оценки качества телефонной передачи, которые были рекомендованы МККТТ или применялись в течение исследовательских периодов 1968–1980 годов при изучении вопросов, поставленных на рассмотрение Исследовательской комиссии XII. Поскольку некоторые из этих методов уже полностью описаны в Рекомендациях, они будут лишь перечислены со ссылкой на соответствующую Рекомендацию. Описание других методов также содержится в различных публикациях; здесь будут указаны их основные особенности с кратким описанием рабочих режимов и указанием соответствующей литературы.

2 Перечень методов

a) сравнение громкости речи (эквиваленты затухания и показатели громкости);

b) измерение эквивалентов затухания по разборчивости (AEN);

c) испытания при прослушивании речи;

d) испытания при двустороннем разговоре;

e) испытания на восприятие методом дискретных оценок.

3 Краткие описания и ссылки на более полные описания

3.1 Цель проведения сравнений громкости речи заключается в определении численного значения относительного уровня, при котором речь говорящего абонента, передаваемая по данному телефонному соединению, воспринимается слушающим абонентом на другом конце. Для стандартизации метода оценки определенным образом регламентируются условия произношения и приема речи. Шумы канала и шумы помещения при оценке не учитываются, поэтому результаты определяются с помощью общего затухания между ртом и ухом по рассматриваемому разговорному тракту. Описание рекомендованного в настоящее время метода содержится в Рекомендации Р.72 (*Красная книга*), а новые методы предложены в Вопросе 15/XII [1]. Более полная информация приводится в [2].

3.2 Для измерений эквивалента затухания по разборчивости определяют качество звуков, правильно принятых на приемном конце испытуемого разговорного тракта. При этих измерениях должны учитываться влияющие на результаты определения шумы в канале и шумы помещения со стандартными уровнями. Как и в случае метода, описанного в § 3.1, выше, установлены условия произношения и прослушивания. Метод, рекомендованный МККТТ, описан в прежней Рекомендации Р.45 *(Оранжевая книга)*. Другие сведения содержатся в [2].

3.3 Испытания при прослушивании речи проводятся при передаче разговорного материала в виде фраз по испытуемому тракту, и участники формируют свое мнение о принятой речи, основываясь на заданных критериях. Этот метод широко используется. Более полная информация содержится в [2].

3.3.1 *Метод проведения испытаний при прослушивании речи*

Речь, как правило, должна записываться таким образом, чтобы ее можно было воспроизвести на заданном уровне. Предназначенные для испытаний записи должны тщательно производиться и копироваться во избежание появления неконтролируемых ухудшений. При наличии шума канала и шума помещения их влияние должно учитываться.

Обычно используются два критерия субъективной оценки: предпочтительная громкость и усилие при прослушивании, соответствующие шкалы которых представлены ниже.

– Шкала предпочтительной громкости:

Шкала мнений № 4А

A Значительно громче предпочтительной громкости.

B Громче предпочтительной громкости.

C Громкость такая же, как предпочтительная громкость.

D Тише предпочтительной громкости.

E Значительно тише предпочтительной громкости.

– Шкала мнений, основанных на усилии при прослушивании:

Шкала мнений № 7: Мнения, основанные на усилии при прослушивании, необходимом для понимания смысла фраз

A Полное расслабление; не требуется усилия.

B Необходимо внимание; не требуется заметного усилия.

C Требуется некоторое усилие.

D Требуется значительное усилие.

E Смысл непонятен, несмотря на любые усилия.

Заголовок *"... Усилие при прослушивании, необходимое для понимания смысла фраз"*, приобретает особое значение. Без него другие описания могут быть неправильно поняты.

Схема испытания строится, как правило, на основании греко-латинского или супер-греко-латинского квадрата, ряды которого соответствуют слушающим участникам испытания, колонки – порядку представления состояний канала, символы первого алфавита – состояниям канала и символы других алфавитов – говорящим участникам испытания и перечням фраз. Таким образом, каждая ячейка схемы представляет собой "цикл", где перечень фраз, записанных определенным говорящим лицом, воспроизводится через определенные состояния канала для определенного слушающего лица в определенном положении, в последовательности состояний, представляемых для этого слушающего лица. В каждом цикле уровень прослушивания изменяется в пределах диапазона заранее установленных величин в произвольном порядке из расчета одна величина на группу из пяти фраз. В конце прослушивания каждой группы фраз участник испытания высказывает свое мнение по одной из указанных выше шкал мнений. Иногда, правда редко, в каждом цикле изменяют какой-нибудь другой параметр, например ширину полосы.

При испытании на усилие при прослушивании его участники особо чувствительны к тому, что называют эффектом "коррекции", то есть на критерии формирования их мнения значительное влияние может оказать диапазон изменения качества передачи или акустический уровень прослушивания в одном и том же испытании, особенно в пределах одного цикла. Следовательно, очень важно, чтобы выбираемые состояния канала не включали слишком большое число плохих (то есть тех, которые ведут к плохой оценке из-за усилия при прослушивании, даже при наилучших уровнях прослушивания), чтобы каждый цикл охватывал диапазон уровней прослушивания от значительно превышающих оптимальные уровни и до уровней не менее чем на 30 дБ ниже оптимальных и чтобы в пределах каждого цикла по меньшей мере одна группа фраз прослушивалась при "стабильных" условиях (хорошее состояние и хороший уровень прослушивания). Очень важно также, чтобы группы и последовательности фраз не слишком отличались от их собственного смысла и чтобы ни один из участников не прослушивал одну и ту же фразу более одного раза во время одного и того же испытания, поскольку усилие при прослушивании для понимания смысла знакомой фразы, очевидно, уменьшается.

Мнения, основанные на указанных шкалах, могут быть представлены оценками 4, 3, 2, 1 и 0. Средняя оценка, соответствующая каждому состоянию канала, называется "средняя оценка мнений". Для оценки важности и доверительного интервала оценок мнений производится анализ их разброса с целью проверки, что состояние канала, акустический уровень прослушивания, условия произношения и прослушивания участниками испытания и другие факторы оказывают ожидаемое влияние. Обычно для выражения взаимосвязи между уровнем прослушивания и средней оценкой мнений, основанной на предпочтительной громкости речи (шкала № 4А), используются уровни, описывающие прямую линию или логическую кривую, а для выражения взаимосвязи между уровнем прослушивания и средней оценкой мнений, основанной на усилии при прослушивании, необходимом для понимания (шкала № 7), используется квадратное или более сложное уравнение. В эти уравнения в качестве параметров можно ввести другие характеристики.

Испытания при прослушивании с использованием стандартных фраз можно проводить также в форме парных сравнений, однако этот метод можно применять при полной адаптации участников ко всем условиям проведения испытаний.

3.4 Испытания при двустороннем разговоре могут проводиться в форме бесед с абонентами по окончании их частных разговоров или в форме испытаний, проводимых в лабораторных условиях. Описание методов, рекомендованных МККТТ для первой формы испытаний, дано в Рекомендации P.82. При проведении испытаний в лабораторных условиях необходимо как можно более точно воспроизвести реальные условия прохождения телефонного разговора. Для этого следует тщательно выбрать состояния канала и участников испытания и проводить испытания соответствующим образом. Помимо использования реальных телефонных разговоров и испытаний в лабораторных условиях, существует промежуточный метод, называемый SIBYL и применяемый компанией AT&T (см. также [3]). Ниже дается описание метода, применяемого British Telecom.

3.4.1 *Метод проведения испытаний при двустороннем разговоре*

Не лишним будет напомнить о необходимости тщательной подготовки этих испытаний. Совершенно очевидно, что соединения должны правильно определяться и устанавливаться, а характеристики – точно измеряться до и после проведения каждого испытания; что необходимо обеспечить такое дополнительное оборудование, как устройства набора и вызова номера, позволяющие быстро и безошибочно выбрать и установить требуемые соединения; и что результаты каждого испытания должны точно регистрироваться. Менее очевидными являются другие, столь же важные соображения. Ниже описана система, которая учитывает все эти соображения и считается удовлетворительной в компании British Telecom.

3.4.1.1 *Схема проведения испытания*

Наиболее подходящей схемой является греко-латинский квадрат типа $n \times n$, где два участника каждой из n пар проводят один разговор при каждом из n состояний канала. Если n меньше 8, то результаты весьма неточны; в другом крайнем случае нереально ожидать от участников, что они смогут принять участие более чем в четырех сеансах или что они смогут провести более четырех разговоров за один сеанс. Кроме того, общее число разговоров, $n \times n$, возрастает гораздо быстрее, чем n. Вот почему число n выбирают обычно между 8 и 15 включительно. Для всех этих чисел используют греко-латинские квадраты (с символами, взятыми из двух алфавитов). Условимся, что в такой схеме строки соответствуют парам участников, столбцы – порядку проведения испытания; символы первого алфавита – состояниям канала (эти состояния различаются между собой не только собственными характеристиками соединений, но и уровнями шума помещения и другими, связанными с ними факторами анализа); символы второго алфавита соответствуют сериям рисунков, используемым в качестве темы разговора. При выборе n из чисел 10, 14 или 15 невозможно вводить дополнительные ортогональные факторы, а при $n = 12$ невозможно использовать какой-либо простой метод; если же n выбирается из чисел 8, 9, 11 или 13, можно построить супер-греко-латинские квадраты с символами, взятыми из $(n - 3)$ дополнительных алфавитов, которые можно использовать для определения дополнительных ортогональных факторов (таких как выбор угольных микрофонов, выбор вызывающей стороны или выбор способа регистрации переходного разговора) для каждого разговора. Конечно, эти факторы могут вводиться, даже если квадрат не является супер-греко-латинским, путем использования простой схемы сбалансированного чередования, однако при этом возникает опасность искажений, которые невозможно исключить из результатов. По этой причине в настоящее время вместо используемого ранее числа 12 рекомендуется $n = 13$.

К началу основного квадрата добавляется дополнительный столбец с одним состоянием канала и одной серией карточек для всех пар участников. Этот столбец соответствует предварительному разговору для каждой пары участников, который приобщает их к режиму работы и в какой-то мере стабилизирует критерии формирования мнения. Следовательно, каждая из n пар участников проводит в целом $(n + 1)$ разговор. Результаты предварительных разговоров исключаются из основной части анализа результатов и анализируются отдельно. Использование одного и того же предварительного состояния канала при различных испытаниях позволяет создавать для них общую основу, однако, если нужны точные сравнения между результатами различных испытаний, необходимо позаботиться о том, чтобы в каждое такое испытание было включено несколько стандартных состояний канала.

3.4.1.2 *Выбор состояний канала*

Состояния канала, между которыми желательно провести особо точные сравнения, должны включаться в одно и то же испытание.

Помимо этого, необходимо, чтобы все участники каждого испытания имели соединения почти с полным диапазоном уровней качества; иначе говоря, для каждого участника должно быть по меньшей мере одно очень хорошее состояние канала, одно состояние примерно среднего качества и одно состояние канала с весьма плохим качеством; при этом оценки остальных состояний не должны группироваться слишком близко относительно одной и той же средней оценки мнений. В случае если заранее невозможно быть уверенным в том, что это условие будет выполнено, рекомендуется начинать с короткого подгото-

вительного испытания по предлагаемому ряду состояний канала с целью проверки, что в нем охвачен весь диапазон уровней качества; в противном случае выбор состояний должен соответственно изменяться, иначе будет искажена шкала мнений участников испытания (эффект "коррекции"). Могут быть добавлены дополнительные состояния канала, не представляющие непосредственного интереса для организатора испытания, с тем чтобы довести число *n* до 9, 11 или 13 и более равномерно распределить уровни качества в их диапазоне.

Как правило, предполагается, что участники испытаний будут иметь дело с состояниями канала при различных величинах общего затухания или чувствительности, которые, несомненно, оказывают значительное влияние на качество соединений и которые можно изменять с целью получения требуемого диапазона состояний канала. Существуют также сильные взаимодействия между общей чувствительностью и многими другими ухудшениями качества. Поэтому весьма желательно, даже если общая чувствительность и ее взаимодействия не являются основными предметами исследования, включить некоторые состояния канала, отличающиеся друг от друга только общей чувствительностью.

Если исследование невозможно ограничить 15 состояниями канала, то эти последние распределяются на несколько испытаний, каждое из которых сосредоточено на одной четко определенной части исследования, но перекрывает другие испытания, с тем чтобы можно было создать общую основу.

3.4.1.3 *Выбор участников испытаний*

Участники испытаний при двустороннем разговоре выбираются произвольно из числа сотрудников научно-исследовательского центра. При этом необходимо:

a) чтобы они не участвовали непосредственно в работах, связанных с оценкой качества телефонных каналов; и

b) чтобы они не участвовали в каких-либо субъективных испытаниях в течение по меньшей мере шести предшествующих месяцев или в испытаниях при двустороннем разговоре в течение по меньшей мере одного года.

Если по схеме испытания этого не требуется, то число мужчин и женщин не обязательно должно быть равным. Участники испытания произвольно объединяются попарно в программе, которая составляется до начала испытания, и такая группировка сохраняется на протяжении всего испытания.

3.4.1.4 *Окружающие условия*

Участники располагаются в отдельных звукоизолированных кабинах вблизи пункта управления испытанием. Шум помещения вводится с требуемым спектром (обычно спектром Хота) и требуемым уровнем (обычно 50 дБА), который измеряется прецизионным измерителем уровня звука типа 2206 фирмы Bruel and Kjaer, с характеристикой "*A*-взвешивания" и в положении "быстрые" измерения. Если для различных разговоров, относящихся к одному и тому же испытанию, требуются различные уровни шума помещения, то переход с одного уровня на другой не должен быть слишком заметным для участников: лучше всего делать это, когда участники испытания не находятся в звукоизолированных кабинах.

3.4.1.5 *Методы установления соединения*

Используемые участниками испытания телефонные аппараты внешне не отличаются от обычных и, как правило, идентичны стандартному телефонному аппарату № 706 British Telecom, если только испытание не касается специально микротелефонных трубок других типов. Принципы установления телефонного соединения между участникам испытания аналогичны принципам установления реальных телефонных соединений. Вызывающий абонент, сняв телефонную трубку, слышит сигнал готовности станции. Для установления соединения ему нужно набрать заранее известный номер. После определенной фиксированной задержки появляется сигнал соединения с вызываемым абонентом, а затем, спустя еще некоторое время, у вызываемого абонента звонит звонок или звучит тональный сигнал. В случае неправильного набора номера передается тональный сигнал "номер недоступен".

3.4.1.6 *Тема двустороннего телефонного разговора*

Были приняты все меры для того, чтобы двусторонний разговор имел смысл и чтобы участники разговора полностью использовали возможности передачи испытуемого канала. Было установлено, что задача, заключающаяся в классификации картинок в порядке предпочтения, подходит для этой цели и представляет достаточный интерес для участников. Эти картинки, весьма различные по тематике, являются обычными репродукциями с размерами почтовой открытки, которые продаются в музеях, картинных галереях или в аналогичных учреждениях. Каждая открытка помечалась индивидуальным номером на обратной стороне. Открытки группировались произвольно в серии по шесть штук. Каждая серия открыток имела точный дубликат.

Одному из участников разговора предлагалось рассмотреть открытки с точки зрения их демонстрации в каком-либо общественном месте и перед началом разговора классифицировать открытки какой-нибудь серии в порядке его собственного предпочтения; его корреспондент должен сделать то же самое со своей копией этой серии. После установления соединения по испытуемому каналу участники должны согласовать между собой порядок предпочтения, который они записывают в конце разговора. Следовательно, продолжительность каждого разговора зависит от самих собеседников. Разговор может оказаться слишком длинным, поскольку оба собеседника проявили живой интерес к изображениям, или, наоборот, коротким (что случается менее чем в 1 % случаев), поскольку каждый собеседник выбрал, со своей стороны, один и тот же порядок предпочтения, и у них нет предмета для обсуждения. Однако даже в этих случаях весьма желательно предоставлять собеседникам возможность продолжать разговор столько, сколько они этого желают. После окончания разговора они независимо друг от друга высказывают свое мнение о соединении, заполняя соответствующую клетку предоставляемой им формы: один вариант этой формы содержится в Приложении А.

Были рассмотрены несколько вариантов выполняемой задачи (например, различная нумерация одних и тех же изображений для двух участников), однако ни один из этих вариантов окончательно не был принят. Никакой другой тип задачи не оказался более эффективным с точки зрения поставленной цели, хотя испытания проводились с несколькими типами задач.

3.4.1.7 *Подготовка к испытанию* n × n

Из списка имеющихся кандидатов организатор испытания произвольно выбирает в достаточном количестве фамилии тех, кто отвечает критериям выбора, указанным в § 3.4.1.3, выше. Он спрашивает их по телефону, согласны ли они принять участие в испытании; при этом разговоры должны быть организованы таким образом, чтобы оба участника, которые вели разговор во время первого визита, оставались в одной паре при последующих разговорах, относящихся к этому же испытанию. Каждому участнику посылается стандартное письмо с подтверждением места и времени каждого сеанса и довольно подробным объяснением того, что должны будут делать участники испытания: текст стандартного письма приводится в Приложении В.

Организатор испытания на основе схемы испытания составляет программы, показывающие в каком порядке должны следовать состояния канала для каждой пары участников, с какими сериями открыток, кто из участников начинает разговор в каждом случае и любую другую необходимую информацию. В программе оставляют пустые места для записи информации, которая появляется по мере прохождения испытания, а именно: порядковый номер каждого разговора; продолжительность разговора; обозначение катушки с магнитной лентой, используемой для записи; замечания, касающиеся ошибок или необычных происшествий, и т. д. Кроме того, для каждого разговора готовятся формы для записи мнений (Приложение А). Однако во избежание дублирования, а также для того, чтобы не слишком часто изменять сделанные записи, некоторые сведения записывают только после того, как появилась уверенность в их точности: например, до тех пор пока участники действительно не прибудут на первый разговор, имеется опасность, что предусмотренные первоначально фамилии будут изменены.

Как в письме, так и при переговорах с участниками необходимо следить за тем, чтобы им не была сообщена какая-либо информация о характере состояний канала. В формах для записи мнений, которые вручаются собеседникам, не содержится ни код, ни номер, обозначающий состояние канала. Эта информация записана в программе испытания и вносится в формы только после получения ее от участников испытания.

3.4.1.8 *Проведение испытания*

При первой встрече участников разговора спрашивали, прочли ли они и поняли ли письмо. Им разъясняли все неясные пункты и предлагали задавать вопросы. Затем им предлагалось посетить звукоизолированные кабины и ознакомиться с их оборудованием. Участникам сообщали количество разговоров во время одного сеанса. Им раздавали формы и предоставляли возможность подготовиться к предварительному разговору. Во время последующих сеансов участникам сообщали, что они должны действовать, как раньше, но, возможно, с другим количеством разговоров.

В начале каждого разговора участники должны вынуть из коробочки на своем столе определенную серию открыток, расположить их в порядке своего предпочтения и заполнить соответствующие клетки в формах. Когда оба участника разговора проделали это, организатор испытания дает одному из них сигнал начинать вызов. Оба участника имеют полную свободу ведения разговора по своему желанию, однако они не должны обсуждать свои мнения, касающиеся соединения. После того как участники отметили в форме порядок предпочтения для открыток, о котором они договорились, они заканчивают разговор и записывают оценку мнений ("отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "посредственно" или "плохо"), а также ответ на вопрос о затруднениях (ДА или НЕТ); организатор испытания вызывает поочередно по телефону каждого участника, спрашивая, какой ответ он дал на вопрос о затруднениях при разговоре. В случае ответа ДА организатор просит объяснить кратко (своими словами) характер затруднений. Он записывает полученный ответ, однако ни от организатора, ни от участника не требуется точная формулировка: действительно, важно не влиять на участников, и, во всяком случае, классификация затруднений оказывалась значительно менее полезной, чем процент недифференцированных ответов ДА на вопрос о наличии затруднений.

Затем организатор испытания просит участника вложить форму в приготовленный для этой цели конверт и начать классификацию следующей серии открыток или же, в случае надобности, подождать в звукоизолированной кабине.

Все разговоры между участниками, а также между организатором испытания и участником записываются на магнитофоне.

3.4.1.9 *Анализ результатов*

Результаты каждого разговора включают два мнения, основанных на шкале мнений "отлично" – "хорошо" – "удовлетворительно" – "посредственно" – "плохо" (представленные соответственно 4, 3, 2, 1, 0), два мнения, основанных на шкале затруднений (1 = ДА, 0 = НЕТ), два акустических уровня (измеренных на магнитных записях) и одну величину продолжительности разговора. В некоторых случаях можно собрать сведения о других переменных, например сделать видеозапись, чтобы наблюдать, как участники держат микротелефонную трубку.

Анализ разброса производится отдельно по каждой переменной (оценка мнения, акустический уровень и т. д.) с целью проверки значения влияния характеристики состояний канала и других факторов и определения доверительных интервалов для средних значений. В случае двоичной случайной переменной, такой как "затруднение", эта процедура должна рассматриваться с некоторыми оговорками. Как правило, имеется меньше свободы при подборе эмпирических кривых, чем в случае испытаний при прослушивании, из-за наличия меньшего числа пар координируемых величин.

3.5 *Испытания на восприятие методом дискретных оценок*

Наилучшим методом получения информации относительно обнаружения какого-либо аналогового свойства звука (например, эхо), в зависимости от некоторой объективной величины (такой как акустический уровень прослушивания), является метод дискретных оценок, аналогичный по своему принципу методу, указанному в § 3.1, выше, для уравнивания громкости речи. Основное отличие состоит в том, что в данном случае реакция участника испытания является не решением сравнительного или оценочного характера (обозначение из двух каналов канала с более высокой громкостью речи), а оценкой, выражаемой по следующей шкале:

Шкала мнений 6А

А недопустимо,

В ощутимо,

С неощутимо,

где под В подразумевается "ощутимо, но не недопустимо".

Шкалы такого типа, являющиеся обычно трехступенчатыми, используются в самых разнообразных испытаниях с помощью методов дискретных оценок. Шкала 6А, например, может использоваться в случаях, когда речь идет об эхо, реверберациях, местном эффекте, искажении речи вследствие коммутации или мешающих тональных сигналах, тогда как оценка переходного разговора или, возможно, при некоторых обстоятельствах эхо могут выражаться по шкале "внятный" – "ощутимый" – "неощутимый".

Иногда оценки по этой шкале мнений можно представить соответственно как 2, 1, 0 и рассматривать их как оценки мнений при испытаниях методом прослушивания или двустороннего разговора. Однако это не всегда удобно, поскольку решения, принимаемые по такой шкале, как шкала 6А, не соответствуют на самом деле реакциям на непрерывные изменения (тогда как мы вправе считать, что изменение реакции непрерывно для мнений, выражаемых по такой шкале, как шкала 4А) и образуют в действительности две различные дихотомии (например, "ощутимый"/"неощутимый" и "недопустимый"/"не недопустимый"), которые, не будучи независимыми, могут тем не менее использовать различные психологические процессы: иначе говоря, "недопустимость" или "внятность" отличаются от "ощутимости" по своему характеру, а не только по степени и часто имеют другое стандартное отклонение. Вот почему для анализа интереснее было бы выражать вероятность реакции отдельно согласно каждой дихотомии, в зависимости от объективной переменной, путем подбора пробит- или логит-уравнений и затем использования квантилей или других параметров в качестве основы сравнения между состояниями каналов методом, аналогичным тому, который применяется для анализа оценок разборчивости.

Такой метод проведения испытаний сходен с методом, основанным на усилии при прослушивании (см. § 3.3.1, выше), однако между ними имеются некоторые различия. В частности, в данном случае рекомендуется, чтобы в каждом цикле испытания первое прослушивание сигнала происходило с высоким акустическим уровнем, так чтобы у слушающего не оставалось никакого сомнения относительно того, какой тип сигнала должен быть предметом его оценки. В случае местного эффекта или эхо от участника испытания требуется одновременно говорить и слушать.

Обычно простые аудиометрические измерения, описанные в Рекомендации Р.78, проводятся с участниками этих испытаний так, чтобы полученные результаты можно было выразить относительно их порога слышимости.

Примеры применения этих методов содержатся в [4] и [5].

Для изучения влияния шума и других нарушений иногда требуют, чтобы участники выражали свое мнение по шкале с большим количеством ступеней, например по шкале мнений 5 с семью оценками от "неслышимый" до "нестерпимый". Результаты, полученные по этим шкалам, которые ближе к шкалам типа квантованного континуума, подобно шкале мнений 4А, могут обрабатываться аналогично.

4 Рекомендации и другие публикации МККТТ, в которых отмечено использование методов, перечисленных в пунктах a) – e) § 2, выше:

a) Многие Рекомендации МККТТ содержат спецификации, основанные первоначально на эквивалентах затухания, позднее на скорректированных эквивалентах затухания и совсем недавно на показателях громкости. Примеры этого можно найти в Рекомендации P.12 *(Оранжевая книга)*, G.101 [6], G.103 [7], G.111 [8], G.120 [9] и G.121 [10].

b) В Рекомендации P.12 определяются величины коэффициента затухания по разборчивости, однако в настоящее время этот метод используется главным образом в диагностических целях. См. Рекомендацию P.45.

c) Различные вопросы, например Вопрос 4/XII [11], Вопрос 14/XII [12] и Дополнение № 3 в конце этого тома.

d) Различные вопросы, например Вопрос 4/XII [11], Вопрос 9/XII [13], Вопрос 14/XII [12] и Дополнение № 3 в конце этого тома.

e) Различные вопросы, например Вопрос 9/XII [13] и документы, перечисленные в [14], [15] и [16].

5 Общие замечания по субъективным методам оценки, применяемым в лабораторных условиях

Более подробные сведения о проведении субъективных испытаний и представлении полученных результатов приведены в Рекомендации P.74 и в [2]. Более широкое исследование взаимосвязей между различными методами дано в [17].

Применяя субъективные методы для получения данных, которые могут помочь при планировании передачи по телефонной сети, необходимо помнить о следующем:

a) Необходимо точное описание типа телефонных соединений, к которым будут применены полученные результаты. Этого можно достичь с помощью описания соответствующих условных эталонных соединений (HRC) (см. Рекомендацию G.103 [7]).

b) При установке лабораторного оборудования и проведении испытаний следует учитывать характеристики условных эталонных соединений, такие как уровни, затухания передачи и эквиваленты затухания на передаче и приеме. Спектры и уровни речи следует установить такими, чтобы они полностью соответствовали величинам в различных точках условного эталонного соединения.

c) Участников испытания следует выбирать среди подходящих лиц. Например, если удается достать аудиограммы участников испытания при двустороннем разговоре, то они не могут служить критерием отбора, поскольку возникающая при этом предвзятость приведет к тому, что выводы испытания могут быть применены только к абонентам с определенным диапазоном порога слышимости. По этой причине благоразумнее подождать, пока участники испытания закончат свою основную задачу, прежде чем собирать дополнительную информацию подобного типа.

d) В период испытаний участники должны находиться в таких условиях, чтобы полученные результаты были справедливы для нужных применений. Поэтому необходимы меры предосторожности, указанные выше (§ 3.3.1), если желательно, чтобы у участников испытания не было искаженной оценки из-за выбранного диапазона состояний и уровней или из-за порядка их следования; кроме того, в испытаниях при двустороннем разговоре (§§ 3.4.1.5–3.4.1.7) единообразие операций не должно мешать их естественному выполнению.

e) Должны использоваться планы испытаний, позволяющие правильно анализировать полученные результаты и оценивать доверительные интервалы.

f) Иногда неизбежно неконтролируемое изменение характеристики тракта передачи: например, испытание при прослушивании приходится проводить по радиосвязи, подверженной замираниям, или испытание при двустороннем разговоре – по связи системы TASI, загрузка которой определяется реальным трафиком. В этих случаях рекомендуется собирать не только реакции участников испытаний, но и дополнительную информацию о величинах рассматриваемых изменяющихся характеристик: интенсивность сигнала в первом типе испытания и степень загрузки, то есть число занятых каналов, – во втором. Для обработки полученной информации по таким сопутствующим переменным вместе с выражением мнений участников испытаний, которые являются основными переменными, необходимо применять метод, известный как анализ ковариантности [18].

g) Даже с принятыми мерами предосторожности в соответствии с пунктами c), d), e) и f) достоверность не может быть установлена по абсолютным величинам оценок, если в испытания не включены "контрольные" условия (например, комплекс эталонных условий). Однако более надежными являются относительные величины оценок мнений, полученных при различных состояниях канала в одном и том же испытании.

h) Комплекс эталонных условий позволит представить результаты как показатели некоторого эталонного устройства через эквивалентные состояния, такого как аттенюатор, источник шума или эталонное оборудование для получения модулированного шума (см. Рекомендацию P.81) и т. д. Это позволит провести значительно более надежные сравнения с данными, полученными из других источников.

i) До применения результатов субъективных испытаний необходимо всегда проверять их взаимную когерентность и сравнивать с ожидаемыми результатами (полученными из предыдущих испытаний или с помощью теоретической модели).

6 Объективные методы

Несомненно, окончательной целью является определение качества телефонной передачи как функции объективных характеристик исследуемых телефонных соединений. Это отчасти возможно благодаря использованию табулированной информации, полученной на основе проведенных ранее лабораторных или иных испытаний: пример такого использования представлен в [19]. Значительный прогресс был достигнут в области прогнозирования оценок, уровней речи и т. д. благодаря использованию моделей, построенных на основании субъективных данных, как показано в Дополнении № 3 в конце данного тома и в [20]. В настоящее время British Telecom использует такие модели для обновления своих таблиц.

Применение моделей раскрывает многие другие возможности, например возможность более общего изучения местного эффекта и амплитудно-частотных искажений. Учитывая, например, должным образом роль сильного местного эффекта, являющегося серьезной причиной ухудшения качества передачи соединений, становится понятным, почему устранение этой причины является предварительным условием при определении пределов остаточного затухания и шума.

ПРИЛОЖЕНИЕ A

(к Дополнению № 2)

Форма для записи мнений 12A

Испытание _____

Фамилия _____ Кабина _____ № _____

1 Прежде чем начать вызов, возьмите ваш комплект открыток _____ и классифицируйте их в порядке вашего предпочтения. Запишите этот порядок в клеточках ниже, используя номера, проставленные на обратной стороне открыток.

Ваш порядок предпочтения	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й

2 Если загорается зеленый сигнал НАЧИНАЙТЕ, вызывайте вашего корреспондента по _____. В противном случае ждите вызов от вашего корреспондента.

3 Если вы считаете, что это помогает вам при разговоре с вашим корреспондентом, можете записать ниже порядок, в котором он классифицировал открытки.

Порядок предпочтения вашего корреспондента	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й

4 Как только вы договорились о порядке предпочтения, запишите его ниже.

Согласованный порядок предпочтения	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й

После этого положите трубку.

5 Поставьте крестик в клеточку, заголовок которой выражает ваше мнение о телефонном соединении, которое вы только что использовали. *Примечание.* – Просьба не обсуждать ваше мнение с вашим партнером.

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Посредственно	Плохо

6 Испытывали ли вы или ваш партнер какие-либо трудности при разговоре или прослушивании на данном соединении?

ДА	
НЕТ	

В случае ответа ДА кратко объясните руководителю испытания, в чем состоит трудность, когда он вновь свяжется с вами по телефону.

Применяется для испытания R13.4

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(к Дополнению № 2)

(Стандартное письмо, посылаемое участникам испытаний)

Фамилия _____

Группа _____

СУБЪЕКТИВНОЕ ИСПЫТАНИЕ R13.4 № _____

Благодарим вас за согласие принять участие в этом испытании.

Как мы договорились по телефону ранее, просим вас придти в основное здание лаборатории, 3-й этаж, комната _____, в следующее время:

Час День Дата

По прибытии спросить _____, указав приведенный выше номер вашего субъективного испытания. Незадолго до каждого сеанса вам напомнят об этом по телефону. Вы можете зарезервировать ваше время на _____ программы. Если вы не можете приехать или вам требуется какая-либо дополнительная информация, просьба позвонить _____ по номеру Ipswich 64 _____

Испытание, в котором вы приглашены принять участие, входит в серию испытаний качества телефонных соединений. Испытание будет проходить в форме разговора с собеседником, также давшим согласие на участие в испытании, по соответствующим телефонным соединениям, и мы надеемся, что порученная вам задача вызовет оживленный разговор и обсуждения.

В кабине для проведения испытания вам вручат серию из шести открыток с изображениями. Вас и вашего собеседника просят представить, что вам необходимо выбрать некоторые изображения (увеличенные, в случае надобности) для размещения в каком-либо общественном месте типа кафетерия – либо для украшения, либо для общего обозрения. Перед началом разговора вы должны классифицировать шесть открыток в порядке вашего предпочтения и записать этот порядок из шести номеров в предоставленной для этой цели форме. Ваш собеседник в другой кабине будет иметь аналогичную серию открыток и должен будет классифицировать изображения в порядке своего предпочтения, который будет, вероятно, отличаться от вашего. Затем одного из вас попросят вызвать по телефону другого собеседника. Цель разговора, который затем последует, будет заключаться в проведении переговоров до тех пор, пока не будет достигнуто компромиссное решение по порядку классификации, удовлетворяющее вас обоих. По завершении разговора вы кладете телефонные трубки и записываете шесть номеров в соответствующую форму в окончательно согласованном порядке. Вы должны будете также сделать в форме отметку, соответствующую вашему мнению о соединении. Затем вы ждете, когда руководитель эксперимента свяжется с вами по телефону и скажет, что еще вам нужно сделать. Следующие беседы будут проходить аналогичным образом, но с другими сериями открыток.

Для всего испытания в целом будет проведено _____ соединений, распределенных на _____ сеансов, как указывалось выше. Полностью инструкции будут вам даны по прибытии. Просьба принести с собой это письмо и очки, если вы ими обычно пользуетесь.

Еще раз благодарим за сотрудничество.

_____

_____(дата)

Ссылки

[1] МККТТ – Вопрос 15/XII, Вклад ИК XII-№ 1, Исследовательский период 1981–1984 гг., Женева, 1981 г.

[2] RICHARDS (D. L.): Telecommunication by speech, *Butterworths,* London, 1973.

[3] SULLIVAN (J. L.): Is transmission satisfactory? Telephone customers help us decide, *Bell Labs Record,* pp. 90–98, March 1974.

[4] RICHARDS (D. L.): Telecommunications by speech, § 3.5.3. *Butterworths,* London, 1973.

[5] *Ibid.,* § 4.5.1.

[6] Рекомендация МККТТ "План передачи", том III, Рек. G.101.

[7] Рекомендация МККТТ "Условные эталонные соединения", том III, Рек. G.103.

[8] Рекомендация МККТТ "Показатели громкости (LR) в международном соединении", том III, Рек. G.111.

[9] Рекомендация МККТТ "Характеристики передачи национальных сетей", том III, Рек. G.120.

[10] Рекомендация МККТТ "Показатели громкости (LR) национальных систем", том III, Рек. G.121.

[11] МККТТ – Вопрос 4/XII, Вклад ИК XII-№ 1, Исследовательский период 1985–1988 гг., Женева, 1985 г.

[12] МККТТ – Вопрос 14/XII, Вклад ИК XII-№ 1, Исследовательский период 1985–1988 гг., Женева, 1985 г.

[13] МККТТ – Вопрос 9/XII, Вклад ИК XII-№ 1, Исследовательский период 1981–1984 гг., Женева, 1981 г.

[14] RICHARDS (D. L.) and BUCK (G. A.): Telephone echo tests, *P. I. E. E.*, 107B, pp. 553-556, 1960.

[15] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 171, Исследовательский период 1977–1980 гг., Женева, 1979 г.

[16] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 132, Исследовательский период 1977–1980 гг., Женева, 1979 г.

[17] МККТТ – Вопрос 7/XII, Приложение 1, Вклад ИК XII- № 1, Исследовательский период 1981–1984 гг., Женева, 1981 г.

[18] SNEDECOR (G. W.) and COCHRAN (W. G.): Statistical methods, Chapter 14, 6th edition, *Iowa State University Press*, 1967.

[19] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 173, Исследовательский период 1977–1980 гг., Женева, 1979 г.

[20] RICHARDS (D. L.): Calculation of opinion scores for telephone connections, *Proc. IEE*, 121, pp. 313-323, 1974.

Библиография

BRAUN (K.): Die Bezugsdämpfung und ihre Berechnung aus der Restdämpfungskurve (Frequenzkurve) eines Übertragungssystems; *T.F.T.*, Vol. 28, pp. 311-318, August 1939.

BRAUN (K.): Theoretische und experimentelle Untersuchung der Bezugsdämpfung und der Lautstärke; *T.F.T.*, Vol. 29, pp. 31-37, No. 2, 1940.

BLYE (P. W.), COOLIDGE (O. H.) and HUNTLEY (H. R.): A revised telephone transmission rating plan; *B.S.T.J.*, Vol. 34, pp. 453-472, May 1955 (воспроизведено в *Красной книге*, том I, стр. 636–651, МСЭ, Женева, 1957 г., и том V, стр. 607–624, МСЭ, Женева, 1962 г.).

BRAUN (K.): Image attenuations of microphone and receiver insets; *N.T.Z.*, No. 8, pp. 365-370, 1960 (переведено в *Красной книге*, том V-бис, стр. 255–265, МСЭ, Женева, 1965 г.).

FRENCH (N. R.) and STEINBERG (J. C.): Factors governing the intelligibility of speech sounds; *J.A.S.A.*, Vol. 19, p. 89, Jan. 1947.

RICHARDS (D. L.) and ARCHBOLD (R. B.): A development of the Collard principle of articulation calculation; *P.I.E.E.*, Vol. 103, Part B, Sept. 1956 (*Красная книга*, том I, Вопрос 7 12-й Исследовательской Комиссии, Приложение 4, МСЭ, Женева, 1956 г.).

Вклад Администрации Италии в изучение объективных методов измерений эквивалента затухания и эквивалента разборчивости, *Красная книга*, том I, Вопрос 7 12-й Исследовательской Комиссии, Приложение 3, МСЭ, Женева, 1956 г.

FLETCHER (H.) and GALT (R. H.): The perception of speech and its relation to telephony; *J.A.S.A.*, Vol. 22, p. 89, March 1950 (воспроизведено в следующей работе, главы 15–17).

FLETCHER (H.): Speech and hearing in communication, *D. Van Nostrand*, New York, 1953.

Тональный метод, исследованный Администрацией СССР, для определения разборчивости; *Красная книга*, том V, часть II, Приложение 31, МСЭ, Женева, 1962 г.

Метод, используемый Швейцарской телефонной Администрацией, для определения качества передачи, базирующийся на объективных измерениях; *Красная книга*, том V, часть II, Приложение 30, МСЭ, Женева, 1962 г.

LALOU (J.): Calculation of telephone transmission performance by information theory, *Красная книга*, том V-бис, Вопрос 7/XII, Приложение 2, МСЭ, Женева, 1965 г.

SIVIAN (L. J.): Speech power and its measurement, *B.S.T.J.*, 8, pp. 646-661, 1929.

LOYE (D. P.) and MORGAN (K. F.): Sound picture recording and reproducing characteristics, *J. Soc. Motion Picture Engineers*, 32, pp. 631-647, 1939.

RICHARDS (D. L.): Some aspects of the behaviour of telephone users as affected by the physical properties of the circuit. Communication Theory, *Butterworths Scientific Publications*, pp. 442-449, 1953.

ZAITSEV (T. E.): Correlation method for determining the fidelity and intelligibility of speech transmitted over telecommunication channels, *Elektrosvyaz*, 10, pp. 38-46, 1958.

LICKLIDER (J. C. R.), BISBERG (A.) and SCHWARZLANDER (H.): An electronic device to measure the intelligibility of speech, *Proc. Nat. Electronics Conf.*, 15, pp. 329-334, 1959.

RICHARDS (D. L.) and SWAFFIELD (J.): Assessment of speech communication links, *P.I.E.E.*, 106B, pp. 77-89, 1959.

RICHARDS (D. L.): Conversation performance of speech links subject to long propagation times, International Conference on Satellite Communication, *Inst. Elec. Engrs.*, pp.247-251, London, 1962.

RICHARDS (D. L.): Transmission performance of telephone connections having long propagation times, *Het PTT-Bedrijf*, 15, pp. 12-24, 1967.

BOERYD (A.): Subscriber reaction due to unbalanced transmission levels, *ibid.*, pp. 39-43.

RICHARDS (D. L.): Distortion of speech by quantizing, *Electronics Letters*, 3, pp. 230-231, 1967.

GOLDMAN-EISLER (F.): Sequential temporal patterns and cognitive processes in speech, *Language and Speech*, 10, pp. 122-132, 1967.

Дополнение № 3

МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ НА ОСНОВЕ ОБЪЕКТИВНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Модели для прогнозирования субъективных оценок качества телефонной связи на основе объективных измерений в настоящее время изучаются в рамках Вопроса 7/XII. До сих пор невозможно рекомендовать единую модель, применимую для широкого круга факторов, ухудшающих качество передачи, однако несколько Администраций рекомендовали методы расчета, описанные в §§ 1, 2, 3 и 4, ниже.

1 **Модели оценки качества передачи** *(Женева, 1980 г.; изменения внесены в Малага-Торремолиносе, 1984 г.) (Включены в § 3 Рекомендации P.11)* (Вклад фирмы "Bell Communications Research, Inc."[1])

1.1 *Введение*

В настоящем разделе описываются модели, которые могут использоваться для оценки субъективной реакции абонентов телефонной связи на такие факторы ухудшения качества связи, как шум канала, общий показатель громкости, эхо говорящего, эхо слушающего, амплитудно-частотные искажения, искажения квантования, шум помещения и местный эффект.

Модели для оценки шума канала, общего показателя громкости и эха говорящего выведены на основе нескольких разговорных испытаний, проведенных в лабораториях фирмы Bell в период с 1965 по 1972 год с целью определения субъективной оценки качества передачи как функции шума канала, общего показателя громкости, затухания и задержки эха говорящего [1]. Эти испытания охватывали несколько сот участников, выполнивших несколько тысяч испытательных разговоров; причем одни испытания проводились при обычных деловых переговорах, другие были выполнены в лабораторных условиях. Во всех испытаниях использовалась 5-уровневая шкала оценки: отлично, хорошо, удовлетворительно, плохо и очень плохо.

---

[1] Этот раздел (бывшее Дополнение № 3, *Красная книга*) частично отражает работу, выполненную в лабораториях AT&T Bell до 1 января 1984 года.

Основные особенности моделей были предварительно оценены через потери громкости всего соединения *в дБ* (измерения в соответствии с системой электроакустических показателей, *EARS*) и шумы канала *в дБ относительно уровня в 1 мВт* (дБмп) на входе контрольного приемника (электроакустическая эффективность по *EARS*) [2]. Влияние эха говорящего было добавлено позднее через потери громкости тракта эха *в дБ* (измерения по *EARS*) и значения времени задержки тракта эха *в миллисекундах*. Экспериментально определенные поправочные коэффициенты были использованы для перехода от моделей к показателям громкости в соответствии с Рекомендацией Р.79.

Первоначальная модель для эха слушающего базировалась на последовательности из четырех типов субъективных испытаний прослушиванием, проведенных в лабораториях фирмы Bell в 1977 и 1978 годах [4]. Результаты последующих испытаний дали альтернативную модель [5], [6]. Испытания по субъективной оценке проводились в условиях, когда затухание тракта эха слушающего было частотно-независимым или формировалось частотно-зависимыми цепями. Взвешенное значение затухания тракта эха определялось, чтобы обеспечить такое взвешивание частотно-зависимого затухания, при котором показатели передачи в обоих случаях были бы одинаковы.

Модель для искажений квантования основывается на серии из пяти субъективных испытаний, проведенных с целью оценки характеристик различных алгоритмов цифровых кодеков [7], [8], [9].

Модель для оценки частотных искажений и ширины полосы частот базируется на испытаниях, проведенных в 1978 году [10].

Модель для оценки шума помещения основана на непубликовавшихся ранее результатах испытаний, проведенных в 1976 году. Субъективная оценка качества передачи по 5-балльной шкале давалась 40 участниками для 156 комбинаций уровня шума помещения, уровня речи, шума канала и затухания местного эффекта. Образцы шума помещения воспроизводились с магнитных лент, записанных в авиакассах предварительного заказа билетов. Модель соответствовала результатам испытаний при наличии шума канала, которые приводили к тем же оценкам качества, как и заданные значения уровня шума помещения.

Модель для местного эффекта выведена на основе испытаний, проведенных в 1980 году [11].

Все испытания проводились с телефонными аппаратами "Вестерн Электрик 500" или аналогичными им типами. Процедуры, использованные при анализе результатов субъективных оценок и выводе шкалы оценки качества передачи, описаны в [1]. Хотя эти процедуры и несколько сложны для ручного счета, они легко реализуются с помощью цифровых вычислительных машин и, как оказалось, обеспечивают удобное и полезное представление для широкого спектра экспериментальных данных.

Данные модели составлены с учетом концепции шкалы качества передачи. Важной причиной для введения этой шкалы было осознание того факта, что на результаты испытаний с субъективной оценкой могут влиять такие различные факторы, как состав группы, тип испытания, набор условий, оцениваемых в испытании. Было установлено, что эти факторы влияют как на значение средней оценки мнений при заданных условиях, так и на ее стандартное отклонение. Таким образом, трудно установить четкую взаимосвязь между заданными условиями передачи и субъективной их оценкой, выраженной в виде средней оценки мнений или процентом оценок "хорошо" и "отлично" от общего числа оценок. Введением шкалы оценки качества передачи делается попытка уменьшить эту трудность путем разделения зависимости между характеристиками передачи и ее субъективной оценкой на две части. Первая, представляющая качество передачи в виде функции характеристик передачи, определяется в двух точках и имеет тенденцию значительно меньшей зависимости от субъективной оценки. Вторая – взаимосвязь между качеством передачи и субъективной оценкой – может быть определена для каждого отдельного испытания.

Качество передачи в зависимости от общего показателя громкости и уровня шума канала, определенное в двух точках, показано в таблице 1-1.

ТАБЛИЦА 1-1

Общий показатель громкости (дБ)	Шум канала (дБмп)[a]	Качество передачи
16	–61	80
31	–76	40

[a] Значения шума канала отнесены к приемнику с показателем громкости на приеме (RLR) = 0 дБ.

Эти точки определения качества выбирались так, чтобы они были достаточно разнесены, но находились в пределах изменения факторов, значимых для испытания. Значения оценки качества передачи таковы, что большинство соединений будут иметь положительную оценку в диапазоне от 40 до 100. Качество передачи для других комбинаций значений показателя громкости и шума канала определяется относительно изменения соответствующих факторов от их значений в опорных точках.

В настоящем разделе представлены модели оценки качества передачи в виде зависимости от общего показателя громкости для полного соединения в дБ, шума канала в дБмп, отнесенного к входу приемной системы с показателем громкости на приеме (RLR) = 0 дБ, показателя громкости тракта эха говорящего в дБ, задержки тракта эха говорящего в миллисекундах. В Приложении А приведены репрезентативные результаты оценки мнений.

1.2 *Модели оценки качества передачи*

1.2.1 *Общий показатель громкости и шум канала*

Модель оценки качества передачи в зависимости от общего показателя громкости и уровня шума канала имеет вид:

$$R_{LN} = -26{,}76 - 2{,}257\sqrt{(L'_e - 8{,}2)^2 + 1} - 2{,}0294N'_F + 1{,}751L'_e + 0{,}02037L'_eN'_F, \qquad (1\text{-}1)$$

где

L'_e – общий показатель громкости полного телефонного соединения (в дБ).

N'_F – общий эффективный уровень шума (в дБмп), измеренный относительно приемной системы с показателем громкости на приеме (RLR) = 0 дБ. Общий эффективный уровень шума получается путем сложения мощностей шума канала N'_c, шума помещения, выраженного в виде эквивалентной величины шума канала N'_{Re}, и шума квантования, выраженного в виде эквивалентной величины шума канала N'_{Qe}.

N'_c – шум канала (в дБмп) относительно приемной системы с RLR = 0 дБ.

N'_{Re} – эквивалентное значение шума канала (в дБмп) для шума помещения относительно приемной системы с RLR = = 0 дБ (см. § 1.2.2).

N'_{Qe} – эквивалентное значение шума канала (в дБмп) для шума квантования относительно приемной системы с RLR = 0 дБ (см. § 1.2.3).

Зависимость качества передачи от общего показателя громкости и шума канала показана на рис. 1-1. На этом рисунке величина N'_{Re} = –58,63 дБмп. Коэффициент ширины полосы, k_{BW}, определение которого дается в § 1.2.4, равен единице.

1.2.2 *Эквивалент шума канала, обусловленный шумом помещения*

Модель оценки величины эквивалента шума канала, N'_{Re} (в дБмп), обусловленного шумом помещения, имеет вид:

$$N'_{Re} = N_R - 121 + 0{,}0078\,(N_R - 35)^2 + 10\log_{10}\left[1 + 10^{\frac{6 - L'_s}{10}}\right] \qquad (1\text{-}2)$$

где

N_R – шум помещения на приемном конце в дБ(А).

L'_s – показатель маскирования местного эффекта (в дБ) тракта местного эффекта слушающего.

Эквивалентный шум канала N'_{Re}, являющийся функцией от шума помещения, показан на графике, изображенном на рис. 1-2.

Примечание. – Модель оценки качества передачи в виде функции от показателя громкости и шума канала обычно используется при

$$N'_{Re} = -58{,}63 \text{ дБмп}. \qquad (1\text{-}3)$$

Эта величина получена в результате анализа данных разговорных испытаний, использованных для построения модели качества передачи в виде функции от общего показателя громкости и шума канала.

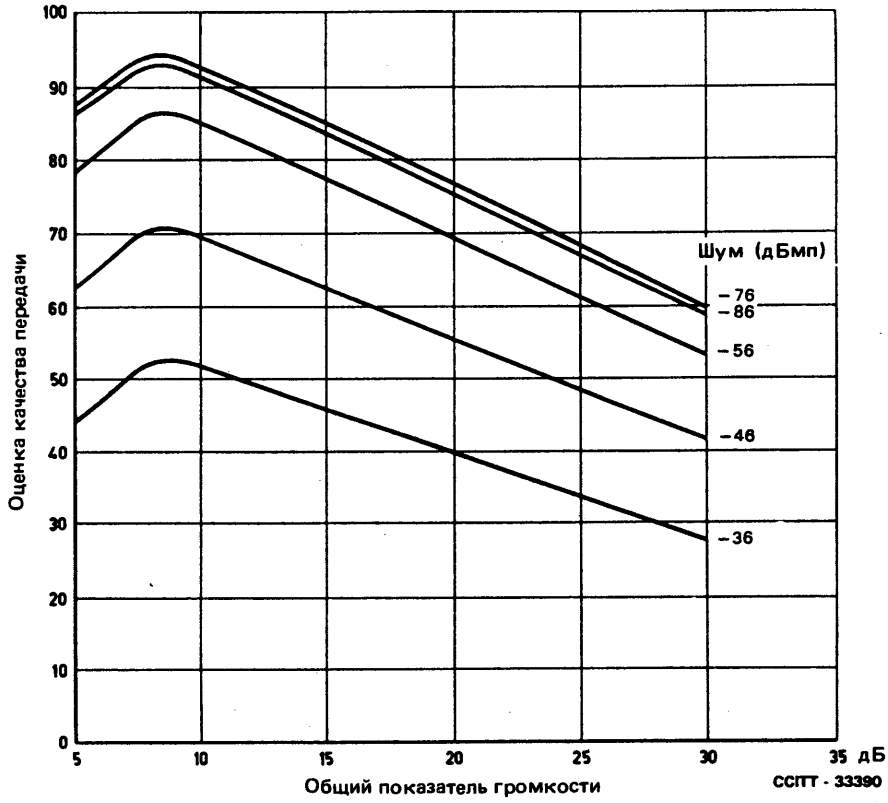


РИСУНОК 1-1

Оценка качества передачи в зависимости от общего показателя громкости и шума канала

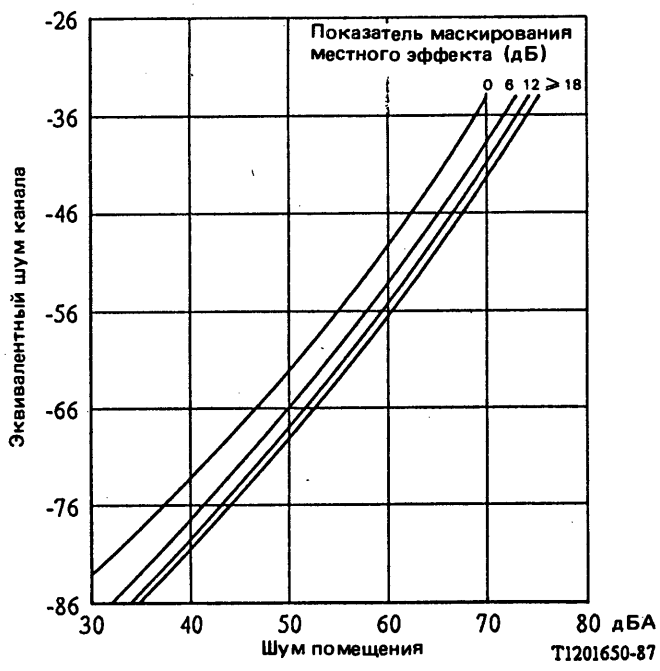


РИСУНОК 1-2

Эквивалентный шум канала для шума помещения

ARCHIVES U.I.T. GENÈVE

1.2.3 *Эквивалент шума канала, обусловленный шумом квантования*

Модель оценки шума канала N_{Qe} (в дБмп), обусловленного шумом квантования, имеет вид:

$$N'_{Qe} = V - 2 - \mathrm{SNR}, \tag{1-4}$$

где

V – уровень активной речи (в дБМ) относительно приемной системы с RLR, равным 0 дБ,

а

SNR – отношение сигнал/шум канала (в дБ), которое позволяет получить оценку качества передачи как и эквивалентное отношение (речь/шум, коррелированный с речью) Q (в дБ), измеренное с помощью эталонного устройства модулированного шума (см. Рекомендацию P.81).

SNR может быть приближенно выражено как

$$\mathrm{SNR} = 2{,}36Q - 8, \tag{1-5}$$

откуда

$$N'_{Qe} = V - 2{,}36Q + 6. \tag{1-6}$$

Основываясь на исследованиях уровня речевого сигнала, проведенных в 1975–1976 гг. [12], уровень речи для связей в пределах североамериканского континента можно приближенно оценить выражением

$$V = -9 - L'_e,$$

откуда

$$N'_{Qe} = -3 - L'_e - 2{,}36Q. \tag{1-7}$$

Ниже представлены оценки величины Q для одной пары кодеков при использовании импульсно-кодовой модуляции (ИКМ), модуляции с компандированием сигнала (NIC), адаптивной дифференциальной импульсно-кодовой модуляции (АДИКМ) и адаптивной дельта-модуляции (ADM). Соответствующие алгоритмы описаны в [7] и [9].

ИКМ: $Q = 0{,}78L - 12{,}9,$ (1-8)

NIC: $Q = 0{,}74L - 2{,}8,$ (1-9)

ADM: $Q = 0{,}42L + 8{,}6,$ (1-10)

АДИКМ: $Q = 0{,}98L - 5{,}3,$ (1-11)

АДИКМ-V: $Q = 1{,}04L - 4{,}6,$ (1-12)

где

L – скорость передачи по линии в кбит/с.

Примечание. – Алгоритм АДИКМ с фиксированным предиктором описан в [13]. Алгоритм АДИКМ-V с адаптивным предиктором описан в [9].

При последовательном включении пар кодеков результирующее значение Q может быть определено по формуле:

$$Q = -15 \log_{10} \left[\sum_{i=1}^{n} 10^{-\frac{Q_i}{15}} \right] \tag{1-13}$$

1.2.4 *Полоса частот и амплитудно-частотные искажения*

Модель оценки качества передачи в виде функции от общего показателя громкости и уровня шума канала может быть модифицирована путем включения в нее влияния ширины полосы канала (и амплитудно-частотных искажений). Обобщенная оценка R_{LNBW} в зависимости от общего показателя громкости, шума канала и ширины полосы имеет вид:

$$R_{LNBW} = (R_{LN} - 22{,}8)k_{BW} + 22{,}8, \tag{1-14}$$

где

$$k_{BW} = k_1 k_2 k_3 k_4, \tag{1-15}$$

причем

$$k_1 = 1 - 0{,}00148\,(F_l - 310), \tag{1-16}$$

$$k_2 = 1 + 0{,}000429\,(F_u - 3200), \tag{1-17}$$

$$k_3 = 1 + 0{,}0372\,(S_l - 2) + 0{,}00215\,(S_l - 2)^2, \tag{1-18}$$

$$k_4 = 1 + 0{,}0119\,(S_u - 3) - 0{,}000532\,(S_u - 3)^2 - 0{,}00336\,(S_u - 3)\,(S_l - 2)\,, \tag{1-19}$$

и

F_l, F_u – нижняя и верхняя границы полосы частот (в Гц), при которых коэффициент передачи акустического сигнала на 10 дБ ниже, чем при частоте 1000 Гц. (Для $F_u > 3200$ Гц нужно использовать значение 3200 Гц).

S_l, S_u – значения крутизны частотной характеристики (дБ/октава) для нижней и верхней частей рабочего диапазона (ниже и выше частоты в 1000 Гц соответственно), обеспечивающие такие же потери громкости, как и при реальной форме частотной характеристики.

На рис. 1-3 и 1-4 показано влияние ширины диапазона частот, F_l и F_u, а также значений крутизны частотной характеристики, S_l и S_u, на коэффициент ширины диапазона частот, k_{BW}.

Примечание. – Функции, описывающие коэффициент ширины диапазона частот, k_{BW}, выбираются таким образом, чтобы $k_{BW} = 1$ при $F_l = 310$ Гц, $F_u = 3200$ Гц, $S_l = 2$ дБ/октава и $S_u = 3$ дБ/октава. Эти характеристики являются типичными при испытаниях, выполняемых для построения модели, описывающей качество передачи в зависимости от общего показателя громкости и шума канала.

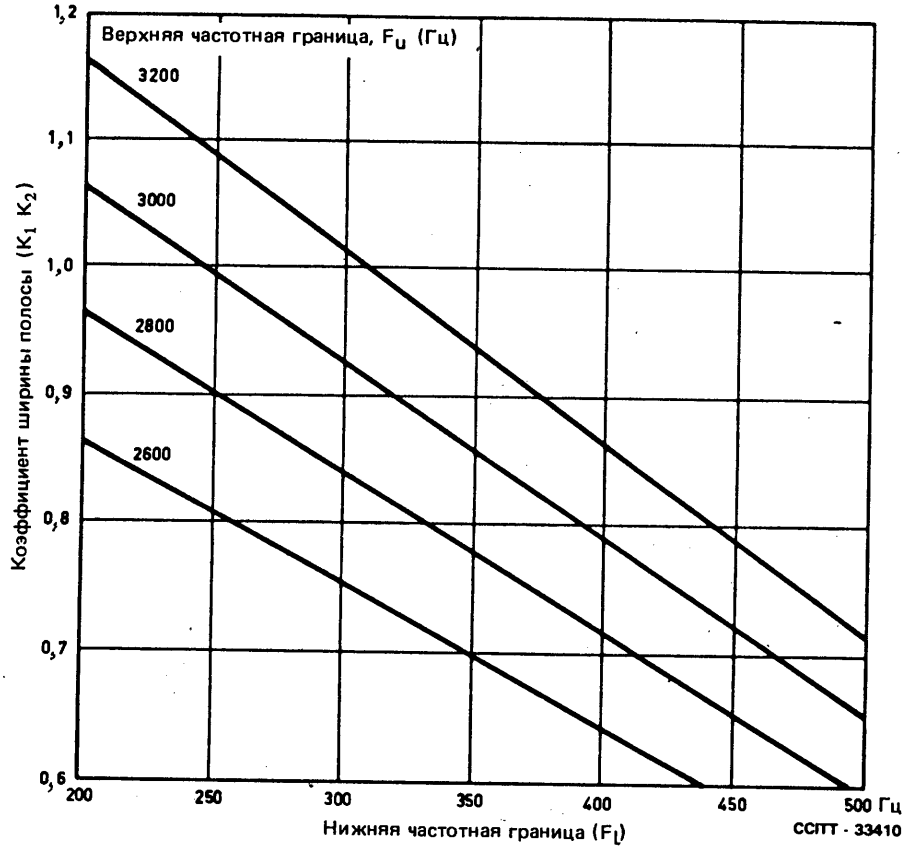


РИСУНОК 1-3

Коэффициент ширины полосы частот модели

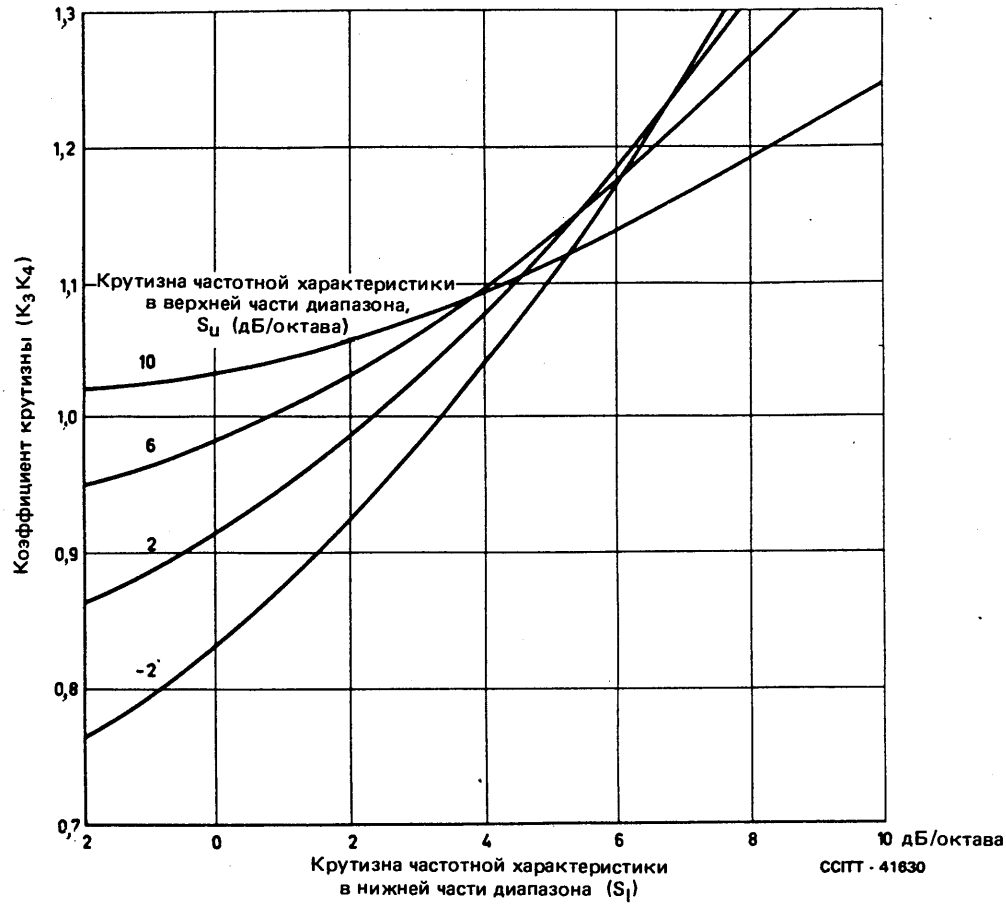


РИСУНОК 1-4

Коэффициенты крутизны модели амплитудно-частотных искажений

1.2.5 *Эхо слушающего*

Модель оценки качества передачи для эха слушающего имеет вид:

$$R_{LE} = 9{,}3\,(WEPL + 7)\,(DL - 0{,}4)^{-0{,}229}, \tag{1-20}$$

где

$WEPL$ – взвешенное затухание эха тракта слушающего (в дБ) и

$$WEPL = -20 \log_{10} \frac{1}{3200} \int_{200}^{3400} 10^{-\frac{EPL(f)}{20}}\, df. \tag{1-21}$$

$EPL(f)$ – затухание тракта эха (в дБ) в зависимости от частоты, Гц.

D_L – задержка тракта эха слушающего в миллисекундах.

Оценка качества передачи R_{LE} в зависимости от взвешенного затухания тракта эха и задержки тракта эха слушающего показана на рис. 1-5.

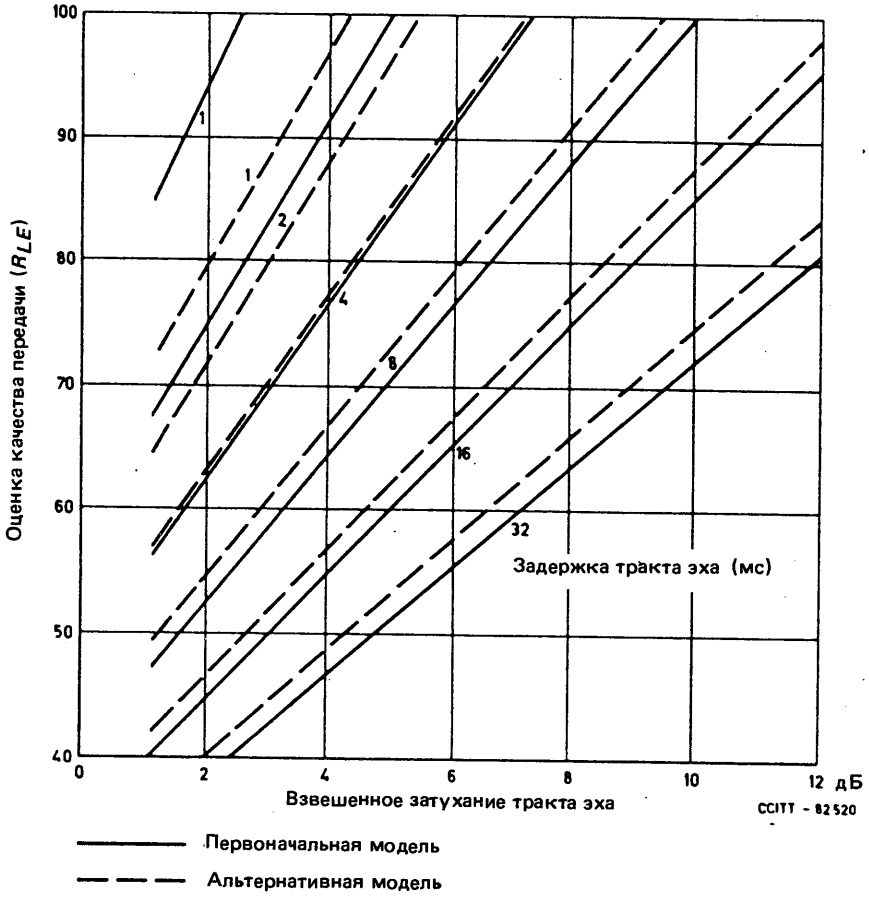


РИСУНОК 1-5

Оценка качества передачи для эха слушающего

Объединяя оценку качества передачи для эха слушающего, R_{LE}, с оценкой качества передачи для общего показателя громкости и шума канала, можно получить следующую общую оценку качества передачи:

$$R_{LNLE} = \frac{R_{LN} + R_{LE}}{2} - \sqrt{\left[\frac{R_{LN} + R_{LE}}{2}\right]^2 + 13^2}. \qquad (1\text{-}22)$$

На рис. 1-6 показаны графики, полученные с помощью указанного выше выражения для оценки качества передачи как функции от взвешенного затухания тракта эха слушающего и его задержки при значении общего показателя громкости в 16 дБ и величине шума канала, равной –56 дБмп, отнесенной к RLR = 0 дБ.

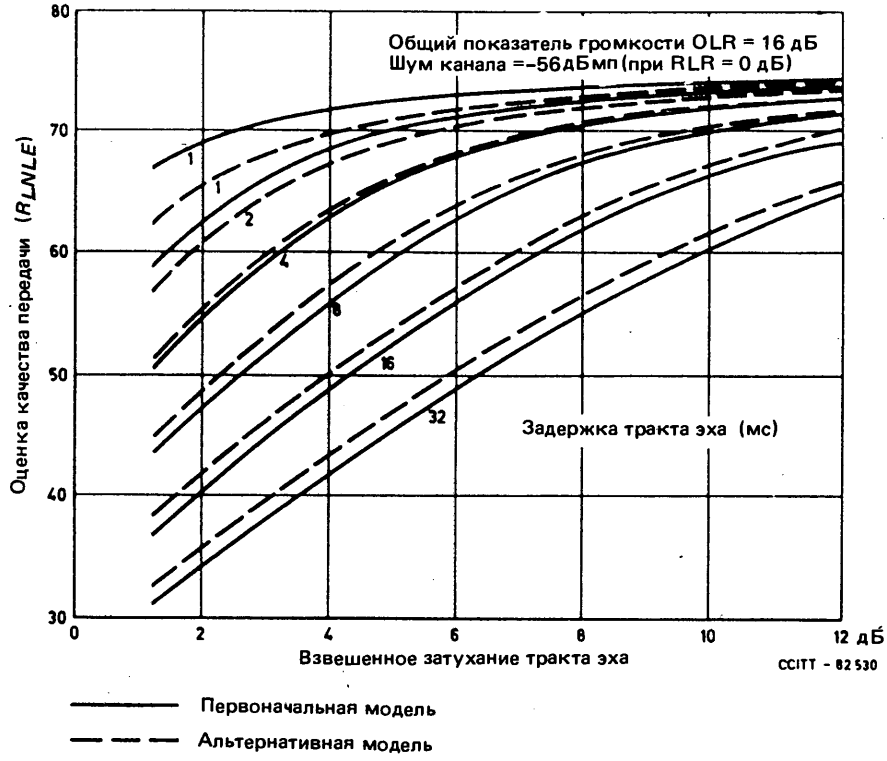


РИСУНОК 1-6

Оценка качества передачи для общего показателя громкости OLR, шума канала и эха слушающего

Примечание. Предшествующий материал основан на определенном наборе результатов испытаний и модели эха слушающего, описанной в [4]. После этого в [5] и [6] были опубликованы результаты новых испытаний, причем в этих публикациях изучаются данные двух экспериментальных серий в аспекте возможности рекомендации единой модели. В целом согласованность между двумя наборами данных была хорошей. Однако новые результаты дают более низкие оценки качества передачи при задержках менее 3 мс. Обычный подход в этом случае сводится к пересмотру первоначальной модели для получения более низких оценок при малых значениях задержки, тогда как для бо́льших значений задержки прогнозируются более высокие оценки. Уравнение (1-20a) дает в этом отношении удовлетворительную замену уравнения (1-20):

$$R_{LE} = 10{,}5(WEPL + 7)\,(D_L + 1)^{-0{,}25}. \qquad (1\text{-}20a)$$

В [6] предлагается также заменить в первоначальной модели взвешенное затухание тракта эха (WEPL) на пересчитанное взвешенное затухание тракта эха, (SWEPL). Предлагается выразить

$$WEPL = SM + SF,$$

где

SM – запас от самовозбуждения,

SF – коэффициент формы кривой,

а затем определить

$$SWEPL = SM + SF\,\frac{SM}{1 + SM}.$$

Здесь, так же как и для *WEPL*,

$$SWEPL = SM, \text{ если } SF = 0.$$

Кроме того,

$$SWEPL \approx WEPL \text{ при } SM \gg 1.$$

При приближении *SM* к нулю влияние коэффициента формы кривой уменьшается. Так, например, при *SM*, равном единице, влияние формы кривой снижается наполовину, и оно приближается к нулю при приближении к нулю *SM*. Этим устраняется возможность получения положительной величины *SWEPL*, когда величина запаса от самовозбуждения *SM* становится отрицательной. Хотя применение *SWEPL* вместо *WEPL* может вызвать небольшие изменения в большинстве практических ситуаций при типичных значениях *SM*, тем не менее эта концепция привлекательна, потому что более адекватно учитывается величина запаса от самовозбуждения *SM*, причем это легко реализуется путем подстановки в уравнение (1-20a) *SWEPL* вместо *WEPL*.

1.2.6 *Эхо говорящего*

Модель оценки качества передачи для эха говорящего имеет вид:

$$R_E = 92{,}73 - 53{,}45 \log_{10} \left[\frac{1 + D}{\sqrt{1 + \left(\frac{D}{480}\right)^2}} \right] + 2{,}277E, \tag{1-23}$$

где

E – общий показатель громкости OLR (в дБ) тракта эха говорящего,

D – задержка тракта эха говорящего в миллисекундах.

График оценки качества передачи как функции затухания и задержки тракта эха говорящего показан на рис. 1-7, причем влияние шума канала и общего показателя громкости на этом графике не учитывается. Преобразование результатов испытаний эха говорящего, которые включают отобранные значения общего показателя громкости OLR и шума канала, в шкалу оценки качества передачи было выполнено с использованием модели R_{LN}.

Модель оценки качества передачи при одновременном действии общего показателя громкости OLR, шума канала, затухания и задержки тракта эха имеет вид:

$$R_{LNE} = \frac{R_{LN} + R_E}{2} - \sqrt{\left(\frac{R_{LN} - R_E}{2}\right)^2 + 100}. \tag{1-24}$$

На рис. 1-8 показаны кривые, построенные в соответствии с приведенным выше выражением для оценки качества передачи как функции затухания и задержки тракта эха говорящего при значении OLR, равном 16 дБ, и шуме канала, равном – 56 дБмп.

1.2.7 *Местный эффект*

Модель оценки качества передачи в зависимости от значений общего показателя громкости, общего действующего шума и эха говорящего может быть изменена путем включения воздействия местного эффекта. Оценка качества для общего показателя громкости, общего действующего шума и местного эффекта R_{LN-ST} имеет вид:

$$R_{LN-ST} = K_{ST} R_{LN}, \tag{1-25}$$

а для эха говорящего и местного эффекта:

$$R_{E-ST} = R_E + 2{,}6(12 - SL) - 1{,}5(4{,}5 - SR)^2 + 3{,}38. \tag{1-26}$$

Коэффициент местного эффекта, K_{ST}, вычисляется из выражения:

$$K_{ST} = 1{,}021 - 0{,}002(SL - 15)^2 + 0{,}001(SR - 2)^2(SL - 15). \tag{1-27}$$

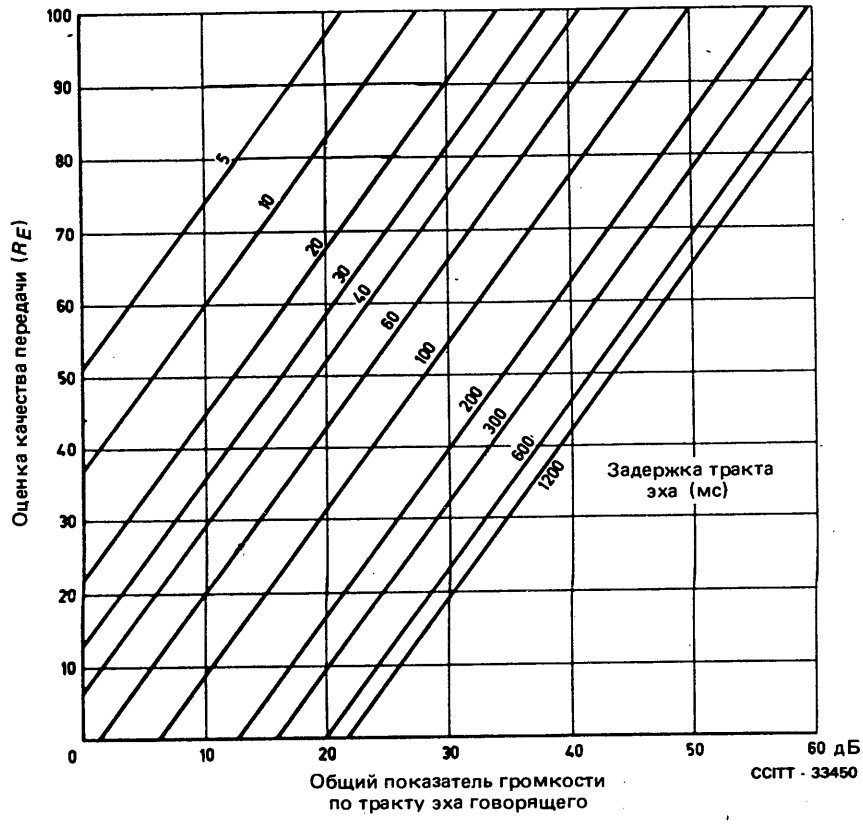


РИСУНОК 1-7

Оценка качества передачи для эха говорящего

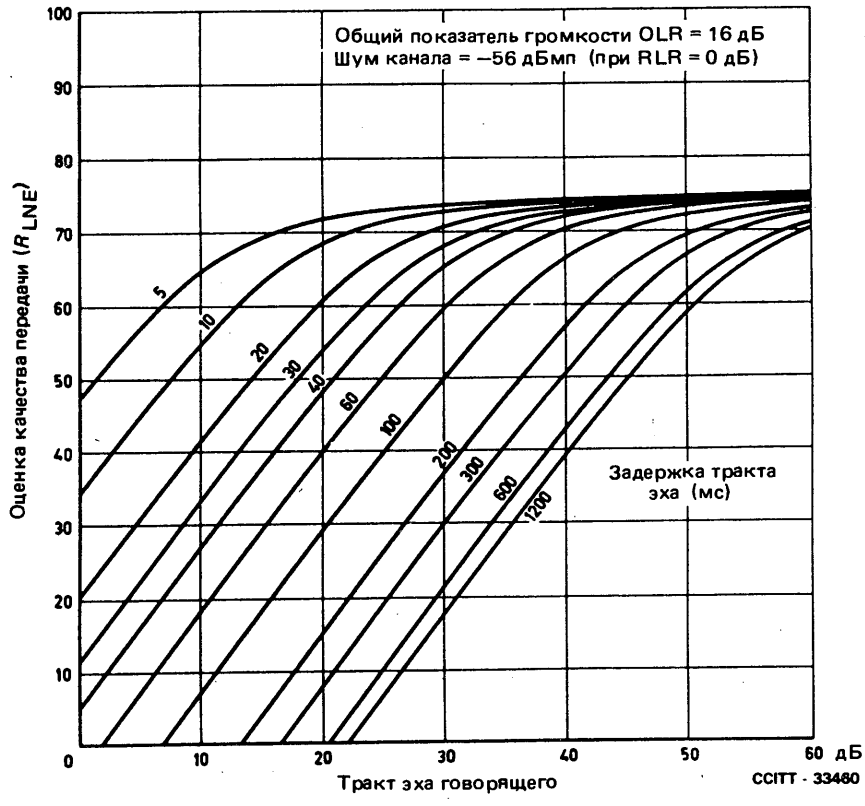


РИСУНОК 1-8

Оценка качества передачи в зависимости от общего показателя громкости, шума канала и эха говорящего

SL – величина показателя маскирования местного эффекта (в дБ), *SR* – амплитудно-частотная характеристика местного эффекта (в дБ/октава) на частотах ниже 1 кГц. (Крутизна этой характеристики на частотах выше 1 кГц в полтора раза больше[2].)

На рис. 1-9 показаны кривые, полученные путем вычисления $R_{LN\text{-}ST}$ и $R_{E\text{-}ST}$ и последующей подстановки полученных значений этих величин в уравнение (1-24) соответственно для значений R_{LN} и R_E.

1.3 *Модели для описания субъективных оценок*

Было установлено, что субъективные оценки, выраженные в долях ответов, соответствующих каждой из пяти категорий (отлично, хорошо, удовлетворительно, плохо, очень плохо) при заданном качестве передачи зависят от таких различных факторов, как группа опрашиваемых, диапазон изменения характеристик в эксперименте, календарный год, в котором проводится испытание, а также от того, проводится ли испытание на лабораторном оборудовании или при обычных телефонных разговорах. Доли высказываний типа"Хорошо"+"Отлично" (G + E) или"Плохо"+"Очень плохо" (P + U) могут быть вычислены из следующих выражений:

$$G + E = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{A} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \qquad (1\text{-}28)$$

$$P + U = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{B}^{-\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \qquad (1\text{-}29)$$

где A и B для различных баз исходных данных представлены ниже.

Для каждой из указанных ниже баз данных на рис. 1-10 показано соответствие между субъективной оценкой и оценкой качества передачи.

База данных[3]	*A*	*B*
1965 Murray Hill SIBYL Test	(R-64,07)/17,57	(R-51,87)/17,57
CCITT Conversation Tests	(R-62)/15	(R-43)/15
Long Toll Interviews	(R-51,5)/15,71	(R-40,98)/15,71

2 **Прогнозирование качества передачи на основе объективных измерений** *(Женева, 1980 г.; изменения внесены в Малага-Торремолиносе, 1984 г.) (Цит. в Рекомендации P.11)* (Вклад British Telecom)[4]

Резюме

"Бритиш телеком" широко использует теоретическую модель для прогнозирования характеристик передачи телефонных соединений. Здесь приводится краткое описание структуры этой модели, а также компьютерной программы CATNAP, реализующей упрощенный вид данной модели для использования в обычных условиях, и удобные в практическом отношении способы описания характеристик соединения.

---

[2] *Амплитудно-частотная характеристика местного эффекта:*

До 1 кГц	*Выше 1 кГц*
0	0
+3,0	+4,5
+6,0	+9,0

[3] Три базы данных отражают различные зависимости между оценкой качества передачи и субъективной оценкой, полученные в следующих испытаниях:
1965 Murray Hill SIBYL Test – Мнения по качеству деловых внутренних телефонных разговоров.
CCITT Conversation Tests – Обобщенная модель оценки мнений при лабораторных разговорных испытаниях по материалам МККТТ в исследовательском периоде 1973–1976 гг. (см. [3]).
Long Toll Interviews – Результаты опроса абонентов North American Telephone сразу после междугородного разговора.

[4] Ранее Дополнение № 4, *Красная книга.*

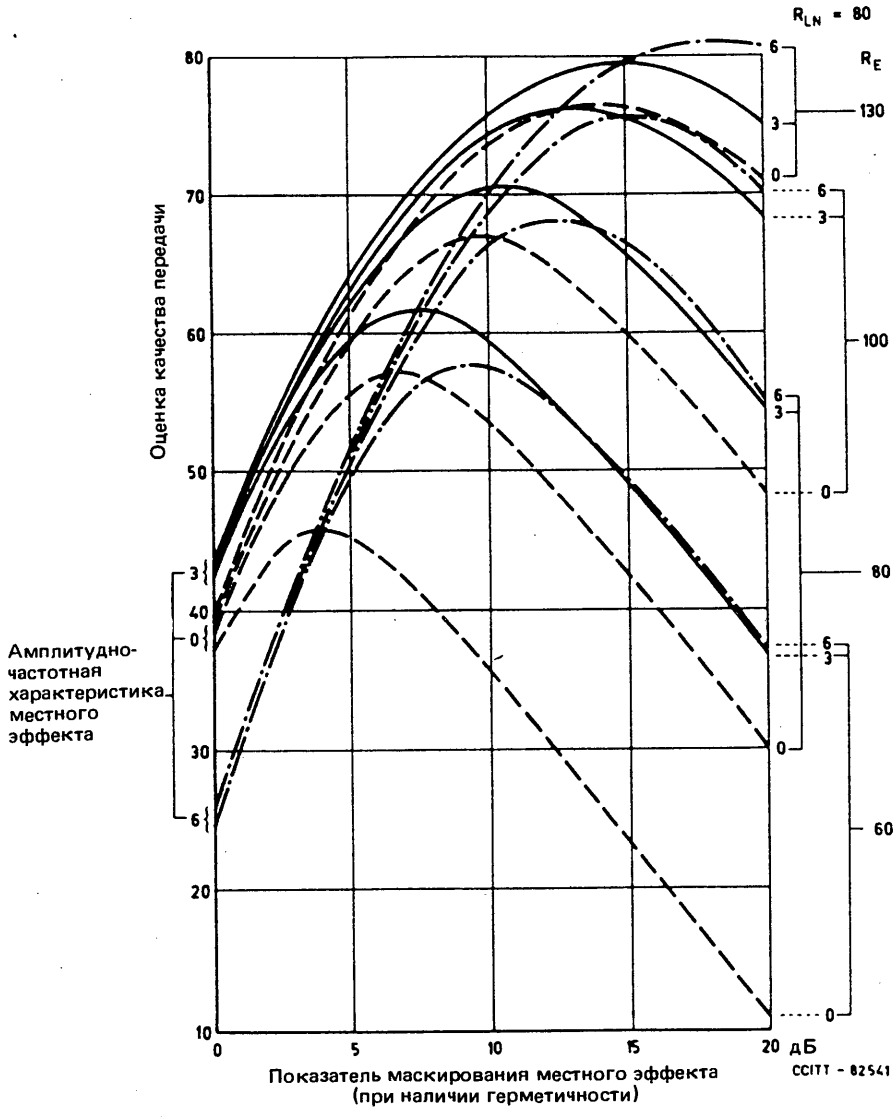


РИСУНОК 1-9

Оценка качества передачи для общего показателя громкости OLR, шума канала, эха говорящего и местного эффекта

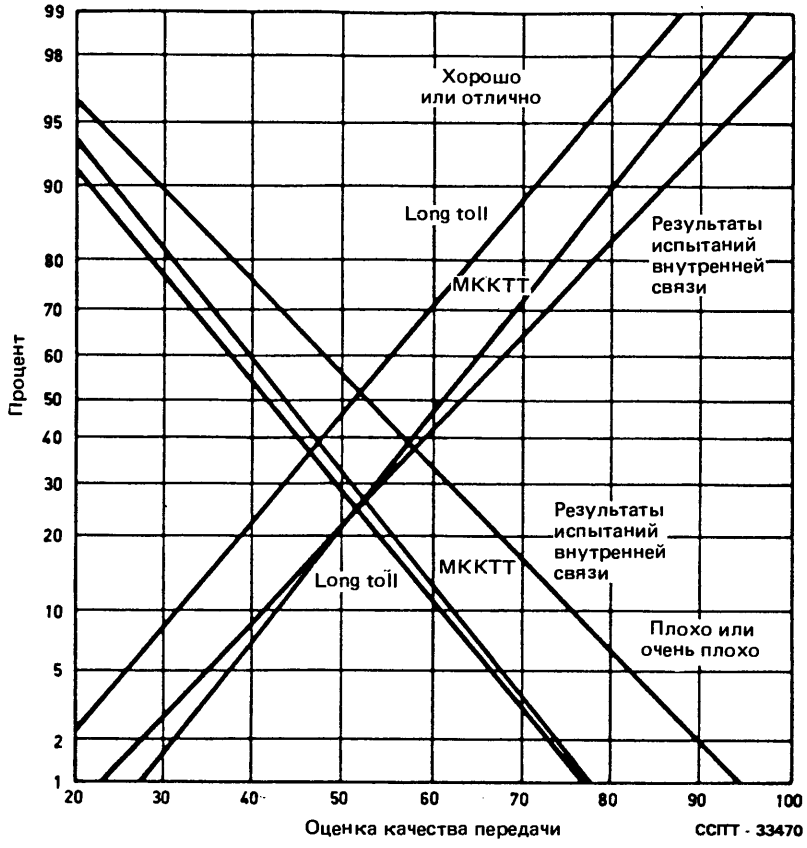


РИСУНОК 1-10

Сравнение оценок мнений как функции качества передачи

2.1 *Типы моделей*

В Вопросе 7/XII [14] признается наличие двух типов "модели" прогнозирования оценки качества передачи разговора в полных телефонных соединениях. Первый тип, представленный примером в разделе 1 данного Дополнения, основывается на чисто эмпирической обработке основных наблюдений и дает набор таблиц, графиков и сравнительно простых формул, описывающих качество передачи в виде функции от определенных объективно измеряемых величин. В модели этого типа, где все внимание уделено только соотношению между входом (объективно измеряемые величины) и выходом (субъективная оценка качества передачи), *вид* используемой функциональной зависимости сам по себе не имеет значения. Для удобства обычно принимается наиболее простой вид зависимости, но за счет общности получаемого решения. Взаимодействие между различными факторами зачастую довольно трудно учитывать; однако при введении нового фактора чисто эмпирическая модель обычно должна полностью пересматриваться. Предположим, например, что для конкретной полосы частот установлена зависимость между затуханием цепи, шумом и величиной средней оценки мнений; изменение этой полосы частот на постоянную величину потребует пересчета всех зависимостей, а не только изменения выходного значения на постоянную величину. Короче, нет основания ожидать, что чисто эмпирическая модель позволит достичь абсолютного успеха при прогнозировании качества передачи.

В моделях второго типа (упоминаемых в [15] делается попытка преодолеть эти недостатки, отразив в структуре процесса оценки причинно-следственные связи между входом (характеристики соединения; акустические характеристики окружающей среды; характеристики слуха, звуков речи и языковой системы участников разговора и т. д.) и выходом (удовлетворенность или оценка качества связи участниками разговора). Модель подобного рода, несомненно, более сложна и более трудоемка в разработке, однако расширение сферы ее применения может быть осуществлено с большей легкостью и точностью. Числовые параметры модели могут и должны пересматриваться при получении более надежных данных, но структура модели, если она была правильно выбрана, только в редких случаях может подвергаться большому изменению. В качестве инструмента исследования подобная модель является значительно более мощным генератором требующих проверки гипотез, чем набор хотя и полезных, но спорных формул. В качестве инструмента проектировщика или в других случаях применения такая модель легко может быть реализована в виде компьютерной программы, для которой в качестве входных данных могут быть использованы легко получаемые показатели (например, величины затухания и длины линий связи).

2.2 *Модель и программы:* SUBMOD, CATPASS и CATNAP

Описываемая здесь модель относится к числу фундаментальных. Она предназначается для прогнозирования на основе предоставляемой объективной информации субъективных оценок уровня громкости, усилий слушающего, качества разговора и качества воспроизведения голоса. Она была реализована в виде программы, названной SUBMOD (мнемоническое сокращение от SUBJECTIVE MODEL – модель субъективной оценки), в которой в качестве входных данных используются общие амплитудно-частотные характеристики тракта передачи речевого сигнала и имеются средства изменения параметров модели для улучшения соответствия между теоретическими предположениями и результатами наблюдений. В [16] описывается ранняя версия этой модели.

В настоящее время модель довольно успешно описывает субъективные оценки влияния затухания цепи, амплитудно-частотных искажений, шума канала, шума квантования, шума помещения и трактов местного эффекта для широкого диапазона изменений этих характеристик в любой комбинации. Пока еще не включены в модель, но уже могут быть приблизительно оценены влияния некоторых других факторов. До сих пор не предпринимались еще попытки оценить такие факторы, как влияние переключения голосом, применение вокодеров или же другие сложные схемы для снижения скорости передачи информации. Ср. группы факторов, перечисленные в Вопросе 7/XII [14].

Программа CATPASS [16] – мнемоническое сокращение для COMPUTER-AIDED TELEPHONY PERFORMANCE ASSESSMENT (оценка качества телефонной связи при помощи компьютера) – основана на той же модели, но в ее упрощенном виде, с фиксированными значениями параметров; при этом она содержит средства для вычисления амплитудно-частотных характеристик полного соединения, образованного из обычных аппаратных средств: телефоны, кабели, питающие мосты, муфты и фильтры. Она подобна системе, описанной в [17] и [18], однако программа имеет другую организацию. Так, например, CATPASS могла обрабатывать только данные для симметричного соединения, то есть такого, при котором характеристики передачи, шум помещения, местный эффект и все остальные значимые факторы имели одно и то же значение для обоих участников связи. Она была заменена программой, названной CATNAP (COMPUTER-AIDED TELEPHONE NETWORK ASSESSMENT PROGRAM – программа оценки качества телефонной сети при помощи компьютера), которая содержала улучшенную модель с фиксированными параметрами, допускающую асимметрию соединения, а также имела средства для сбора статистических данных, описывающих рабочие характеристики нескольких последовательных соединений. См. [19].

Программа CATNAP, в свою очередь, была заменена программой CATNAP83, в которой были сделаны три основных изменения:

a) незначительные улучшения модели прогнозирования субъективной оценки;

b) вычисление показателей громкости в соответствии с Рекомендацией P.79 вместо временного варианта P.XXE [20], которая (несмотря на утверждение, имеющееся в предыдущей редакции данного Дополнения [21]) использовалась для вычисления показателей громкости в программе CATNAP;

c) обеспечение большей гибкости в задании параметров, например коэффициента потерь связи головного телефона (L_E) в зависимости от конкретного типа гарнитуры.

2.3 *Общее описание*

Предположим, что A и B обозначают двух "усредненных" абонентов телефонной связи, разговаривающих по линии, заканчивающейся на обоих концах телефонными аппаратами с микротелефонными трубками, располагающимися в помещениях с обычными характеристиками звукопоглощения и определенным уровнем шума. "Усреднение" обозначает, что оба участника связи имеют репрезентативные характеристики слуха и речи, а также нормальное отношение к телефонной связи, благодаря чему их удовлетворение качеством связи измеряется значениями средней оценки мнений о качестве разговора (Y_C) и процента затрудненности (*%D*), которые могут быть получены с помощью разговорного испытания, описанного в Дополнении № 2. Y_C может принимать любое значение между 4 и 0, причем шкала имеет следующие обозначения: 4 = ОТЛИЧНО, 3 = = ХОРОШО, 2 = УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО, 1 = ПЛОХО, 0 = ОЧЕНЬ ПЛОХО. *%D* может принимать любые значения от 0 для наилучшего соединения до 100 % для наихудшего.

При данном соединении для каждого из его участников наибольший интерес представляют такие величины, как Y_C, *%D*, а также уровень речи. Однако в ходе выполнения вычислений определяются и другие полезные дополнительные характеристики, такие как показатели громкости различных трактов (определенные в соответствии с Рекомендацией P.79) и Y_{LE} – среднее значение усилия слушающего, которое может быть получено из испытания по оценке мнения слушателей, проводимого, как описано в Дополнении № 2. В испытаниях прослушиванием этого типа по телефонному каналу передается список предложений, произносимых с одним и тем же стандартным уровнем речи, а слушающий выражает свое мнение об уровне "Усилия слушающего" в соответствии со следующей шкалой:

Усилия, необходимые для понимания смысла предложений

A Возможно полное расслабление; усилий не требуется.

B Необходимо внимание; ощутимых усилий не требуется.

C Требуются средние усилия.

D Требуются значительные усилия.

E Смысл непонятен при любом возможном усилии.

Мнения слушателей оцениваются в цифровом выражении следующим образом: A = 4, B = 3, C = 2, D = 1, E = 0; для каждого уровня прослушивания и каждого состояния цепи подсчитываются средние значения по всем слушателям, называемые оценкой усилия слушающего, Y_{LE}.

Более подробную информацию как о разговорных испытаниях, так и об испытаниях прослушиванием можно найти в [22], а также в Дополнении № 2.

2.4 *Краткое описание модели*

Для модели требуются следующие входные данные:

1) общие амплитудно-частотные характеристики каждого тракта передачи (от рта говорящего до уха слушающего через соединение) и тракта местного эффекта (от рта каждого говорящего до его собственного уха). Эти характеристики могут быть измерены способом, описанным в Рекомендации P.64, или же вычислены, как описывается в [17];

2) спектр и уровень шума у уха каждого слушающего, составленные из шума, возникающего в канале, шума помещения, достигающего уха слушающего непосредственно, и шума помещения, достигающего уха слушающего через тракт местного эффекта. При отсутствии данных конкретных измерений берутся стандартные уровни и спектры шума, например шум помещения со спектром Хота и уровнем 50 дБа, шум канала с частотно-ограниченным спектром и псофометрически взвешенным уровнем;

3) усредненный спектр речи и средний порог слышимости в соответствии с примером, описанным в [23].

На основе этих данных вычисляются показатели громкости. При фиксированном уровне речи для каждого участника разговора определяются величина Y_{LE} и предварительное значение Y_C. Зависимости между Y_C и речевым уровнем на каждом конце используются далее для уточнения двух этих параметров, так что окончательная оценка представляет характеристики при реальных разговорных уровнях речи.

2.5 *Определение громкости и показателей громкости*

Работа модели начинается с установки уровня речи каждого из говорящих равным определенному стандартному значению и последующего вычисления результирующих спектра и уровня как речи, так и шума, достигших уха каждого из слушающих. Громкость принятой речи вычисляется как функция интегральных уровней сигнала, шума и порога слышимости по диапазону частот, охватывающему обычно частоты от 179 до 4472 Гц (14 полос, самая нижняя с центром на частоте 200 Гц, а самая верхняя – на частоте 4000 Гц). Громкость речи, обусловленной местным эффектом, подсчитывается аналогично, но с учетом дополнительного маскирующего эффекта речи, достигающей уха слушателя естественным путем (по воздуху и за счет прохождения звука по костям). Путем сравнения с громкостью речи, переданной через IRS (промежуточная эталонная система), оцениваются показатели громкости для различных путей прохождения сигнала: SLR, RLR и STMR для каждого конца и OLR для каждого направления.

Этот способ описан в [24], поэтому здесь подробно не рассматривается. Часть модели, относящаяся к определению громкости, важна сама по себе (см., например, изучение Вопроса 19/XII [25]), однако не очень тесно связана с остальной частью модели. Выдаваемые программой оценки показателей громкости вычислены в соответствии с Рекомендацией P.79; кроме того, подсчитывается и ряд показателей громкости в соответствии с ранее использовавшимся методом [26]; эти показатели используются для последующих вычислений.

2.6 *Вычисление оценки усилий слушающего*

Данная часть модели должна воспроизводить результаты, полученные в ходе испытания на основе мнения слушающего.

Оказалось возможным оценивать величину Y_{LE} способом, подобным хорошо известным методам оценки громкости и разборчивости. Сначала вычисляется промежуточная величина – показатель мнения слушающего (LOI). Каждый элементарный участок (полоса) частотного диапазона вносит свой вклад в LOI, пропорциональный произведению $B'_f P(Z_f)$, где B'_f – весовой частотно-зависимый коэффициент, показывающий относительную значимость этой полосы для разборчивого восприятия

передаваемой речи без усилий для слушающего, а P– возрастающая функция уровня восприятия Z (который был определен при расчете громкости). Фактические значения весового коэффициента несколько отличаются от значений, используемых при расчете громкости и разборчивости речи; значения возрастающей функции лежат в пределах от 0 до 1, как и при оценке разборчивости речи, однако функция имеет вид:

$$P(Z) = 10^{\frac{Z + 3,8}{10}}, \text{ если } Z < -11,$$

$$P(Z) = 1 - 10^{\frac{-0,3\,(Z + 14)}{10}} \text{ в противном случае.}$$

Величина LOI пропорциональна $\int B'_f P(Z_f)\,\mathrm{d}f$, однако на практике интеграл заменяется суммой по всем элементарным полосам частотного диапазона (обычно 14), для каждой из которых величины Z_f и B'_f представлены константами, так же, как при оценке громкости. Используемая при этом формула имеет вид:

$$\mathrm{LOI} = AD \sum_i B'_i P(Z_i),$$

где

B'_i – весовой коэффициент i-й частотной полосы (соответствующая диаграмма показана на рис. 2-1);

Z_i – среднее значение Z для i-й частотной полосы;

P – соответствующая возрастающая функция (изображена на рис. 2-2);

A – коэффициент, зависящий от уровня речи на приеме, имеющий значение, равное 1 для узкого диапазона уровней, близких к оптимальному, однако быстро уменьшающийся за пределами этого диапазона (см. рис. 2-3, на котором нулевая абсцисса соответствует теперь уровню OLR = 8 дБ (Рекомендация P.XXE [20]) вместо ранее использовавшегося значения 4 дБ);

D – коэффициент, зависящий от уровня шума на приеме (ICN-RLR), причем значение коэффициента медленно убывает от 1 при незначительном уровне шумов до 0 при очень высоких уровнях шумов (см. рис. 2-4).

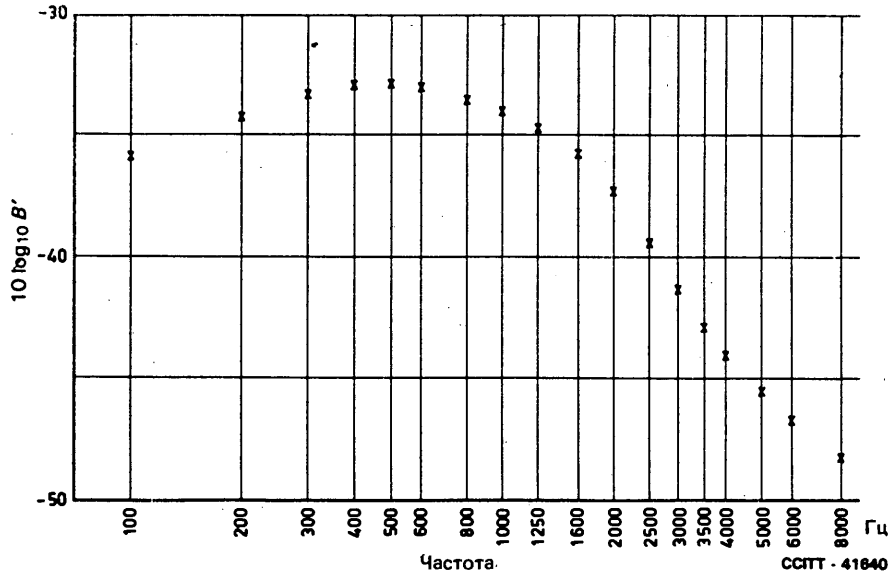


РИСУНОК 2-1

Зависимость весового коэффициента B' показателя мнения слушающего от частоты

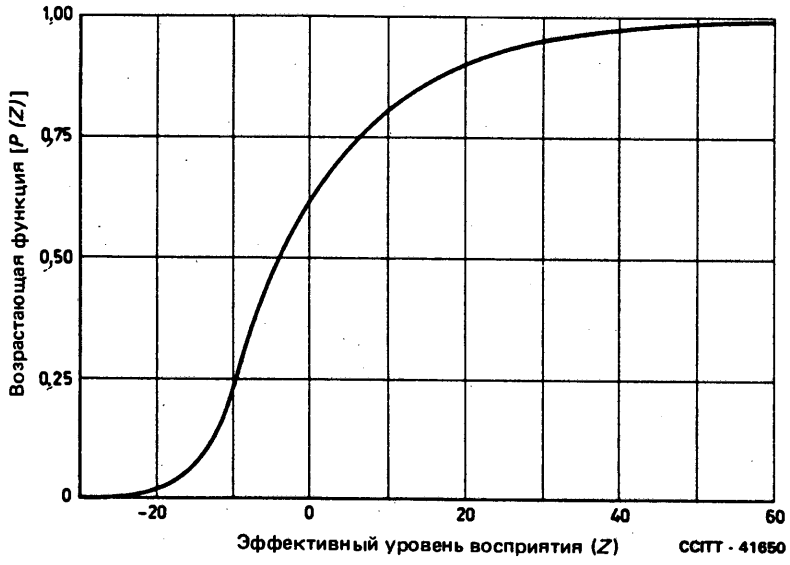


РИСУНОК 2-2

Возрастающая функция $P(Z)$

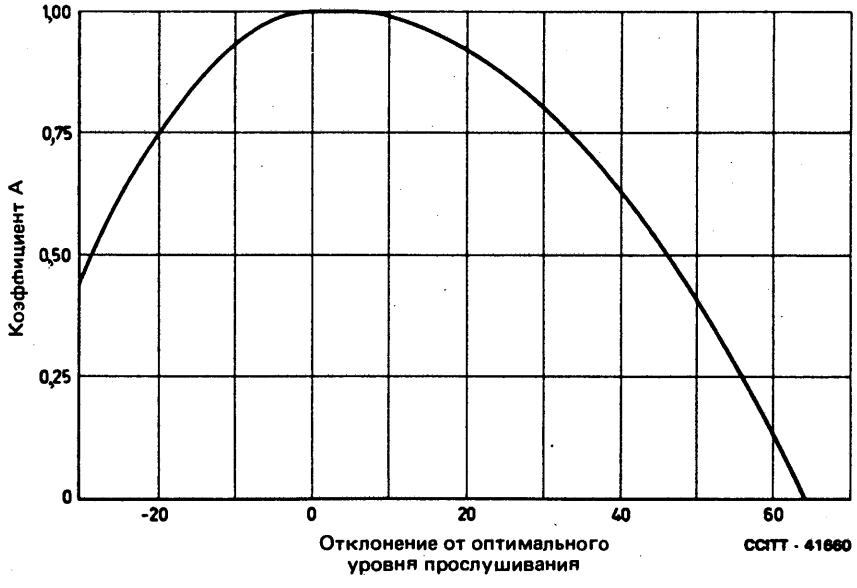


РИСУНОК 2-3

Влияние уровня прослушивания на показатель мнения слушающего

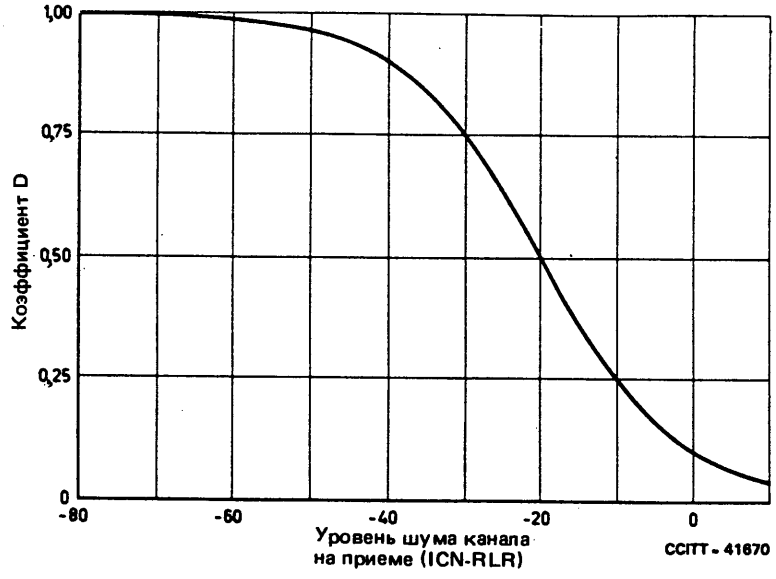


РИСУНОК 2-4

Влияние уровня шума на приеме на показатель мнения слушающего

Таким образом, максимальное значение, равное единице, LOI получает только при принимаемом широкополосном речевом сигнале без шумов и искажений, имеющем оптимальный уровень прослушивания.

Величина показателя мнения слушающего соотносится с Y_{LE} в зависимости от стандартов передачи, к которым абонент привык в последнее время. Установлено, что на уровень субъективной оценки влияет главным образом наилучшее состояние канала, имевшее место в текущем испытании, или, в условиях реальных соединений, – существующее в обычных условиях качество наилучших из них. Например, состояние канала, оцениваемое примерно в 4 балла, в испытании, где оно было наилучшим, было бы оценено, возможно, только в 3 балла, если бы в это же испытание был включен сеанс с практически идеальным состоянием канала и около 3,5 балла, если бы условия наилучшего сеанса в этом эксперименте соответствовали характеристикам наилучшего соединения, которое, как правило, достижимо в системе "Бритиш Телеком". Для учета этого эффекта введен параметр LOI_{LIM}, определяющий величину LOI, соответствующую максимуму Y_{LE}; обычно при оценке качества передачи в сопоставлении с сетью "Бритиш Телеком" значение этого параметра устанавливается равным 0,885. В общем виде выражение имеет вид:

$$\ln\left(\frac{Y_{LE}}{4-Y_{LE}}\right) = 1{,}465\left[\ln\left(\frac{LOI}{LOI_{LIM}-LOI}\right) - 0{,}75\right],$$

что отражено на рис. 2-5. Таким образом, получаем для каждого из участников оценку Y_{LE}, выраженную в виде функции от уровня прослушивания – в частности, при уровне прослушивания, установленном для каждого участника, когда другой участник говорит с эталонным голосовым уровнем (RVL), определенным в [27].

2.7 *Вычисление оценки мнения о качестве двустороннего разговора*

Для преобразования значения Y_{LE} при соответствующем уровне прослушивания в величину оценки мнения о качестве двустороннего разговора (Y_C) необходимо учесть отклонения среднего голосового уровня от *RVL*.

Символ V_L используется для обозначения электрического уровня сигнала речи в дБВ на выходе передающей части канала, когда уровень акустического сигнала на входе (в эталонной точке рта) равен RVL. Во время разговора в этом же месте обычно будет превалировать иной уровень (V_C), поскольку участники стремятся повысить голос, если слышимая по телефону речь слаба или имеет плохое качество, и понизить голос, если слышимая речь имеет высокий уровень. Другими словами, V_C на конце *A* зависит от Y_{LE} на конце *A*, который зависит от V_C на конце *B*, который зависит от Y_{LE} на конце *B*, который, в свою очередь, зависит от V_C на конце *A*. Таким образом, наблюдается кольцевая зависимость, или эффект обратной связи.

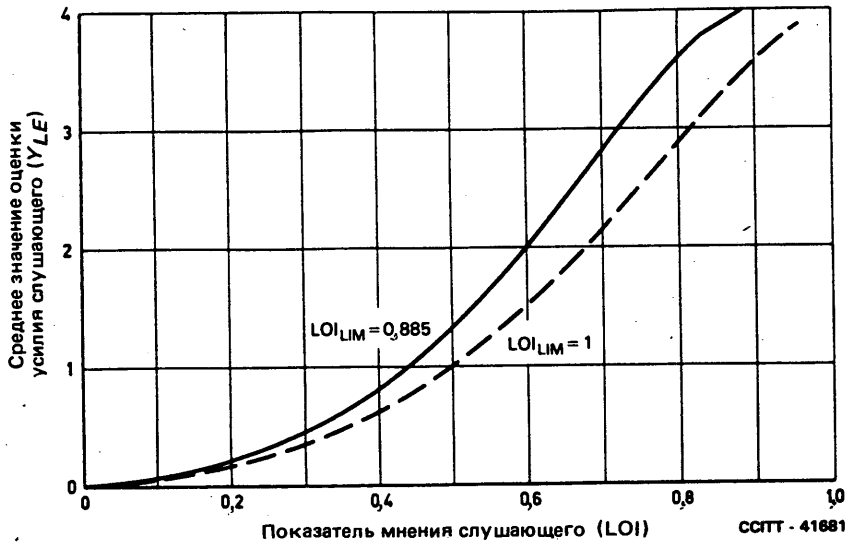


РИСУНОК 2-5

Оценка мнения при прослушивании как функция показателя мнения слушающего

Тракты местного эффекта усложняют модель при STMR < 13 дБ (помимо вклада шума помещения на приемном конце, что уже объяснялось). При прочих равных условиях уровень речи говорящего снижается почти на 1 дБ при каждом снижении уровня STMR на 3 дБ, когда STMR < 13 дБ, что, конечно, приводит, в свою очередь, к изменению оценок мнения и уровней речи на обоих концах соединения за счет эффекта обратной связи.

Кроме того, очень высокие уровни местного эффекта сами по себе являются неприятными, особенно если качество соединения низкое из-за действия других факторов.

Эта сложная взаимозависимость достаточно хорошо описывается следующими уравнениями, где Y_C является промежуточной величиной, смысл которой поясняется ниже.

$$\ln\left(\frac{Y'_C}{4-Y'_C}\right) = 0{,}7\left[\ln\left(\frac{Y_{LE}}{4-Y_{LE}}\right) + 0{,}5 - \frac{K(13-STMR)}{20} \times \left(\frac{4-Y_{LE}}{Y_{LE}}\right)^2\right]; \quad (2\text{-}1)$$

$$V_C - V_L = 4{,}0 - 2{,}1Y'_C - 0{,}3K(13-STMR); \quad (2\text{-}2)$$

$$\ln\left(\frac{Y_C}{4-Y_C}\right) = 0{,}8451\ln\left(\frac{Y'_C}{4-Y'_C}\right) - 0{,}2727, \quad (2\text{-}3)$$

где

K = 1, если STMR < 13,

K = 0 в противном случае.

Путем подстановки в уравнение (2-1) значения Y_{LE} для конца A, для чего на конце B нужно принять $V_C = V_L$, получим первую аппроксимацию величины Y'_C, а затем из уравнения (2-2) – аппроксимацию величины V_C на конце A. Предыдущие вычисления повторяются с этим значением уровня речи для определения нового значения Y_{LE} на конце B, а следовательно, и аппроксимаций Y'_C и V_C на конце B. Этот процесс циклически повторяется до тех пор, пока каждое из значений Y'_C не достигнет устойчивого значения, после чего уравнения (2-1) и (2-2) одновременно удовлетворяются.

На рис. 2-6 показан вид результирующей зависимости между Y_{LE} и Y'_C при двух различных значениях STMR и соответствующем значении V_C. С промежуточным результатом Y'_C затем проводится преобразование [уравнение (2-3)], представленное графиком на рис. 2-7, дающее оценку мнения о качестве двустороннего разговора Y_c, изображенную в виде функции от Y_{LE} на рис. 2-8.

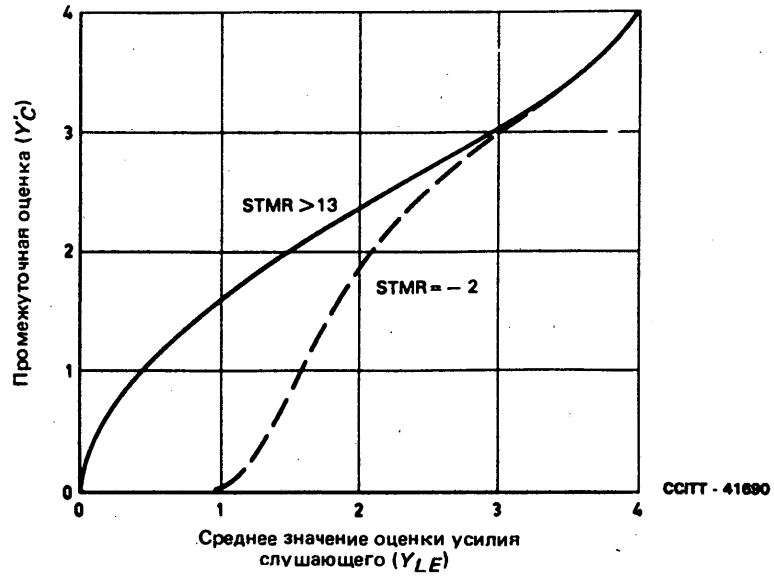


РИСУНОК 2-6

Промежуточная оценка как функция оценки мнения слушающего

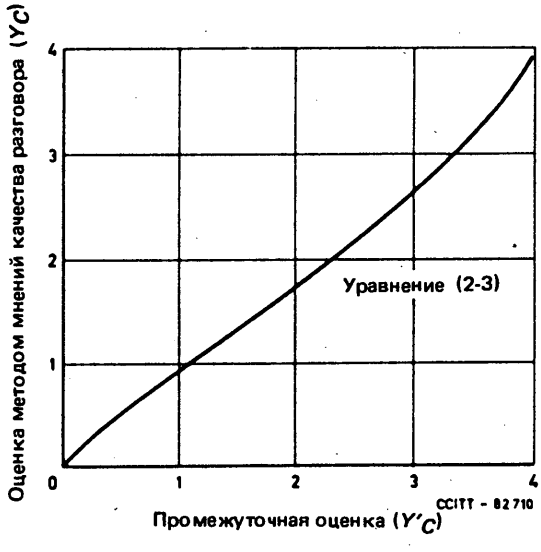


РИСУНОК 2-7

Оценка качества двустороннего разговора как функция промежуточной оценки

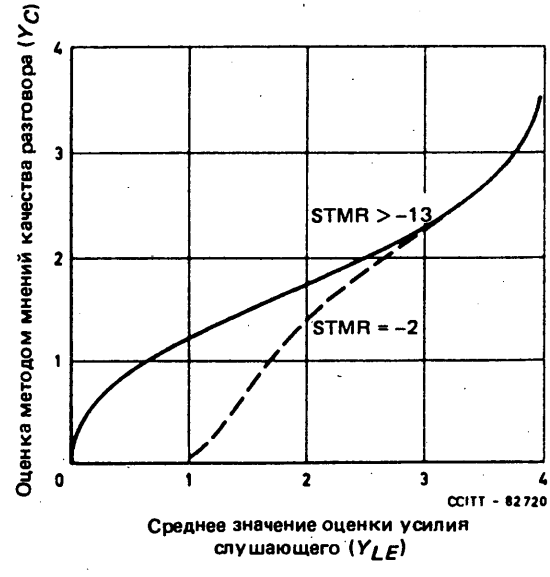


РИСУНОК 2-8

Оценка качества двустороннего разговора как функция оценки мнения слушающего

2.8 *Оценка других субъективных измерений характеристик*

Была выведена зависимость между различными дихотомиями шкалы оценок, например относительным числом мнений с оценкой, превышающей 2 (то есть мнений с оценками "отлично" и "хорошо") и процентом положительных ответов на вопрос о "трудностях" (Дополнение № 2).

Так, например, процент положительных ответов на вопрос о трудностях представляется уравнением:

$$\ln\left(\frac{D}{1-D}\right) = -2{,}3\ln\left(\frac{Y_C}{4-Y_C}\right),$$

где

$$D \times 100 = \%D.$$

Однако эти соотношения являются удовлетворительными только для определенных видов ухудшения и пока еще изучаются.

2.9 *Связь между расчетными и экспериментальными значениями*

Для симметричных соединений, при исключении очень высоких уровней местного эффекта и шума помещения, модель достаточно хорошо воспроизводит результаты лабораторных разговорных испытаний, проведенных в Соединенном Королевстве. В самых последних лабораторных испытаниях наблюдалась тенденция к некоторому снижению уровней речи и, следовательно, субъективных оценок мнения по сравнению с отмеченными ранее, однако это не сильно повлияло на соотношения между параметрами канала. Считается (но еще не окончательно доказано), что для других групп пользователей сохраняются приблизительно те же соотношения между величинами, в частности для группы обычных абонентов "Бритиш Телеком", хотя абсолютные значения оценок, полученные в другой группе или по другой экспериментальной методике, могут отличаться.

Несмотря на то что для асимметричных соединений получено сравнительно мало результатов экспериментальных исследований, имеющиеся данные показывают, что модель дает слишком большое расхождение между двумя концами соединения, особенно в отношении V_C и в меньшей степени для Y_C. Предполагается для сокращения расхождения между двумя значениями V_C учесть влияние обратной связи, однако нужно при этом не уменьшить (в результате внесенных изменений) слишком сильно расхождение между Y_C. В теоретическом примере 4 (Приложение А) приводится описание расчетов, выполненных с помощью программы CATNAP для набора соединений с асимметричными искажениями: сравните данные моделирования с данными указанного в Приложении источника [30].

Прогнозы Y_C и V_C, полученные с помощью программ CATNAP и CATNAP83, были сопоставлены с результатами ряда разговорных испытаний, осуществленных в Соединенном Королевстве с 1976 года. Сопоставительные данные сведены в таблицу 2-1.

ТАБЛИЦА 2-1

Сравнение наблюдаемых (О) и прогнозируемых (Р) данных для двух моделей

Программа	Тип соединения	Число соединений	Отклонение (О – Р)			
			Среднее значение		Среднеквадратическое отклонение	
			V_C	Y_C	V_C	Y_C
CATNAP	Только симметричный	680	–0,8	–0,29	4,1	0,41
CATNAP	Симметричный и асимметричный	883	–1,0	–0,22	3,8	0,38
CATNAP83	Только симметричный	680	–0,2	–0,02	4,0	0,26
CATNAP83	Симметричный и асимметричный	883	–0,4	+0,14	3,8	0,44

Как видно из таблицы, улучшение параметра Y_C, как это предсказывалось для симметричного соединения, было достигнуто за счет небольшого увеличения среднеквадратического отклонения Y_C при добавлении асимметричных соединений. Однако в связи с дополнительными изменениями модели, которые, как ожидается, потребуются для более точного предсказания характеристик асимметричных соединений, в настоящее время вполне допустимо руководствоваться в основном результатами для симметричных соединений.

2.10 *Введение разных ухудшений*

2.10.1 *Искажения квантования импульсно-кодовой модуляции*

В [28] описывается метод обработки влияния искажений квантования в системах ИКМ. Установлено, что величина Q, характеризующая эффективное отношение речь/шум квантования в дБ, может быть вычислена для любого типа систем ИКМ в виде функции входного уровня речи. Было также установлено, что субъективный эффект при заданном значении Q может быть приближенно представлен в виде непрерывного шума канала, уровень которого на G дБ ниже уровня сигнала речи и описывается выражением:

$$G = 1{,}07 + 0{,}285Q + 0{,}0602Q^2.$$

Таким образом, для соединения, в котором участвуют линии с ИКМ, в итеративный процесс определения V_C необходимо включить оценку эквивалентного уровня шума: каждая последовательная аппроксимация V_C дает новое значение Q, а следовательно, и новое значение G, что приводит к необходимости при подсчете нового значения Y_{LE} учесть новое значение вклада этого фактора в уровень шума канала. На практике эти изменения дают незначительный эффект, если только уровень речи на входе системы с импульсно-кодовой модуляцией не снижается ниже величины приблизительно в –25 дБВ или же уровень шума канала в этой же точке не очень велик, или же не происходит заметного ограничения пиковых сигналов при высоком уровне входного сигнала речи (например, при уровне > –5 дБВ).

2.10.2 *Компандирование речи*

В случае компандирования речи в отношении 2:1 влияние компандера может быть достаточно просто оценено путем определения субъективно эквивалентного уровня равномерного шума.

Предположим, что S – уровень речи на входе компрессора, N – уровень шума (псофометрически взвешенный), возникающего между компрессором и экспандером, причем оба уровня измерены в дБ относительно неизменного уровня. Уровни результирующих сигналов на выходе экспандера представлены в таблице 2-2.

ТАБЛИЦА 2-2

	Речь	Шум при наличии речи	Шум при отсутствии речи
Уровень на входе компрессора	S	–	–
Усиление компрессора (дБ)	$-S/2$	–	–
Уровень на выходе компрессора и входе экспандера	$S/2$	N	N
Усиление экспандера (дБ)	$S/2$	$S/2$	N
Уровень на выходе экспандера	S	$N+S/2$	$2N$
Уровень в той же точке при отсутствии компандера	S	N	N
Улучшение	–	$-S/2$	$-N$

Следует отметить, что обычно уровни S и N отрицательны, так что величина улучшения является положительной. Любой шум, присутствующий на входе компрессора, будет представлен на выходе экспандера с тем же уровнем и будет складываться по мощности с другим шумом, присутствующим в этой же точке.

Субъективная оценка может быть получена путем замены компандера эквивалентным уровнем непрерывного шума, удовлетворяющим условию:

$$\text{Общее улучшение} = 1/3\ (\text{улучшение при наличии речи}) + 2/3\ (\text{улучшение при отсутствии речи}) = -S/6 - 2N/3.$$

Отсюда:

$$\text{эквивалентный уровень шума} = N - \text{улучшение} = N + S/6 + 2N/3 = S/6 + 5N/3.$$

Этот уровень шума при каждой итерации определяется на основе значения величины V_C и используется для расчета следующего значения Y_{LE}.

2.10.3 *Задержка и эхо*

Слышимость и неприятность эха могут быть выражены в виде довольно простой функции величин задержки и показателя громкости тракта эха, однако более общее влияние эха и задержки сигнала в основном канале на нарушение разговора в настоящее время может быть оценено только путем специального исследования известных характеристик канала в соседних частях частотного диапазона. Предпринимаются шаги по расширению модели в этом направлении, при этом учитываются также взаимодействия задержки и эха с местным эффектом и нелинейными искажениями.

2.10.4 *Переходный разговор*

Часть модели, относящаяся к оценке громкости, может быть использована для оценки слышимости переходного разговора при различных уровнях ослабления и, следовательно, для подбора величины ослабления сигнала до уровня, при котором переходный разговор становится неслышимым или его слышимость является приемлемой.

2.11 *Практическое использование модели*

На научном или исследовательском уровне основным назначением модели подобного рода является содействие пониманию фундаментальных основ связи между людьми и поиску возможных усовершенствований в технике связи.

На практическом уровне основное преимущество наличия подобной модели состоит в том, что она представляет знания о функционировании телефонного соединения в очень компактном виде, устраняя необходимость в больших и сложных таблицах и графиках. Для соединений, содержащих только "естественные" ухудшения, программа CATNAP значительно облегчает повседневное применение модели. Пользователю программы нет нужды знать теоретические положения, лежащие за пределами значений используемых терминов и символов, и, как правило, ему нет необходимости проводить какие-либо специальные измерения. Соединения описываются стандартными терминами и величинами, такими, например, как уровни шумов, телефонные аппараты конкретных типов, длины кабелей с установленными значениями сопротивления и емкости на километр, а также делители с установленными значениями затуханий. Используя в качестве начальных значений эти данные, программа выполняет все необходимые вычисления и распечатывает показатели громкости, уровни речи и оценки мнений (Y_{LE} и Y_C). По запросу могут быть распечатаны дополнительные данные.

Конечно, с ее помощью можно построить большую таблицу результатов, охватывающую широкий спектр соединений, однако такая таблица будет слишком велика, чтобы ее можно было использовать на практике, либо будет ограничена в связи с необходимостью задания фиксированных значений многих из переменных. В любом случае преимущество модели – хранение информации в экономичном кодированном виде и выдача по запросу только необходимой части этой информации – будет утрачено.

Программа CATNAP может также использоваться для решения обратной задачи. Предположим, нужно узнать, при каком значении некоторой переменной, описывающей соединение (независимой переменной), получается заданное значение одной из зависимых переменных. Выполнив ряд прогонов программы с различными значениями независимой переменной, определим область, в которой находится требуемое значение; затем, повторяя вычисления с меньшими интервалами изменения независимой переменной, определим ее значение с заданной точностью. Например, если все характеристики, за исключением кабеля местной линии, имеют фиксированные значения, можно определить длину кабеля (для заданного типа кабеля), при которой значение OLR будет ниже конкретного заданного максимума, или же значение Y_C – выше конкретного заданного минимума. Конечно, может подбираться более одной независимой переменной, но при этом нужно выполнить больше работы по поиску комбинации, удовлетворяющей заданному критерию.

Полезность этих возможностей модели очевидна.

3 Вычисление характеристик передачи на основе объективных измерений с помощью метода информационного показателя (Вклад Франции)

3.1 *Введение: тип модели*

Теория информационного показателя представлена в [31]. Эта величина может быть вычислена на основе результатов объективных измерений и некоторых фундаментальных данных о речи и слухе. Среди факторов, перечисленных в Вопросе 7/XII [32], теория учитывает затухание передачи, шум канала, шум помещения, амплитудно-частотные искажения, местный эффект и различные искажения, возникающие при цифровой передаче (Вопрос 18/XII). Влияние других видов нелинейных искажений изучается.

Используемая модель принадлежит ко второму типу, описанному в [33] и § 2.1 данного Дополнения, поскольку она отражает причинно-следственные связи между входом (характеристики рассматриваемого соединения, акустические характеристики окружающей среды, характеристики громкости речи и слуха) и выходом (информация, передаваемая между говорящим и слушающим). В данном разделе дается лишь описание практического способа вычисления информационного показателя. Как показано в [31], а также в таблицах 3-4 и 3-7, ниже, вычисленные таким образом значения сильно коррелируют с результатами исследований субъективной оценки, проведенных в нескольких странах.

3.2 *Применение при цифровой передаче*

3.2.1 *Определения*

В таблице 3-1 даются определения различных используемых отношений сигнал/шум (в дБ).

ТАБЛИЦА 3-1

Обозначения		Определения
См. Примечание 1	См. Примечание 2	
Q_M	Q, Q_j	Отношение сигнал/шум поддерживается постоянным с помощью эталонного устройства модулированного шума MNRU
Q_{seg}	Q_s	Отношение сигнал/шум или сигнал/искажение (в дБ), измеренное для отрезка времени (среднее значение величины отношения, измеренное на интервале в 16 или 32 мс)
Q_p		Отношение (в дБ) средней мощности сигнала к средней мощности шума или мощности искажения для шума, коррелированного с речью

Примечание 1. — В передаваемой полосе частот.
Примечание 2. — На частоте f_j.

Предположим, что s —первоначальный речевой сигнал, а r — реконструированный сигнал, тогда:

$$Q_p = 10 \log_{10}\left[\Sigma s^2/\Sigma (s-r)^2\right] \text{ дБ.} \tag{3-1}$$

Если суммирование выполнить по всему интервалу произнесения речи, Q_p не даст удовлетворительного критерия качества; для частоты дискретизации 8 кГц имеем:

$$Q_{seg} = \frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} 10 \log_{10} \frac{\sum_{j=1}^{128} s^2(j + 128m)}{\sum_{j=1}^{128} [s(j + 128m) - r(j + 128m)]^2} \text{ дБ,} \tag{3-2}$$

где M — число отрезков длительностью 16 мс.

Для определения Q_s спектры сигнала s и искажения $(s - r)$ вычисляются для 256 дискрет длительностью 32 мс и разделяются между соответствующими частотными полосами. Затем для каждой полосы вычисляется сегментное отношение сигнал–искажение.

3.2.2 *Основные формулы*

Информационный показатель I_I (в дБ), определенный в [31], представляется как:

$$I_I = \sum_j B_j \times V_j \tag{3-3}$$

при

$$V_j = \frac{3}{0{,}10 + 10^{-(Q_j + C_j)/10}} \; . \tag{3-4}$$

B_j – весовой коэффициент частотной полосы j; $C_j = 10 \log_{10} (f_j / \Delta f_c)$, Δf_c – нормированная ширина полосы.

В таблице 3-2 представлены значения B_j и C_j для частотных полос, используемых в примере, описанном в § 3.2.4; они воспроизведены в строках 70 и 80 Приложения I. В строках 180–370 Приложения II в графах BJ и CJ даны значения частот от 0,1 до 8 кГц (разнесенные на 1/3 октавы), рекомендуемые ISO.

ТАБЛИЦА 3-2

Весовые коэффициенты частот

j	Граничные частоты (Гц) частотных полос с равной разборчивостью		$B_j \times 10^5$	C_j (дБ)
1	200	330	5 457	4,1
2	330	430	4 733	5,6
3	430	560	6 682	6,4
4	560	700	7 497	6,9
5	700	840	6 546	7,4
6	840	1 000	6 622	7,8
7	1 000	1 150	5 585	8,0
8	1 150	1 310	5 400	8,0
9	1 310	1 480	5 273	8,2
10	1 480	1 660	5 117	8,2
11	1 660	1 830	4 517	8,2
12	1 830	2 020	4 706	8,2
13	2 020	2 240	5 073	8,2
14	2 240	2 500	5 561	8,2
15	2 500	2 820	6 310	8,2
16	2 820	3 200	6 886	8,1
	ВСЕГО		102 158	

3.2.3 *Связи между отношениями сигнал–шум при цифровой передаче*

В случае использования MNRU с равномерным или имеющим определенную форму спектром шума, что определяется собственно принципом работы MNRU, $Q_s = Q_j$, и если известно Q_s для каждой из частотных полос, можно использовать непосредственно уравнение (3-4).

Для цифровых кодеров используется равносильная расчетная формула, приведенная в строках 150–170 Приложения I. Эта формула содержит два параметра K_1 и $d = Q_{seg} - Q_p$. Вычисления показали, что указанная расчетная формула действует как для импульсно-кодовой модуляции ($K_1 = 5{,}2$; $d = 0$), так и для естественной речи ($K_1 = 5{,}2$; $d = -5{,}3$) [31]. Пример из § 3.2.4 показывает, что расчетная формула дает согласующиеся результаты для различных типов кодеров.

3.2.4 *Программа и пример ее применения*

Используемая программа приведена в Приложении I.

В таблице 3-3 даются результаты измерений определенных выше отношений сигнал–шум для MNRU и различных кодеков, а также значения информационного показателя, вычисленные на основе этих измерений, и значения средних оценок мнения при прослушивании (MOS), полученные в лаборатории CNET [34].

В таблице 3-4 показана корреляция этих оценок MOS с информационным показателем (см. таблицу 3-3) и другими предлагаемыми методами объективной оценки качества связи.

3.3 *Применение при аналоговой передаче*

3.3.1 *Общие сведения; применение программы*

Вычисление информационного показателя при аналоговой передаче поясняется на примере программы, текст которой приведен в Приложении II. Эта программа используется для соединения, состоящего из двух телефонных аппаратов типа NTT 600 (с выделенной абонентной линией с затуханием 7 дБ), одного фильтра SRAEN и переменного затухания. Написание соответствующей программы для других типов соединений рассматривается в § 3.4.

Программа работает следующим образом:

a) введите значения RN, STMR, ICN_0, как это определено в строках 30–60 программы, нажмите на клавиатуре "L", введите значение OLR; прочтите значение IN = информационному показателю (при прослушивании);

b) если требуется значение I_c [5)] (информационный показатель при разговоре), нажмите "C", прочтите IN = I_c;

c) нажмите "T".

3.3.2 *Данные*

Строки 170–370 текста программы.

Данные в строках 180–370 соответствуют частотам, размещенным в третьоктавных полосах от 0,1 до 8 кГц.

3.3.2.1 *Основные данные*

Эти данные не зависят от типа используемого телефонного аппарата.

BK = Порог слышимости для звуковых сигналов с равномерным спектром (L_s в [31]), отнесенный к эталонной точке уха.

S = Плотность спектра (средняя интенсивность за продолжительное время) речи, отнесенная к эталонной точке рта; S + 0,4 дБ соответствует уровню речи –4,7 дБ/1 Па.

BJ = Взвешивание по частоте (см. [31]).

CJ = Поправочный член в формуле (3-4) для V_j.

3.3.2.2 *Электроакустические характеристики*

Эти характеристики зависят от вида рассматриваемого соединения.

SRL = Затухание (передача + прием) местной системы;

D1 = Затухание линейного фильтра.

---

5) См. таблицу 3-5.

ТАБЛИЦА 3-3

Примеры измеренных значений Q (дБ) и вычисленных значений I_I

Система		MOS (0-4)	По всей полосе		Q_s для полосы №																I_I (дБ)
			Q_p	Q_{seg}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
MNRU	15 дБ	1,19	15	14,9	20,1	27,9	15,3	11,5	8,1	5,5	3,3	1,7	2,2	1,9	0,9	0,5	0,3	0,6	0,4	−0,6	17,1
	20	1,84	20	19,8	25,1	23	20,3	16,6	13,2	10,6	8,3	6,8	7,2	6,9	5,9	5,4	5,3	5,6	5,4	4,4	22,5
	25	2,44	25	24,9	30,4	28,5	25,6	21,3	17,5	15	12,6	10,8	11,4	11,1	10,1	9,6	9,5	9,8	9,4	8,2	25,2
	30	2,81	30	29,9	35,6	33,5	30,4	26,2	22,2	19,6	17,3	15,5	16,1	15,9	14,9	14,4	14,2	14,6	14,2	13	26,7
MNRUS	15	2,22	15,1	15,4	13,6	13,8	13,1	10,8	8,8	7,7	6,6	6	7,7	8,2	7,9	8,2	8,7	9,7	10,1	9,7	22,8
	20	2,59	20,1	20,4	18,6	18,9	18,1	15,7	13,6	12,5	11,5	10,8	12,5	13,1	12,8	13	13,6	14,7	15	14,6	25,8
	25	3,25	25,1	25,4	23,9	24,2	23,2	20,8	18,6	17,3	16,4	15,7	17,3	17,9	17,7	17,9	18,4	19,4	19,8	19,1	27,0
	30	3,31	30,1	30,4	29,1	29,3	28,2	25,8	23,4	22,2	21,2	20,5	22,1	22,8	22,5	22,7	23,1	24,1	24,5	23,9	27,4
F	16 кбит/с	0,81	14,2	11,4	15,2	13,5	10,8	7,3	4,1	1,7	−0,9	−2,1	−1,5	−1,9	−2,8	−3,3	−3,2	−2,5	−2,5	−2,7	16,6
	24	1,59	20	17,7	21,7	19,8	17,4	13,9	10,6	8,1	5,9	4,7	5	4,5	3,8	3,5	3,1	3,6	3,4	2,8	23,4
	32	2,59	25,2	22,8	27,1	25,4	22,6	19,2	16	13,7	11,4	10	10,3	9,8	9	8,6	8,4	8,8	8,5	7,9	26,0
V	16 кбит/с	2,03	12,8	14,5	16,2	14,2	11,9	8,6	6,1	4,2	2,5	1,9	2,6	2,2	2,1	2	2,4	2,8	2,9	2,8	24,3
	24	3,06	19,7	21,8	25,1	23,2	20,6	17	14,1	11,8	9,3	8,2	8,8	8,3	7,3	7,1	7	7,7	7,7	7,2	26,7
	32	3,28	25,7	28,3	32,1	30,1	27,6	24	20,5	18,3	15,6	14,4	14,8	14,3	13,3	13,1	12,8	13,3	13,2	12,3	27,4
SB	24 кбит/с	2,84	17,1	15	16,7	14,7	13	16,7	15,3	13,4	12,9	14,8	14,9	12,4	11,7	11,3	11,3	11,6	7,4	6,3	26,2
	32	3,22	20,4	19,4	22,1	20	18,4	21,9	20,3	18,5	17,1	19,6	20	20,2	19,9	17,3	16,7	16,4	12,7	11,4	27,2

MNRU = эталонное устройство модулированного шума

MNRUS = MNRU со спектром шума определенной формы

F = АДИКМ с фиксированным предиктором

V = АДИКМ с адаптивным предиктором

SB = в субполосе кодирования

ТАБЛИЦА 3-4

Корреляция между оценками MOS и различными объективными измерениями качества передачи при цифровой передаче

Объективные способы измерения (см. Примечание)	Системы									
	Группа B ИКМ, ADM, АДИКМ-F		Группа A то же, что B + АТС АРС – АВ		Группа F АДИКМ-F, АДИКМ-V		Группа E то же, что F + кодирование в субполосе		Группа D то же, что E + MNRU, с равномерным спектром шума, MNRU со специальной формой спектра шума	
	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S
Q_p (SNR)	0,798	0,578	0,803	0,559	0,687	0,680	0,590	0,711	0,650	
Q_{seg} (SNR seg)	0,950	0,301	0,894	0,430	0,906	0,396	0,725	0,606	0,720	
"Почти логарифмическая функция"	0,943	0,213	0,924	0,341						
Расстояние Сепштраля	0,954	0,208	0,929	0,331						
SRNF									0,884	
Информационный показатель					0,994	0,101	0,993	0,102	0,976	0,175

Примечание. – Обозначения в соответствии с таблицей 3-1; см. также Вклад ИК XII-№ 8 (Исследовательский период 1985–1988 гг.).

SNRF = Q_s при взвешенных частотах

R = коэффициент корреляции

S = стандартное отклонение (при шкале MOS от 0 до 4 или от 1 до 5)

3.3.2.3 *Составляющие шума*

Рассматриваются следующие компоненты (зависящие от соединения):

BDFE = спектр шума помещения на дальнем конце, поступающий через телефонный аппарат, находящийся на дальнем конце;

BDCN = спектр шума канала;

BDST = спектр шума помещения на ближнем конце, поступающий через тракт местного эффекта;

BDEL = спектр шума помещения на ближнем конце, поступающий через зазор между телефоном микротелефонной трубки и ухом.

Данные, содержащиеся в строках 180–370 программы, соответствуют типичному соединению. К этим данным относятся:

FE = BDFE, вычисленный при уровне шума помещения RN = 50 дБА и общем показателе громкости (OLR), равном, в соответствии с Рекомендацией P.79, 5 дБ;

CN = BDCN, вычисленный при ICN = –60 дБмп;

ST = BDST, вычисленный при RN = 50 дБА и STMR = 15 дБ;

EL = BDEL, вычисленный при RN = 50 дБА.

Вычисления проводились [35] на основе частотных характеристик, приведенных в [36], методом, подобным тому, который использовался для получения таблицы 3 из таблицы 2 в [33].

3.3.3 *Вычисление отношений сигнал–шум*

3.3.3.1 *Уровень сигнала*

В первую очередь корректируется величина OLR, если она меньше оптимального значения (см. Приложение II, строки 100–160). Это оптимальное значение определяется подпрограммой (строки 720–810), которая выполнена на основе формул из [38] и адаптирована к результатам субъективных испытаний по методу мнений, опубликованным в [36].

3.3.3.2 *Отношение сигнал–шум* (строки 425–440)

Отношение сигнал–шум Z_n получается на основе суммирования по мощности всех составляющих шума.

3.3.3.3 *Пороговый эффект* (строки 450–480)

Вычисляется Z_a (см. [31]), из которого выводится эквивалентное отношение сигнал–шум Z_e. Результирующее значение Z получается путем суммирования по мощности составляющих шума, соответствующих Z_n и Z_e.

3.3.4 *Информационный показатель для постоянного уровня речевого сигнала, I_L.*

Эквивалентность между Z и Q получается исходя из значений, приведенных под заголовком "Япония" в таблице 1 [37], затем для каждой частотной полосы вычисляется V (строки 650–700) и получается IN для слушающего (строки 500–550).

3.3.5 *Информационный показатель при разговоре, I_c*

Во-первых, мощность речевого сигнала корректируется с учетом местного эффекта во время речи, как описано выше, в § 2.7 (строки 90 и 560–610).

Затем осуществляется вторая коррекция (строка 620), описываемая в [31]. Применение настоящей модели к телефонным аппаратам типа 13-2P-27 с расчетной формулой, упомянутой в 3.3.4, дает:

$$V_c - V_L = 9{,}87 - 0{,}4085 I_L .$$

3.3.6 *Примеры*

В таблице 3-5 приводятся данные субъективных оценок методом мнений MOS, полученные во время двух испытаний (одного – при прослушивании и другого – при разговоре), проведенных в условиях, описанных в [36], а также значения информационных показателей, вычисленные для условий этих испытаний.

В таблице 3-6 приводятся данные субъективных оценок методом мнений MOS для различных случаев действия шума и соответствующие значения информационных показателей при прослушивании.

В таблице 3-7 показана корреляция между субъективными оценками методом мнений MOS и величинами информационного показателя, приведенными в таблицах 3-5 и 3-6, а также результаты аналогичных вычислений для телефонных аппаратов типа 13-2P-27.

ТАБЛИЦА 3-5

Информационный показатель I для телефонных аппаратов типа NTT 600 (абонентская линия 7 дБ) при наличии SRAEN фильтра, STMR = 7,1 дБ и оценок методом мнений для испытаний 2 и 6

RN (дБА)	CN (дБмп)	ICN_0 (дБмп)	OLR (дБ)	Y_L	I_L (дБ)	Y_C	I_C (дБ)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
60	−62,1	−58,2	1,4	3,13	23,48	2,94	23,27
			11,4	2,5	22,75	2,34	22,50
			21,4	2,31	19,44	1,58	19,52
			31,4	0,65	12,28	0,2	15,13
60	−59,8	−55,9	1,4	3,1	23,52		
			11,4	2,91	22,73		
			21,4	1,75	19,35		
			31,4	0,8	12,02		
60	−55,8	−51,9	1,4	2,83	23,59	2,99	23,38
			11,4	2,75	22,65	2,39	22,39
			21,4	1,79	19,03	1,28	19,20
			31,4	0,5	11,24	0,43	14,71
60	−51,4	−47,5	1,4	3,06	23,66	3,08	23,43
			11,4	2,24	22,44	2,17	22,16
			21,4	1,05	18,27	1,29	18,64
			31,4	0,09	9,3	0,22	14,11
60	−45,6	−41,7	1,4	2,31	23,64	2,63	23,37
			11,4	1,4	21,67	1,73	21,39
			21,4	0,64	16,2	0,77	17,23
			31,4	0,05	5,57	0,13	12,08

Пояснения к колонкам таблицы

(1) Шум помещения, дБА.

(2) Шум канала на входе приемного конца, дБмп.

(3) ICN_0 = CN + 3,9 дБ.

(4) Общий показатель громкости (Рек. P.79).

(5) Оценки методом мнений MOS при прослушивании (по шкале от 0 до 4), испытание 2 из [36], стр. 4-4.

(6) Информационный показатель для слушающего (позиция L из Приложения II).

(7) MOS при разговоре, испытание 6 из [36], стр. 4-9.

(8) Показатель мнения при разговоре (позиция C из Приложения II).

ТАБЛИЦА 3-6

Информационный показатель при прослушивании для телефонных аппаратов типа NTT 600 (абонентская линия 7 дБ) при наличии SRAEN фильтра, STMR = 7,1 дБ и оценок методом мнений при прослушивании для испытания 4

RN (дБА)	CN (дБмп)	ICN_0 (дБмп)	OLR (дБ)	Y_L	I_L (дБ)
0	(см. Примечание)	–100 (см. Примечание)	–3,6 1,4 6,4 11,4 16,4 21,4 26,4 31,4	2,30 2,83 3,26 2,92 2,59 2,12 1,89 1,23	22,87 23,40 23,85 23,55 23,05 22,45 21,73 20,91
60	–55,8	–51,9	–3,6 1,4 6,4 11,4 16,4 21,4 26,4 31,4	2,61 2,94 3,00 2,38 1,80 1,41 0,91 0,44	22,78 23,59 23,51 22,65 21,24 19,03 15,95 11,44
60	–56,9	–53	1,4 11,4 21,4 31,4	3,20 2,53 1,24 0,24	23,57 22,68 19,15 11,51
50	–55,8	–51,9	1,4 11,4 21,4 31,4	3,21 2,64 1,58 0,35	23,88 23,24 21,04 15,94
45	–64,9	–61	1,4 13,4	3,23 2,62	23,77 23,24

Примечание. – В этих случаях во время испытаний для оценки методом мнений шум канала отсутствовал, однако в модели OPINE был использован шум, соответствующий CN = –76,9 (ICN_0 = –73). Для вычисления информационного показателя может быть использовано произвольное малое значение величины шума.

ТАБЛИЦА 3-7

Корреляция между оценками MOS и информационным показателем при передаче аналогового сигнала

Тип соединения	Диапазон изменения условий (см. примечание)			Тип оценки MOS	Коэффициент корреляции	Отклонения значений	
	RN (дБА)	ICN_0 (дБмп)	OLR (дБ)			Стандартная ошибка	Максимальные отклонения
Телефонные аппараты типа NTT 600 + SRAEN фильтр	0 до 60	– ∞ и –61 до – 52	–3,6 до + 31,4	Y_L	0,978	0,15	–0,34 + 0,31
	60	–58,2 до – 41,7	+1,4 до + 31,4	Y_C	0,977	0,16	–0,32 + 0,32
Телефонные аппараты типа 13-2P-27 + аттенюатор	50	– ∞ и –71 до –49	+4 до +48	Y_C	0,995	0,07	–0,17 + 0,16

Примечание. – Обозначения см. в Приложении II.

3.4 *Возможные расширения модели*

3.4.1 *Частотные характеристики*

В Приложении II дан пример, рассмотренный в § 3.3, выше. Если используются другие типы телефонных аппаратов, балансных сетей, выделенных абонентских линий или линейных фильтров, необходимо должным образом изменить соответствующие данные в Приложении II и пересчитать данные по шумам. Это осуществляется процедурой, аналогичной представленной в описании модели в § 2.4, выше, и рассмотренной в [33].

В соответствии с Рекомендацией P.79 должны быть пересчитаны общий показатель громкости OLR и уровень маскирующего сигнала STMR, используемые как независимые переменные.

3.4.2 *Соединения, включающие цифровые процессы*

Приведенный выше § 3.2 и Приложение I относятся к случаям, когда уровень речи близок к оптимальному; это служит целям сравнения различных кодеров в данных условиях. Если кодер ограничивает величину сигнала, то должны быть вычислены потери информации, связанные с этим эффектом, и соответствующая величина Q, как указано в [31].

В любом случае, когда телефонное соединение включает в себя цифровой участок, в каждом частотном диапазоне должны быть определены соответствующие значения Q_m и объединены со значением Q из Приложения II путем суммирования мощностей шумов и искажений.

4 **Модель общего показателя оценки качества телефонных сетей (OPINE)** (Вклад NTT)

4.1 *Введение*

NTT изучала объективную модель для оценки качества телефонной передачи [39], [40], [41], [42]. Здесь описывается модель OPINE (модель общего показателя оценки качества телефонных сетей), ориентированная на практическое применение.

В модели OPINE учитывается затухание передачи, шум канала, шум помещения, амплитудно-частотные искажения (основные факторы), искажения квантования сигнала, эхо говорящего и местный эффект. Она моделирует психослуховой процесс оценки человеком качества телефонной передачи на основе этих факторов. Следовательно, она относится ко второму типу моделей в соответствии с классификацией, изложенной в § 2 ("Бритиш телеком"). В основу модели положен тот факт, что оценки психологических (но не физических) факторов по психологической шкале являются аддитивными. Модель была расширена по сравнению с ее первой версией для учета дополнительных физических факторов.

Модель OPINE для основных факторов была впервые разработана в 1983 году [39]. Данные по оценкам методом мнений, использованные для определения значений коэффициентов и верификации модели в основном базируются на результатах испытания, приведенного в лаборатории NTT ECL, Мусашино, в 1975 году. Его основной целью было изучение оценок методом мнений как меры качества речи и основы для стандарта телефонной передачи. В [40] и [43] описываются исходные данные. Испытание проводилось с учетом большого количества различных факторов и телефонных аппаратов типа NTT 600.

В 1985 г. были проведены опросы по оценке искажений, связанных с квантованием сигнала. Была сформулирована и верифицирована [41] новейшая версия модели, связанная также с искажениями квантования.

Параллельно были проведены дальнейшие испытания с оценкой методом мнений эха говорящего и местного эффекта [44], [45]. Позднее было проведено исследование оценочных характеристик эха говорящего и его взаимосвязи с громкостью.

В 1986 г. была разработана версия 2.0 модели OPINE [43], в которой все параметры были переписаны на основе показателя громкости (ПГ). Эта версия была улучшена и преобразована в версию 2.1. Версия 2.1 отличается от версии 2.0 следующими небольшими изменениями:

- Δf скорректировано в соответствии с Рекомендацией P. 79;
- устранена тривиальная ошибка в программе на языке Фортран.

При изучении конфигурации модели были также исследованы психологические характеристики оценки методом мнений [46] с использованием в качестве переменных затухания передачи и шума канала. Основные выводы свелись к следующему:

- оценка методом мнений имеет хорошую воспроизводимость, если сохраняются неизменными план испытания, тип участников и другие условия;
- на результаты оценки методом мнений сильно влияет диапазон изменения факторов испытания. Диапазон изменения затухания особенно сильно сказывается на абсолютных оценках методом мнений.

Несмотря на приведенные выше выводы, для практического применения необходимы абсолютные оценки характеристик данной телефонной сети.

Исходя из этого, были определены два класса испытаний методом мнений:

- класс 1, в котором результаты отражают среднее знание оценки сети основными абонентами;
- класс 2, который дает относительные оценки, однако чувствителен к некоторым заданным физическим факторам.

В испытании класса 1 цель состоит в получении абсолютной величины оценки. Таким образом, диапазон условий испытания должен быть сходным с имеющимся в существующей коммерческой сети. Чем больше факторов учитывается при испытаниях, тем ближе его результаты к абсолютной оценке. Число участников должно превышать 60. Испытание класса 2, с другой стороны, используется для изучения взаимодействия между несколькими факторами. Его результаты имеют большее практическое значение, но не являются абсолютными. Для этого испытания желательно, чтобы профессия участника была связана с исследуемым фактором качества речи.

При разработке модели OPINE результаты оценки методом мнений, полученные в 1975 г., были отнесены к первому классу, а остальные – ко второму.

Данные, полученные после 1983 г., использовались главным образом в интересах качественной верификации дополнительных характеристик оценки по психологической шкале для различных факторов.

В процессе развития модели OPINE коэффициенты для вновь включенных факторов были изменены так, чтобы они удовлетворяли результатам абсолютных оценок, полученных при испытаниях класса 1 в 1975 году.

4.2 *Краткое описание модели*

По результатам предшествующих исследований были выбраны пять психологических факторов, влияющих на оценку качества телефонного разговора:

1) искажения речи вследствие амплитудно-частотных искажений;
2) эффективные потери громкости или чрезмерные повышения уровня речи;
3) уровень шума во время речевых интервалов и интервалов отсутствия речи;
4) ухудшение качества, вызванное эхом говорящего;
5) ухудшение качества, связанное с местным эффектом.

Для каждого из указанных выше факторов был введен также показатель качества PI, отражающий степень ухудшения качества по психологической шкале. Величина MOS оценивается по значению общего показателя оценки качества (OPI), получаемому путем суммирования по всем PI.

В целях вычисления PI для каждого из факторов были представлены соответствующей функцией значения психологических оценок для громкости, искажений и т. д. Эти функции определялись эвристически, а на основе данных субъективных опросов проводилась оценка необходимых констант. Эти константы определяют степень влияния каждого фактора на результирующую оценку. На рис. 4-1 показана концептуальная блок-схема OPINE. Модель состоит из четырех частей: 1) общие электроакустические расчеты; 2) вывод параметров, описывающих слышимость; 3) вывод показателя качества; 4) определение результирующей оценки. Номера на рисунке соответствуют номерам уравнений, указанным в § 4.3.

4.3 *Конфигурация OPINE*

Все символы разделены на 5 типов:

Тип [A]: параметры модели;

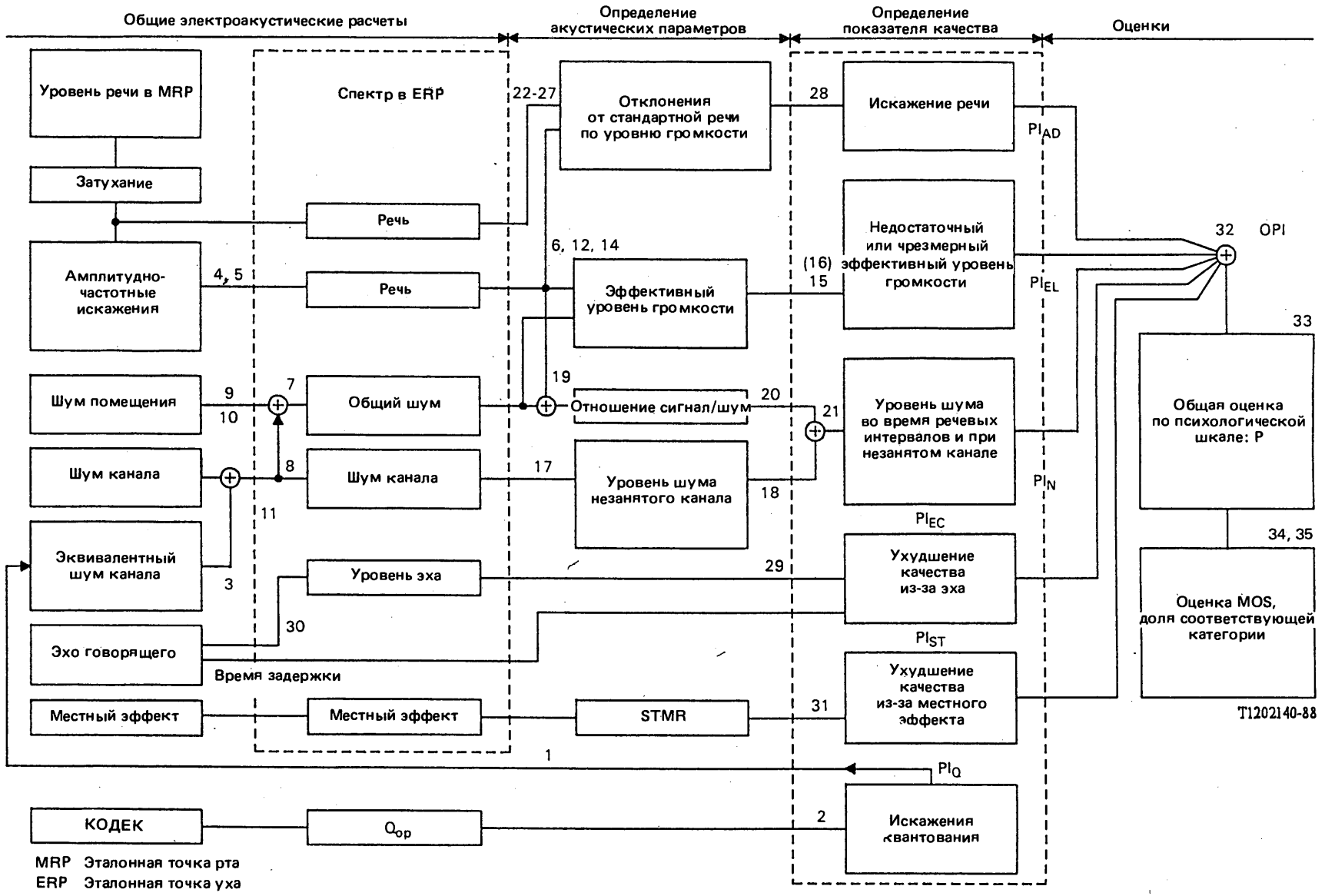
Тип [A-1]: константы или коэффициенты, взятые из стандартов;

Тип [A-2]: константы или коэффициенты, заимствованные в OPINE по результатам других исследований;

Тип [A-3]: коэффициенты, величины которых получены по результатам субъективных испытаний, выполненных NTT;

Тип [B]: входные переменные рассматриваемого раздела;

Тип [C]: промежуточные выходные данные OPINE для рассматриваемого раздела.



MRP Эталонная точка рта
ERP Эталонная точка уха
Q_{op} Эквивалентная величина отношения речь/шум, коррелированный с речью

Примечание.– Номера на рисунке соответствуют номерам уравнений, указанным в § 4.3.

РИСУНОК 4-1

Блок-схема OPINE

Входные переменные для модели и значения параметров модели перечислены в § 4.4. В приведенных уравнениях C_j (j = 1,13) обозначает константы (типа [A-3]). Индекс i обозначает номер третьоктавной полосы частот. Связи между переменными изображены для каждого раздела на рис. 4-3 – 4-10. Обозначения графических символов, использованных на этих рисунках, показаны на рис. 4-2.

4.3.1 *Общие электроакустические расчеты*

4.3.1.1 *Оценка методом мнений уровня эквивалента белого шума, обусловленного искажениями квантования*

Модель выражает субъективную оценку кодека в виде эквивалентной величины отношения речь/шум, коррелированный с речью (Q_{op}). Затем, используя результаты испытаний методом мнений для MNRU, определяют эквивалентный уровень белого шума. Если известна величина A_{op} для определенного кодека или каскадного соединения таких кодеков, то можно использовать ее в качестве входных данных. В таблице 4-1 перечислены величины Q_{op} для различных кодеков.

$$PI_Q = -0{,}0000218\,Q_{op}^3 + 0{,}00489\,Q_{op}^2 - 0{,}283\,Q_{op} + 4{,}915, \tag{4-1}$$

$$V_{Wop} = -2{,}022PI_Q^3 - 7{,}51\,PI_Q^2 + 21{,}9\,PI_Q - 76{,}9 - (OLR - 6{,}4) - (RLR + 3{,}8), \tag{4-2}$$

$$V_{CQ} = V_C\,(+)\,V_{Wop}. \tag{4-3}$$

ТАБЛИЦА 4-1

Значения Q_{op} для ИКМ и АДИКМ$_v$

Система передачи	Q_{op}
ИКМ μ-255, 8 бит	36,0
7	32,8
6	27,7
5	22,5
4	16,7
АДИКМ$_v$	29,2

где

(+) – обозначение операции суммирования по мощности.

Символы типа [B]

Q_{op} – эквивалент отношения речь/шум, коррелированный с речью (дБ).

V_C – уровень шума на входе приемной части канала местной телефонной сети (дБмп).

OLR – общий показатель громкости рассматриваемой телефонной системы (дБ).

RLR – показатель громкости для рассматриваемой телефонной системы на приеме (дБ).

Символы типа [C]

V_{Wop} – уровень белого шума на входе приемной части канала местной телефонной сети (дБмп), эквивалентный величине показателя качества (PI).

PI_Q – значение PI для искажений квантования.

V_{CQ} – эквивалентный уровень шума канала при наличии как шума канала, так и искажений квантования (дБмп).

Примечание. – Если в испытании не участвуют цифровые системы передачи, в уравнениях (4-1) и (4-2) нет необходимости, а V_{Wop} в уравнении (4-3) принимается произвольно малым, например – 100 дБ.

4.3.1.2 *Уровень речи и уровень общего шума в эталонной точке уха ERP* (см. также Приложение C)

$$S_i = B_{Si} - L_{MEi} + 10\log_{10}\Delta f_i, \tag{4-4}$$

$$S_{Pi} = B_{Pi} - L_{MEi}, \tag{4-5}$$

$$X_i = B_{0i} - K_i, \tag{4-6}$$

$$N_i = N_{CQi}\,(+)\,N_{RNSTi}\,(+)\,N_{RNEi} + 10\log_{10}\Delta f_i, \tag{4-7}$$

$$N_{CQi} = V_{CQi} + S_{JEi}, \tag{4-8}$$

$$N_{RNSTi} = B_{RNi} + L_{RNSTi}, \tag{4-9}$$

$$N_{RNEi} = B_{RNi} + L_{RNEi}, \tag{4-10}$$

$$N'_{CQi} = N_{CQi} + 10\log_{10}\Delta f_i, \tag{4-11}$$

где:

(+) – обозначение операции суммирования по мощности.

Символы типа [A-1]

B_{Si} – плотность спектра речи, отнесенная к эталонной точке рта (MRP) (дБ относительно 20 мкПа/Гц).

Δf_i – ширина частотной полосы в 1/3 октавы в соответствии со стандартами ISO (Гц).

Символы типа [A-2]

B_{Pi} – пиковый уровень спектра речи, отнесенный к эталонной точке рта (MRP) (дБ относительно 20 мкПа/Гц).

X_i – порог слышимости для непрерывного звука, отнесенный к эталонной точке уха (ERP) (дБ относительно 20 мкПа/Гц).

B_{0i} – порог слышимости чистого тона (дБ относительно 20 мкПа/Гц).

K_i – нормированная ширина полосы (дБ).

L_{RNEi} – потери из-за утечек звукоизоляции в точке ERP слушающего (дБ).

Символы типа [B]

L_{MEi} – общие потери на пути рот – ухо (дБ).

S_{JEi} – чувствительность на приеме местной телефонной цепи на участке от электрического входа до точки ERP (дБ относительно Па/В).

B_{RNi} – плотность спектра шума помещения (дБ относительно 20 мкПа/Гц). Величина B_{RNi}, A-взвешенная, становится равной R_N (дБА).

L_{RNSTi} – затухание передачи местного эффекта от MRP до ERP (дБ).

V_{CQi} – эквивалентный уровень шума канала при наличии как шума канала, так и искажений квантования (дБВ/Гц).

Псофометрически взвешенная величина V_{CQi} становится равной V_{CQ}.

Символы типа [C]

S_i – уровень речи для частотной полосы в точке ERP (дБ относительно 20 мкПа/Гц).

S_{Pi} – пиковый уровень спектра речи, отнесенный к точке ERP (дБ относительно 20 мкПа/Гц).

N_i – уровень общего шума в точке ERP (дБ относительно 20 мкПа).

N_{CQi} – уровень шума, обусловленный стационарным шумом канала и искажениями квантования в точке ERP (дБ относительно 20 мкПа/Гц).

N'_{CQi} – уровень N_{CQi} для частотной полосы (дБ относительно 20 мкПа).

N_{RNSTi} – уровень шума местного эффекта, вызванного шумом помещения, в точке ERP (дБ относительно 20 мкПа/Гц).

N_{RNEi} – уровень шума помещения, проникающего через зазор между телефоном микротелефонной трубки и ухом (дБ относительно 20 мкПа/Гц).

4.3.2 *Определение акустических параметров и показателя качества (PI)*

4.3.2.1 PI_{EL} *(PI для недостаточного или чрезмерного эффективного уровня громкости)*

$$\lambda_E = C \sum_{i=1}^{M} 10^{\frac{-m(L_{MEi} + b_n)}{10}} G_i \, \Delta f_i \quad \text{(из Рекомендации P.79)}, \tag{4-12}$$

$$b_n = 44{,}38 \exp(-0{,}0869\, e_n), \tag{4-13}$$

$$e_n = [S_{Pi} - \{X_i (+) (N_i - 10 \log_{10} \Delta f_i)\}]_{\max}, \tag{4-14}$$

$$PI_{EL} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}\left(10 \log_{10} \frac{\lambda_E}{\lambda_0}\right)^2 + C_2} - \sqrt{C_2}, \tag{4-15}$$

где:

max – индекс, обозначающий максимальное значение в частотных полосах передачи.

Символы типа [A-1]

G_i – отношение громкости для частотной полосы i в системе без потерь к общей громкости (функция громкости).

Δf_i – ширина i-й частотной полосы (Гц).

m – экспоненциальный коэффициент для уха (= 0,175).

M – число полос, на которые делится частотный диапазон (= 19).

Символы типа [A-3]

λ_0 – оптимальная громкость в точке ERP.

C – константа. Значение C становится ненужным, так как C исключено из уравнения (4-15).

Символы типа [B]

L_{MEi} – амплитудно-частотная характеристика затухания от MRP до ERP (дБ).

Символы типа [C]

PI_{EL} – PI по громкости как в отсутствии, так и при наличии шумов.

λ_E – эффективная громкость в точке ERP при учете влияния шума.

b_n – эквивалент потерь громкости при наличии шума (дБ).

e_n – максимальный уровень ощущения пиков сигнала речи (дБ).

4.3.2.2 *Выражение PI_{EL} через значения показателя громкости (ПГ)*

Путем математических преобразований уравнение (4-15) выражено в виде зависимости от показателя громкости. Вывод уравнения (4-16) из уравнения (4-15) показан в Приложении Е.

$$PI_{EL} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1} m^2 (OLR + b_n - OLR_0)^2 + C_2} - \sqrt{C_2}\,, \tag{4-16}$$

где:

Символ типа [А-3]

OLR_0 – значение общего показателя громкости, при котором телефонная система обеспечивает оптимальную громкость (дБ).

Символ типа [В]

OLR – общий показатель громкости для рассматриваемой телефонной системы (дБ).

4.3.2.3 *PI_N (PI при шумах)*

$$N_i' = \begin{cases} N_{CQi}' - N_{th}, & \text{если } N_{CQi}' \geqslant N_{th} \\ 0 & \text{, если } N_{CQi}' < N_{th}, \end{cases} \tag{4-17}$$

$$PI_{IN} = C_3 \sum_{i=1}^{M} \left\{ 10^{\frac{A_i}{10}} \left(10^{\frac{nN_i'}{10}} - 1 \right) \right\} \tag{4-18}$$

где:

Символ типа [А-1]

A_i – весовой коэффициент для А-характеристики i-й частотной полосы (дБ).

Символы типа [А-3]

N_{th} – пороговое значение для шума (дБ относительно 20 мкПа).

n – коэффициент показателя степени.

Символ типа [В]

N_{CQi}' – (см. § 4.3.1.2).

Символы типа [С]

PI_{IN} – значение PI для незанятого канала (интервалы отсутствия речи) при шумах.

N_i' – уровень, превышающий пороговое значение шума (дБ).

$$SNR = 10 \log_{10} \left(\sum_{i=1}^{M} 10^{\frac{S_i}{10}} \Big/ \sum_{i=1}^{M} 10^{\frac{N_i}{10}} \right) \tag{4-19}$$

$$PI_{SN} = \begin{cases} C_4 (SNR - SNR_{th}), & \text{если } SNR \leqslant SNR_{th} \\ 0 & \text{, если } SNR > SNR_{th}, \end{cases} \tag{4-20}$$

$$PI_N = PI_{IN} + PI_{SN}. \tag{4-21}$$

Символ типа [А-3]

SNR_{th} – пороговое значение, ниже которого величина отношения сигнал/шум не оказывает влияния на оценку (дБ).

Символы типа [B]

S_i (см. § 4.3.1.2).

N_i (см. § 4.3.1.2).

Символы типа [C]

PI_{SN} – PI для шумов при отсутствии речи.

SNR – отношение сигнал/шум в эталонной точке уха ERP (дБ).

4.3.2.4 PI_{AD} *(PI для амплитудно-частотных искажений)*

$$D_1 = \sqrt{\frac{1}{M_s} \sum_{i=1}^{M_s} \Lambda_i^2}, \tag{4-22}$$

$$D_u = \sqrt{\frac{1}{M - M_s} \sum_{i=M_s+1}^{M} \Lambda_i^2}, \tag{4-23}$$

$$\Lambda_i = \begin{cases} \Lambda_{li} - \Lambda_{di}, & \text{если } \Lambda_{li} - \Lambda_{di} \leqslant \Lambda_{th} \\ \Lambda_{th}, & \text{если } \Lambda_i > \Lambda_{th}, \end{cases} \tag{4-24}$$

$$\Lambda_{li} = g_i(S_i + d_i), \tag{4-25}$$

$$\Lambda_{di} = g_i(S_i), \tag{4-26}$$

$$g_i(x_i) = \begin{cases} a_i + b_i x_i + c_i x_i^2, & \text{если } a_i + b_i x_i + c_i x_i^2 \geqslant L_{th} \\ L_{th}, & \text{если } a_i + b_i x_i + c_i x_i^2 < L_{th}, \end{cases} \tag{4-27}$$

$$PI_{BL} = C_5 D_1 + C_6 D_u, \tag{4-28}$$

где

g_i – функция преобразования значений спектра мощности речевого сигнала в значения уровня громкости с помощью кривой, равной громкости (из [48]).

x_i – уровень речи для любой из полос (дБ относительно 20 мкПа).

Символы типа [A-1]

M – число полос частотного диапазона (= 19).

a_i, b_i, c_i – параметры для функции преобразования к уровню громкости (в фонах); параметры являются функциями частоты.

Символ типа [A-2]

M_s – номер частотной полосы, в которую входит частота 1 кГц (= 11).

Символы типа [A-3]

L_{th} – порог громкости (фон).

Λ_{th} – пороговое значение Λ_i (фон).

Символ типа [B]

d_i – относительная величина затухания, обусловленная амплитудно-частотными искажениями между стыками (дБ).

Имеет значение 0 дБ при частоте 800 Гц. $S + d$ представляет уровень речи в эталонной точке уха (ERP) для гипотетической частотной полосы, в которой отсутствуют амплитудно-частотные искажения (эталонный уровень речи).

Символы типа [C]

Λ_i – разность между эталонной речью и искаженной речью (фон).

Λ_l – уровень громкости, преобразованный из эталонного уровня речи (фон).

Λ_d – уровень громкости, преобразованный из уровня речи, имеющей как затухание, так и частотное ограничение (фон).

D_u – расстояние между Λ_l и Λ_d при частоте выше 1 кГц.

D_l – расстояние между Λ_l и Λ_d при частоте ниже 1 кГц.

PI_{AD} – PI для амплитудно-частотных искажений.

4.3.2.5 *PI_{EC} (PI для эха говорящего)*

$$PI_{EC} = \sqrt{\frac{C_8}{C_7}(-E + E_0)^2 + C_8} + \sqrt{\frac{C_8}{C_7}}(-E + E_0), \tag{4-29}$$

$$E_0 \begin{cases} C_9 \log_{10} D + C_{10}, \text{ если } 0 < D < 60 \\ C_{11} \log_{10} D + C_{12}, \text{ если } D \geqslant 60, \end{cases} \tag{4-30}$$

где:

Символы типа [B]

E – показатель громкости эха говорящего (дБ).

D – время задержки эха говорящего (мс).

Символы типа [C]

PI_{EC} – показатель качества для эха говорящего.

E_0 – нормированный показатель громкости эха говорящего (дБ).

4.3.2.6 *PI_{ST} (PI для местного эффекта)*

$$PI_{ST} = \sqrt{\frac{C_{13}}{C_7}(-St + St_0)^2 + C_{13}} + \sqrt{\frac{C_{13}}{C_7}}(-St + St_0), \tag{4-31}$$

где:

Символ типа [A-3]

St_0 – нормированное значение STMR (дБ).

Символ типа [B]

St – значение STMR (показатель маскирования местного эффекта) (дБ).

Символ типа [C]

PI_{ST} – показатель качества для местного эффекта.

4.3.3 *Вывод значения оценки* (см. также Приложение D)

$$OPI = PI_{EL} + PI_N + PI_{AD} + PI_{EC} + PI_{ST}, \tag{4-32}$$

$$P = P_0 - OPI, \tag{4-33}$$

где:

Символ типа [A-3]

P_0 – P при отсутствии ухудшений качества.

Символы типа [C]

OPI – общий показатель оценки качества.

P – средняя общая оценка по психологической шкале.

$$MOS = \sum_{k=0}^{4} k\, p_k \tag{4-34}$$

или в практическом виде:

$$MOS = 4 - \sum_{k=0}^{3} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{(k+0,5-P)/\sigma} \exp\,(-t^2/2)dt, \tag{4-35}$$

где:

Символ типа [A-3]

σ – стандартное отклонение для нормального распределения величин P и OPI.

Символы типа [C]

MOS – средняя оценка методом мнений по шкале от 0 до 4.

p_k – отношение категории оценки k ко всем категориям.

Уравнение (4-35) вычисляется с помощью стандартной таблицы нормального распределения. Вывод этого уравнения из уравнения (4-34) приведен в Приложении F.

Уравнения (4-34) и (4-35) являются адаптацией модели, описанной в [49].

4.4 *Типы и значения символов*

Входные переменные для модели перечислены в таблице 4-2. L_{ME} и $STMR$ могут быть рассчитаны заранее способом, описанным в Рекомендации P.79.

Значения a_i, b_i и c_i (параметры типа [A-1]) показаны в таблице 4-3. Значения других параметров модели (параметры типа [A-1] и [A-2]) приведены в таблице 4-4. Значения констант или коэффициентов, полученные по результатам субъективных испытаний (параметры типа [A-3]), даны в таблице 4-5.

ТАБЛИЦА 4-2

Входные переменные для модели

Обозначения	Определение
V_C	См. § 4.3.1.1
Q_{op}	См. § 4.3.1.1
OLR	См. § 4.3.1.1, 4.3.2.2
RLR	См. § 4.3.1.1
S_{MJi}	Затухание на участке от рта до стыка (дБ относительно В/Па)
S_{JEi}	См. § 4.3.1.2
L	Затухание между стыками на частоте 800 Гц (дБ)
d_i	См. § 4.3.2.4
L_{MEi}	См. § 4.3.1.2
R_N	См. § 4.3.1.2
L_{RNSTi}	См. § 4.3.1.2
E	См. § 4.3.2.5
D	См. § 4.3.2.5
L_{MESTi}	Затухание местного эффекта на участке от рта до уха (дБ)
St	См. § 4.3.2.6

Примечание 1. $L_{MEi} = -S_{MJi} - S_{JEi} + (L + d_i)$.

Примечание 2. St вычисляется в соответствии с Рекомендацией P. 79, § 8.

Примечание 3. S_{MJi}, L и L_{MEST} необходимы только для вычисления L_{MEi} и St.

Примечание 4. Значение R_N должно быть выведено из B_{RNi}.

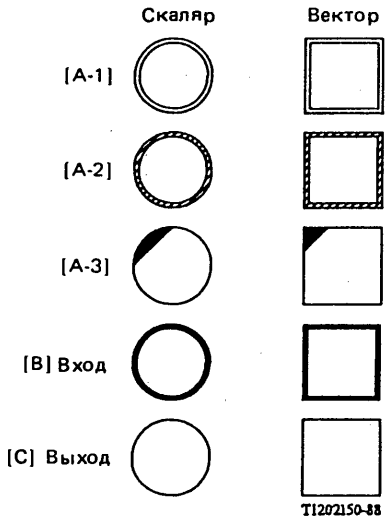


РИСУНОК 4-2

Графические обозначения, используемые на рисунках 4-3 – 4-10

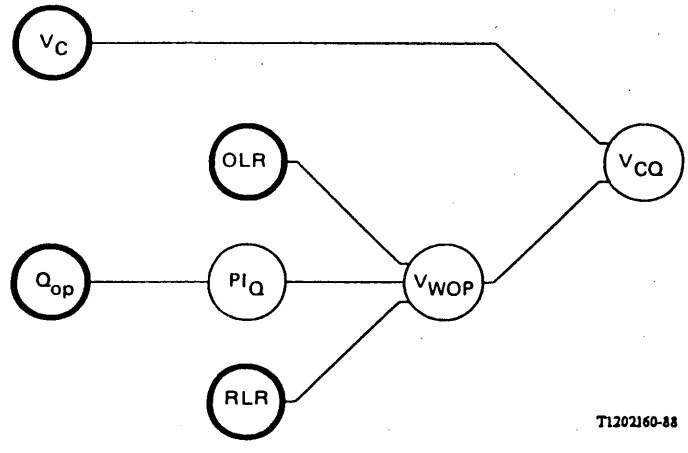


РИСУНОК 4-3

Блок-схема вычисления V_{CQ}

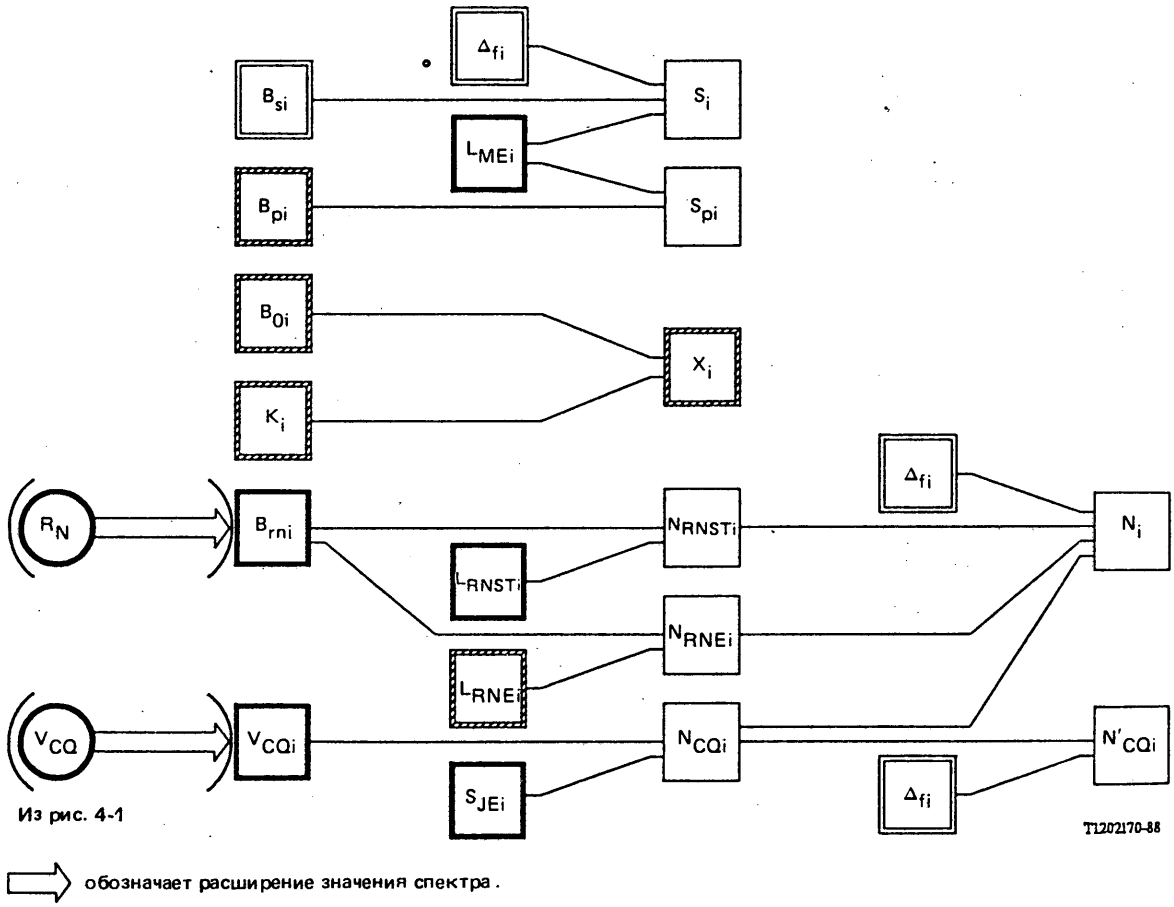
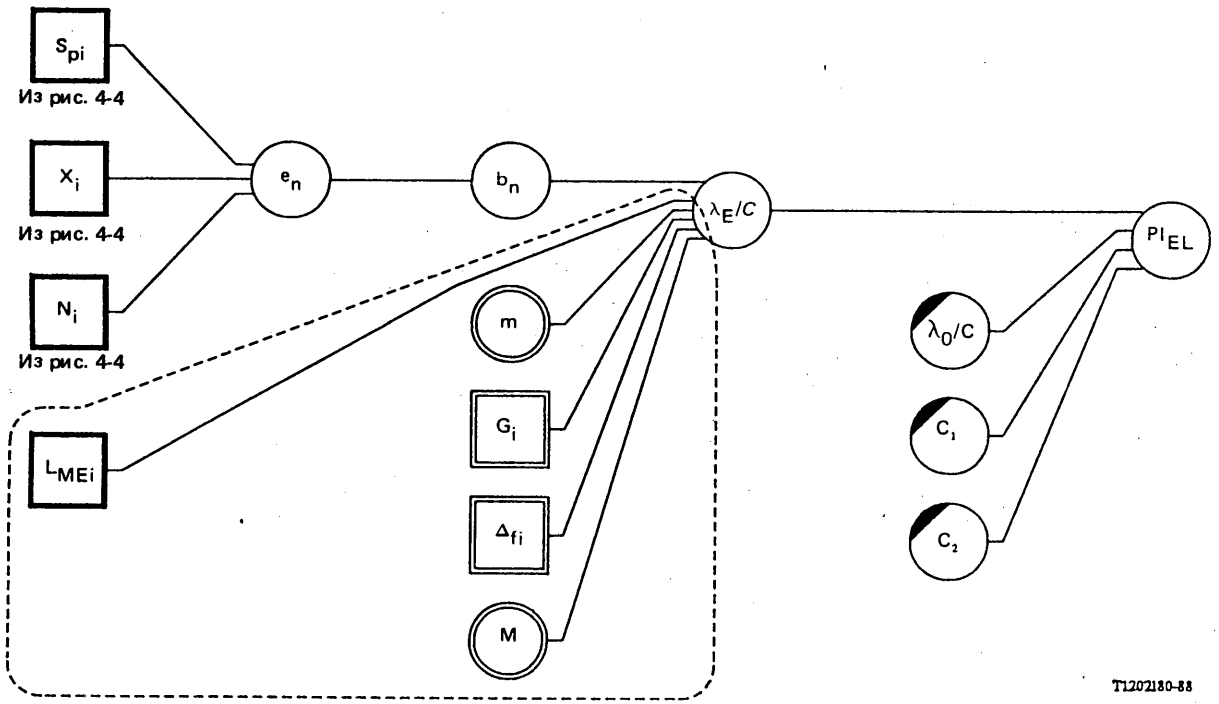


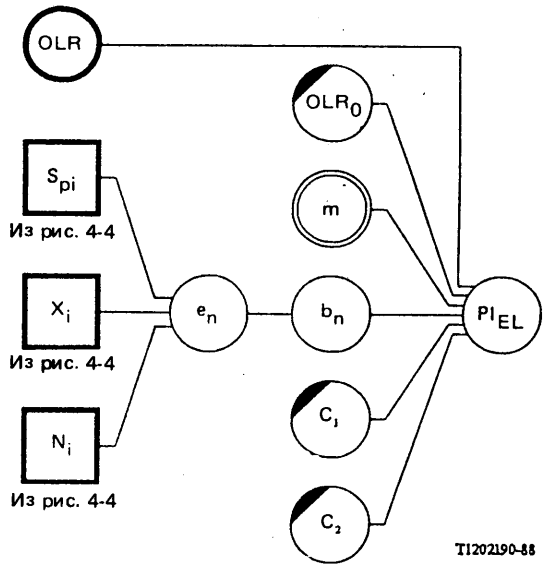
РИСУНОК 4-4

Блок-схема вычисления спектра речи и шума



Адаптация Рекомендации P.79

a)



b)

РИСУНОК 4-5

Блок-схема вычисления PI_{EL}

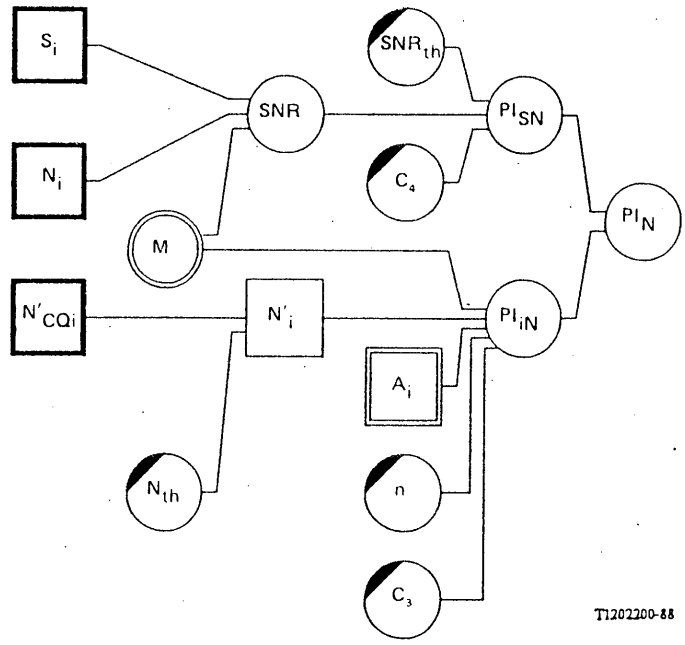


РИСУНОК 4-6

Блок-схема вычисления PI_N

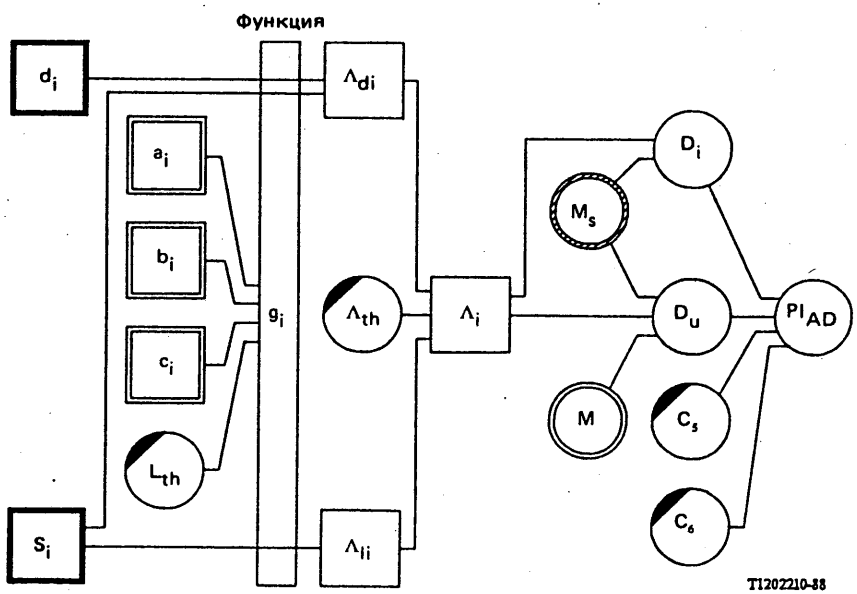


РИСУНОК 4-7

Блок-схема вычисления PI_{AD}

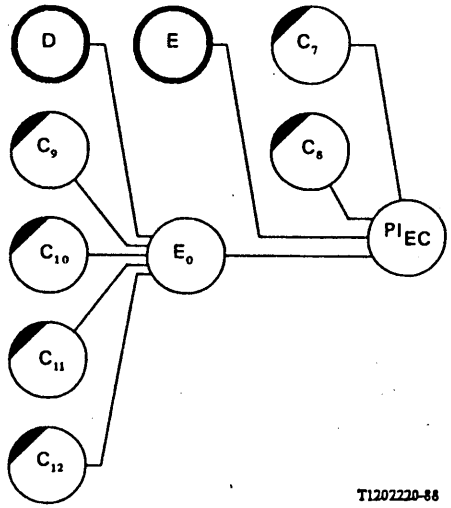


РИСУНОК 4-8

Блок-схема вычисления PI_{EC}

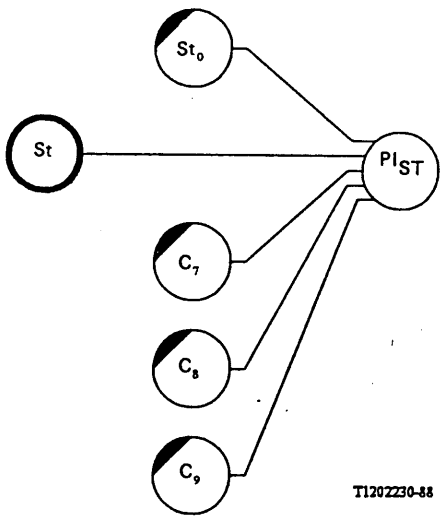


РИСУНОК 4-9

Блок-схема вычисления PI_{ST}

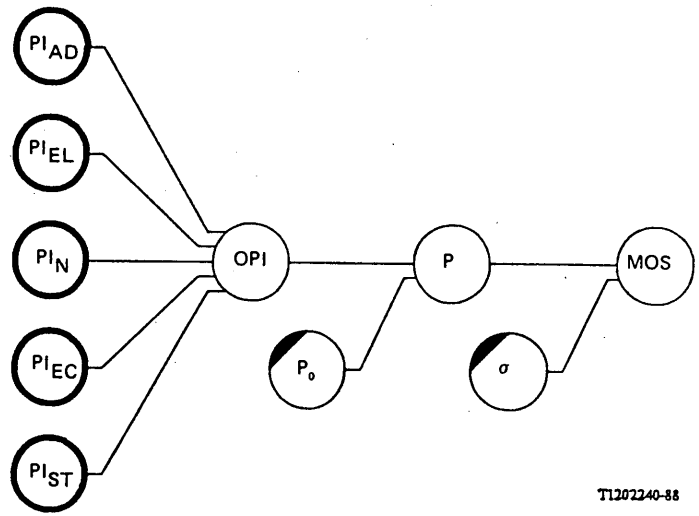


РИСУНОК 4-10

Блок-схема вычисления средней оценки методом мнений MOS

ТАБЛИЦА 4-3

Значения a_i, b_i и c_i
(интерполяция из [48])

№	Частота (Гц)	a_i	b_i	c_i
1	100	– 33,5	1,570	– 0,00269
2	125	– 25,7	1,500	– 0,00258
3	160	– 19,4	1,444	– 0,00248
4	200	– 14,7	1,404	– 0,00242
5	250	– 10,8	1,362	– 0,00231
6	315	– 7,4	1,314	– 0,00214
7	400	– 4,7	1,259	– 0,00185
8	500	– 3,0	1,205	– 0,00151
9	630	– 1,5	1,141	– 0,00107
10	800	– 0,5	1,064	– 0,00050
11	1000	0,0	1,000	0,00000
12	1250	0,6	0,967	0,00028
13	1600	1,7	0,037	0,00071
14	2000	3,3	0,924	0,00100
15	2500	5,3	0,928	0,00118
16	3150	7,3	0,940	0,00119
17	4000	7,9	0,954	0,00098
18	5000	5,3	0,973	0,00059
19	6300	– 2,6	1,028	0,00013

ТАБЛИЦА 4-4

Параметры модели

	№	Частота	Δ_i	B_{si}	B_{pi}	X_i	L_{RNE}	$10 \log_{10} G_i$	A_i
Тип параметра				[A-1]	[A-2]	[A-2]	[A-2]	[A-1]	[A-1]
Источник				Рек. P.51	B_{si} + 12	NTT 1968	NTT 1968	Рек. P.79	ISO
		(Гц)	(Гц)	(дБ) 20 мкПа/Гц	(дБ) 20 мкПа/Гц	(дБ) 20 мкПа/Гц	(дБ)	(дБ)	(дБ)
	1	100	22,4	57,2	69,2	11,0	0,0	– 32,63	– 19,1
	2	125	29,6	60,0	72,0	8,9	0,0	– 29,12	– 16,1
	3	160	37,5	62,1	74,1	5,5	0,0	– 27,64	– 13,4
	4	200	44,7	62,9	74,9	2,2	0,0	– 28,46	– 10,9
	5	250	57,0	63,0	75,0	0,0	0,0	– 28,58	– 8,6
	6	315	74,3	62,4	74,4	– 3,0	0,7	– 31,10	– 6,6
	7	400	92,2	61,0	73,0	– 6,0	0,0	– 29,78	– 4,8
	8	500	114,0	59,3	71,3	– 8,0	0,0	– 32,68	– 3,2
	9	630	149,0	57,0	69,0	– 9,5	2,2	– 33,21	– 1,9
	10	800	184,0	54,2	66,2	– 10,3	8,5	– 34,14	– 0,8
	11	1000	224,0	51,4	63,4	– 11,0	13,5	– 35,33	0,0
	12	1250	296,0	48,5	60,5	– 11,8	15,5	– 37,90	0,6
	13	1600	375,0	45,2	57,2	– 13,0	20,0	– 38,41	1,0
	14	2000	447,0	42,2	54,2	– 16,0	23,7	– 41,25	1,2
	15	2500	570,0	39,4	51,4	– 19,8	30,0	– 41,71	1,3
	16	3150	743,0	36,8	48,8	– 23,0	27,0	– 45,80	1,2
	17	4000	922,0	34,5	46,5	– 26,0	33,5	– 43,50	1,0
	18	5000	1140,0	32,7	44,7	– 27,0	41,0	– 47,13	0,5
	19	6300	1490,0	31,4	43,4	– 24,0	50,0	– 48,27	– 0,1

Примечание. X_i ($= B_{0i} - k_i$) и L_{RNE} могут быть входными параметрами.

ТАБЛИЦА 4-5

Расчетные значения констант и коэффициентов

№	Соответствующий раздел	Выходной параметр	Обозначение	Значение
1	4.3.2.1 4.3.2.2	PI_{EL}	C_1 C_2 λ_0/c OLR_0	0,0475 0,010 0,780 5,34
2	4.3.2.3	PI_{IN}	N_{th} n C_3	33,0 0,50 0,012
3	4.3.2.3	PI_{SN}	SNR_{th} C_4	7,5 – 0,005
4	4.3.2.4	PI_{AD}	L_{th} C_5 C_6 Λ_{th}	57,5 0,043 0,043 15,0
5	4.3.2.5	PI_{EC}	C_7 C_8 C_9 C_{10} C_{11} C_{12}	13,69 0,01 26,4 2,65 14,00 24,6
6	4.3.2.6	PI_{ST}	C_{13} ST_0	0,00856 9,000
7	4.3.3	MOS	P_0 σ	3,558 0,730

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(К Дополнению № 3 – относится к § 1.1)

Показатели оценки методом мнений ухудшения качества передачи

А.1 *Введение*

Графики, приведенные в данном приложении, показывают соответственно влияние на показатели оценки методом мнений типовых ухудшений параметров передачи. Они базируются на описанных выше моделях оценки качества передачи. Оценки методом мнений предполагают использование шкалы, имеющей пять категорий (отлично, хорошо, удовлетворительно, плохо и очень плохо или недопустимо), а результаты оценки представлены в виде процента оценок "хорошо или лучше" (хорошо плюс отлично) и "плохо или хуже" (плохо плюс очень плохо). Три уравнения для преобразования значений оценок качества передачи в значения показателей оценки методом мнений представлены выше, в тексте Дополнения. Одно из них, используемое в данном приложении, представляет обработку результатов разговорных испытаний, сообщенных МККТТ несколькими Администрациями в Исследовательском периоде 1973–1976 гг.

A.2 *Общий показатель громкости и шум канала*

На рис. A-1 и A-2 показано влияние на показатели оценки методом мнений общего показателя громкости OLR (L_e' в дБ) и шума канала (N_c' в дБмп). Шум канала указан относительно приемной системы с RLR, равным 0 дБ. На приведенных графиках шум канала, эквивалентный шуму помещения, N_{Re}' равен – 58,63 дБмп, а коэффициент наклона частотной характеристики (k_{BW}) равен 1; шум квантования, эхо слушающего, эхо говорящего и местный эффект не учитывались.

A.3 *Шум квантования импульсно-кодовой модуляции (ИКМ)*

Влияние на оценку методом мнений шума квантования последовательно соединенных 7-битового и 8-битового кодеков, использующих μ- и A-законы ИКМ-процессов, показано на рис. A-3 и A-4. Общий показатель громкости (L_e') при этом был равен 16 дБ, а уровень шума канала (N_c') составлял – 56 дБмп. Шум помещения, крутизна амплитудно-частотной характеристики и местный эффект были такими же, как в § A.2. Уровень речи на выходе телефонного аппарата при показателе громкости на передаче SLR, равном 0 дБ, предполагается равным – 10 VU.

A.4 *Ширина полосы*

Влияние на оценку методом мнений ширины полосы частот, определяемой как расстояние между частотами, затухание на которых составляет 10 дБ относительно затухания на частоте 1000 Гц, показано на рис. A-5 и A-6. При этом OLR (L_e') равен 16 дБ, шум канала (N_c') равен –56 дБмп, шум канала, эквивалентный шуму помещения (N_{Re}'), равен –58,63 дБмп, а коэффициент наклона частотной характеристики на нижних (S_l) и верхних частотах (S_u) равен, соответственно, 2 и 3 дБ/октава. Эхо слушающего, эхо говорящего и местный эффект не учитывались.

A.5 *Эхо слушающего*

Влияние эха слушающего на значения оценок методом мнений показано на рис. A-7 и A-8. На этих рисунках представлены графики субъективных оценок (как для первоначальной, так и для альтернативной моделей, описанных в Дополнении) в зависимости от взвешенного затухания тракта эха слушающего в дБ (*WEPL*) и задержки тракта эха слушающего (D_L) в миллисекундах. Графики строились при OLR (L_e'), равном 16 дБ, шуме канала (N_c'), равном – 56 дБмп, шуме канала, эквивалентном шуму помещения (N_{Re}'), равном – 58,63 дБмп, и коэффициенте наклона частотной характеристики, равном 1. Влияние эха говорящего и местного эффекта не учитывалось.

A.6 *Эхо говорящего*

Оценки методом мнений для эха говорящего представлены на рис. A-9 и A-10 в виде функции от общего показателя громкости OLR тракта эха говорящего (E) в дБ и общей задержки тракта эха говорящего (D) в миллисекундах. Как и ранее, значение OLR (L_e') остается равным 16 дБ, шум канала (N_c') равен – 56 дБмп, шум канала, эквивалентный шуму помещения (N_{Re}'), равен – 58,63 дБмп, а коэффициент наклона частотной характеристики равен 1. Влияние эха слушающего и местного эффекта не учитывалось.

A.7 *Местный эффект*

На рис. A-11 и A-12 представлены графики зависимости оценок методом мнений от затухания тракта местного эффекта (*STMR*) в дБ и наклона частотной характеристики местного эффекта в дБ/октава. Для этих кривых уровни ухудшения были выбраны таким образом, чтобы сохранялся постоянный уровень R_{LN}, типичный для междугородних разговоров в Северной Америке, а диапазон значений R_E также соответствовал диапазону R_E при междугородних разговорах в Северной Америке.

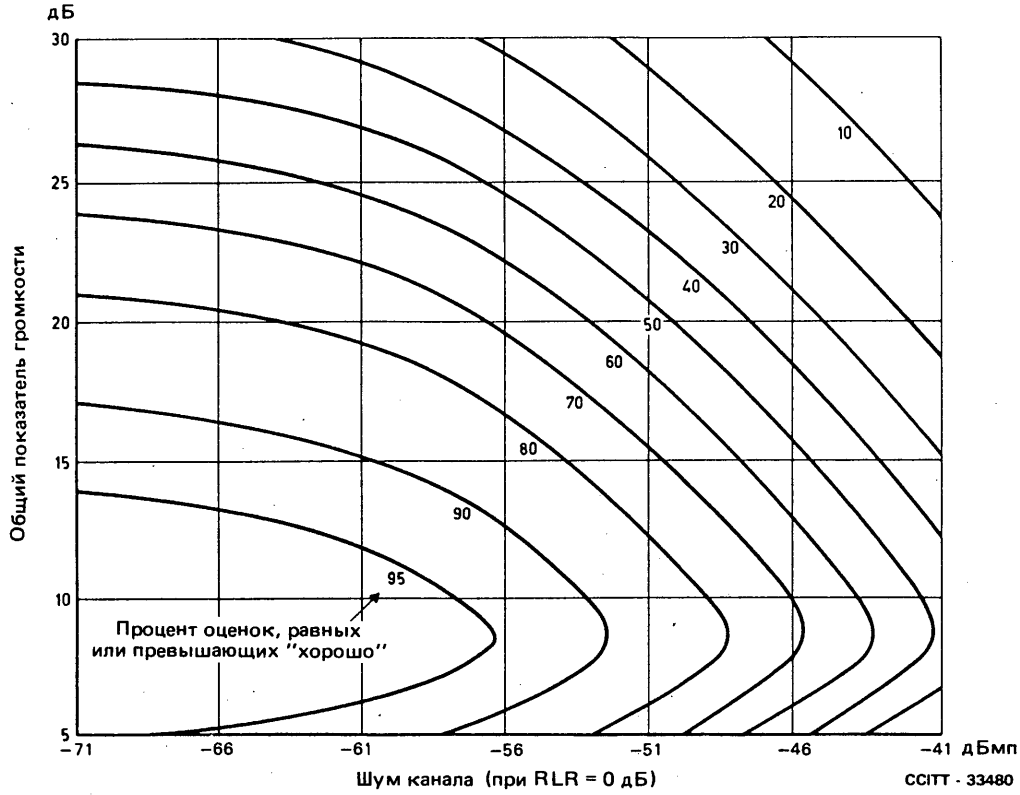


РИСУНОК А-1

Зависимость оценки методом мнений от общего показателя громкости (OLR) и шума канала

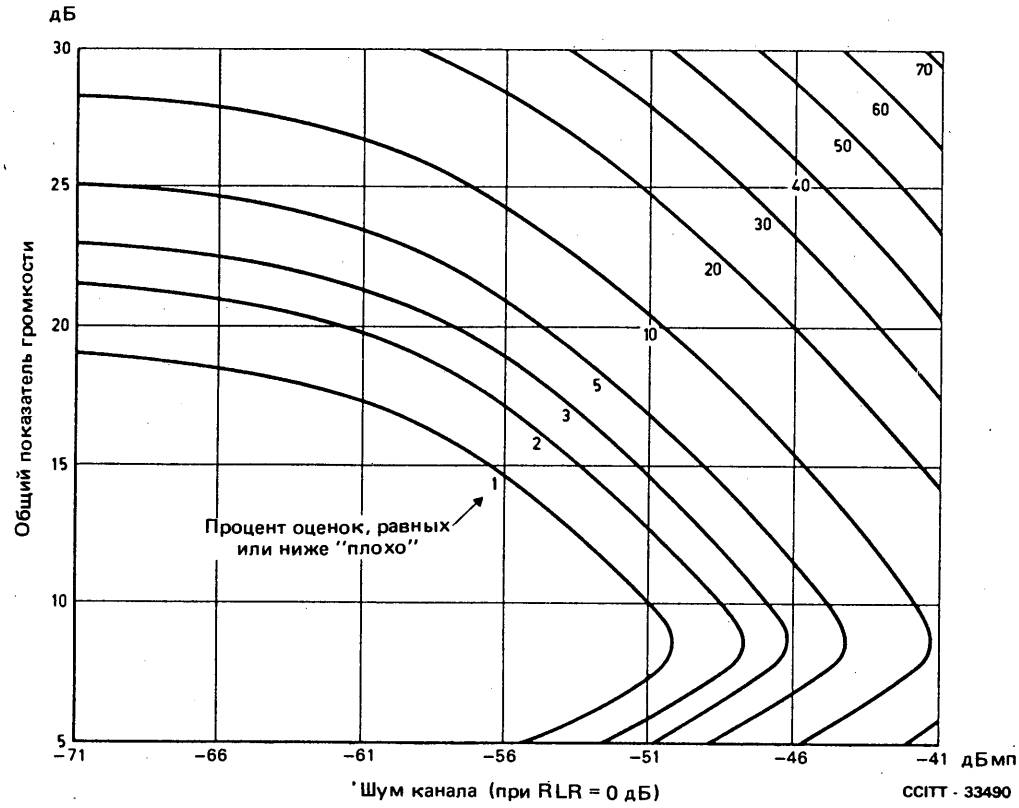


РИСУНОК А-2

Зависимость оценки методом мнений от общего показателя громкости (OLR) и шума канала

ARCHIVES U.I.T. GENÈVE

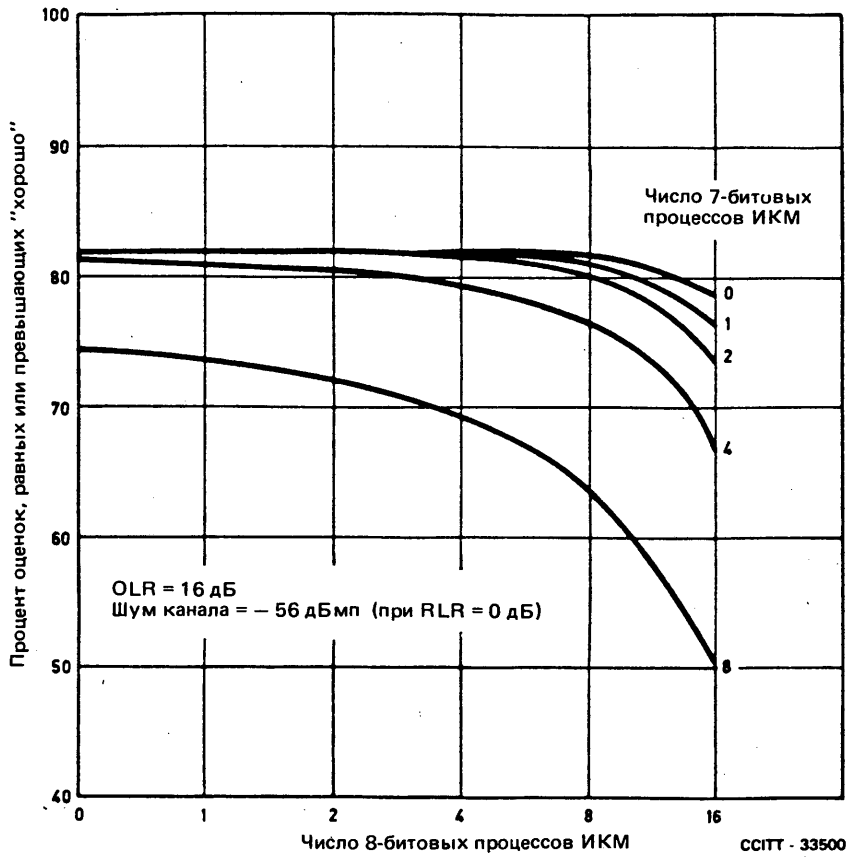


РИСУНОК А-3

Оценка методом мнений каскадного соединения процессов ИКМ

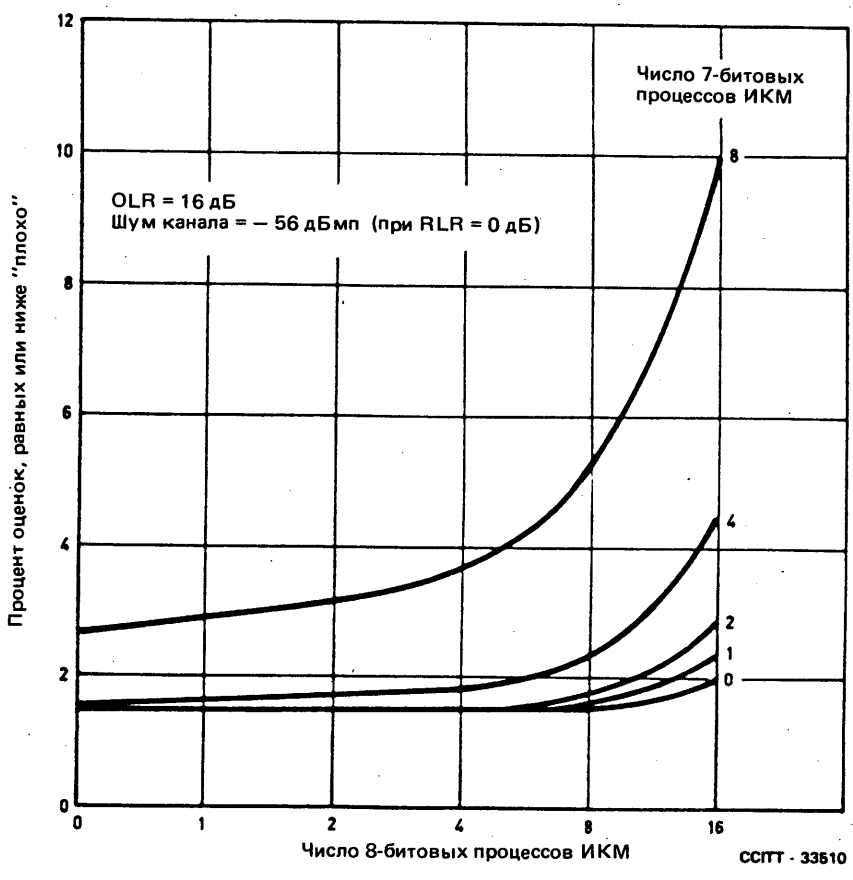


РИСУНОК А-4

Оценка методом мнений каскадного соединения процессов ИКМ

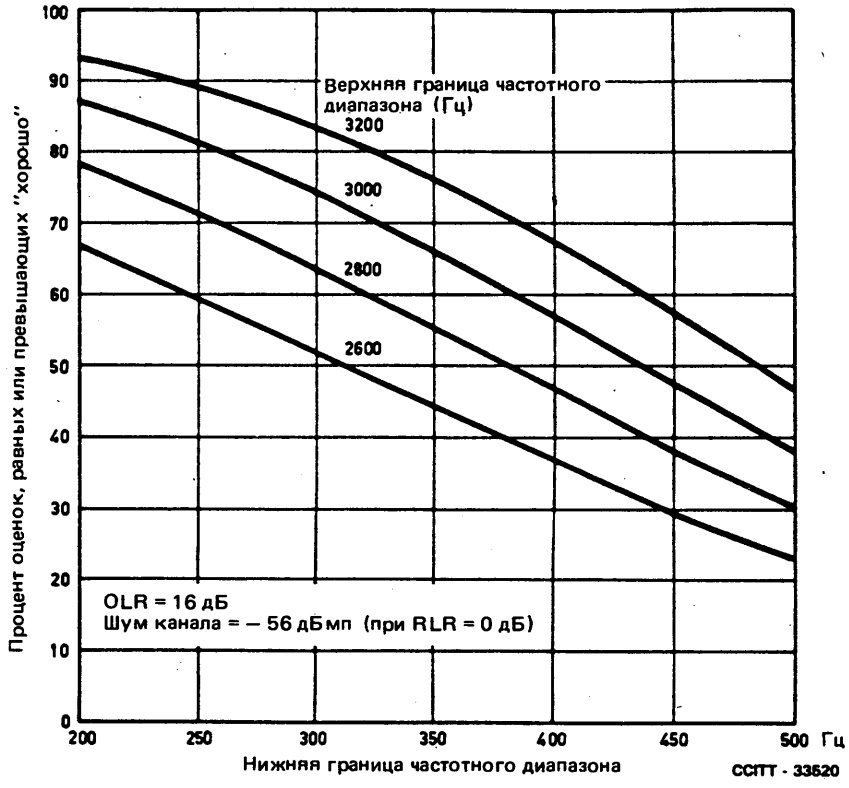


РИСУНОК А-5

Зависимость оценки методом мнений от ширины полосы

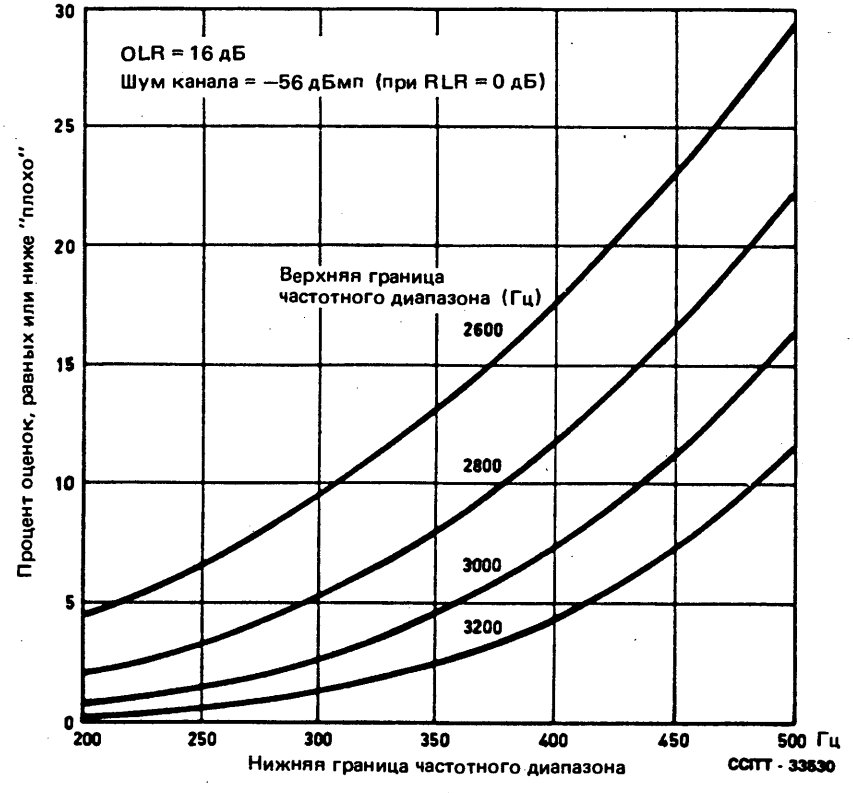


РИСУНОК А-6

Зависимость оценки методом мнений от ширины полосы

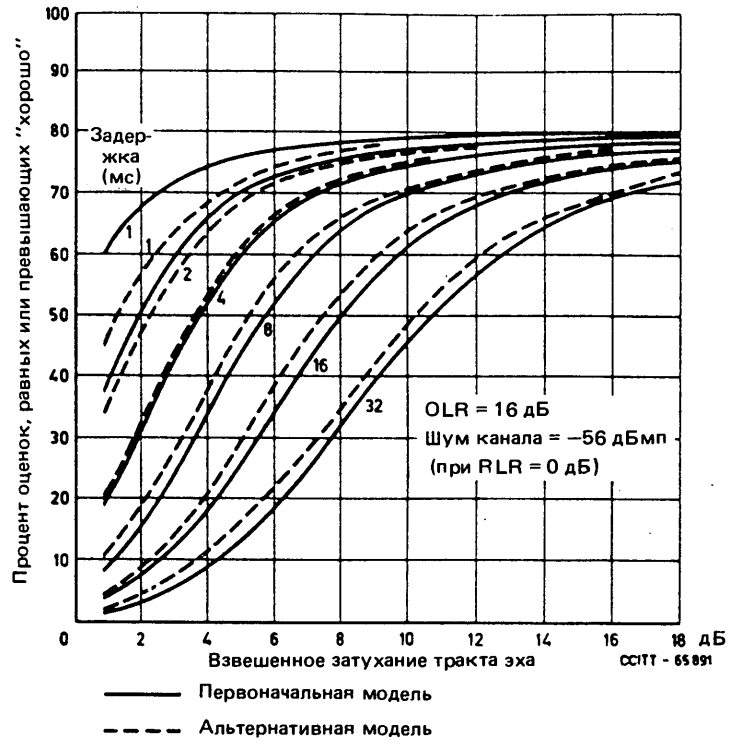


РИСУНОК А-7

Зависимость оценки методом мнений от общего показателя громкости (OLR), шума канала и эха слушающего

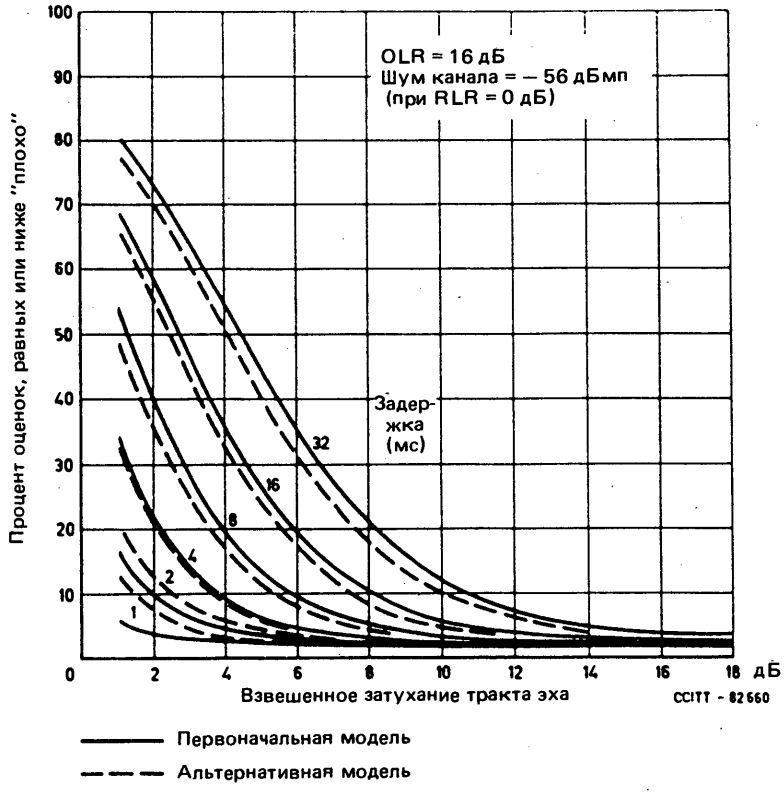


РИСУНОК А-8

Зависимость оценки методом мнений от общего показателя громкости (OLR), шума канала и эха слушающего

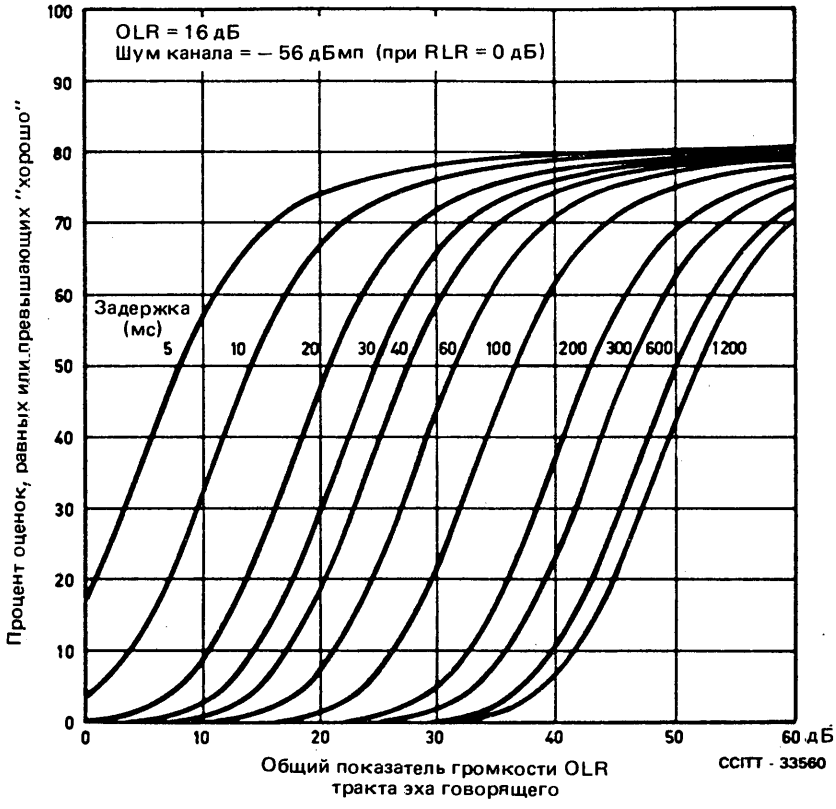


РИСУНОК А-9

Зависимость оценки методом мнений от общего показателя громкости (OLR), шума канала и эха говорящего

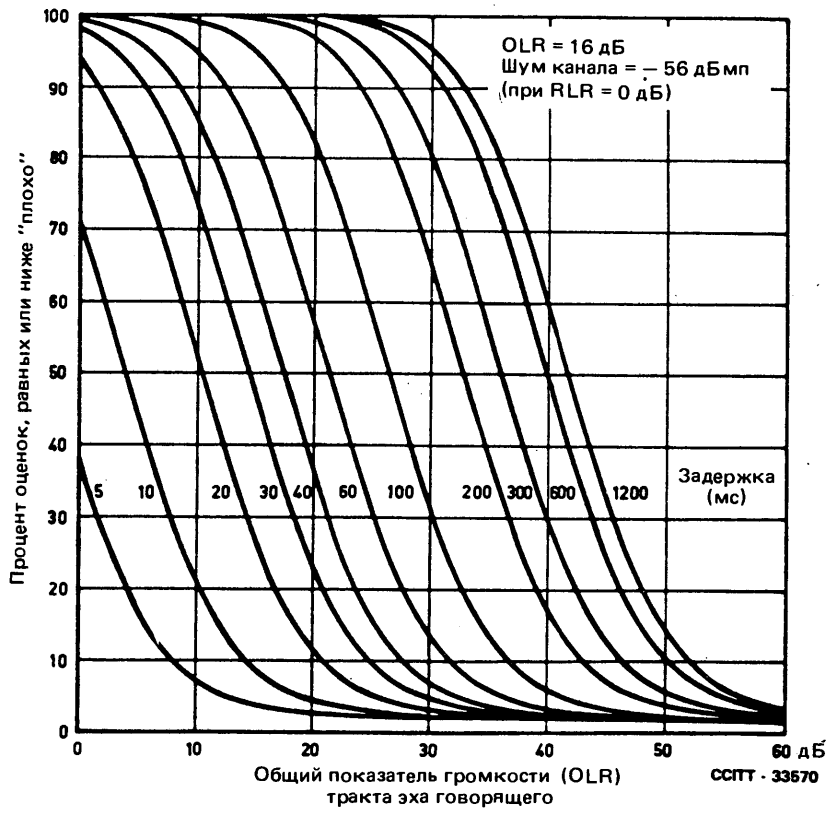


РИСУНОК А-10

Зависимость оценки методом мнений от общего показателя громкости (OLR), шума канала и эха говорящего

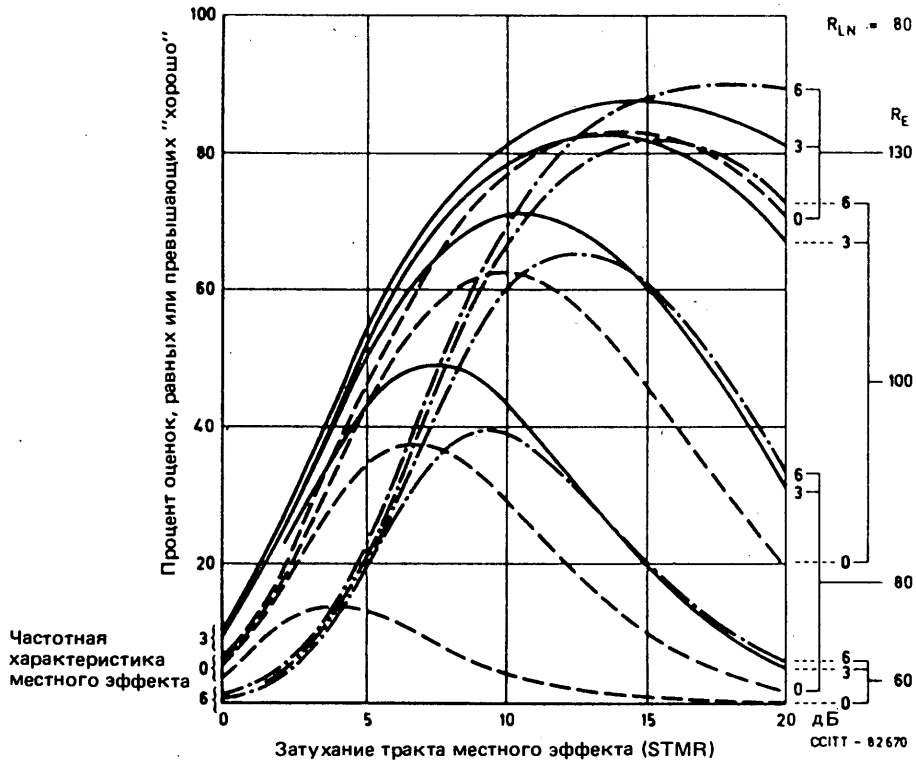


РИСУНОК А-11

Зависимость оценки методом мнений от общего показателя громкости (OLR), шума канала, эха говорящего и местного эффекта

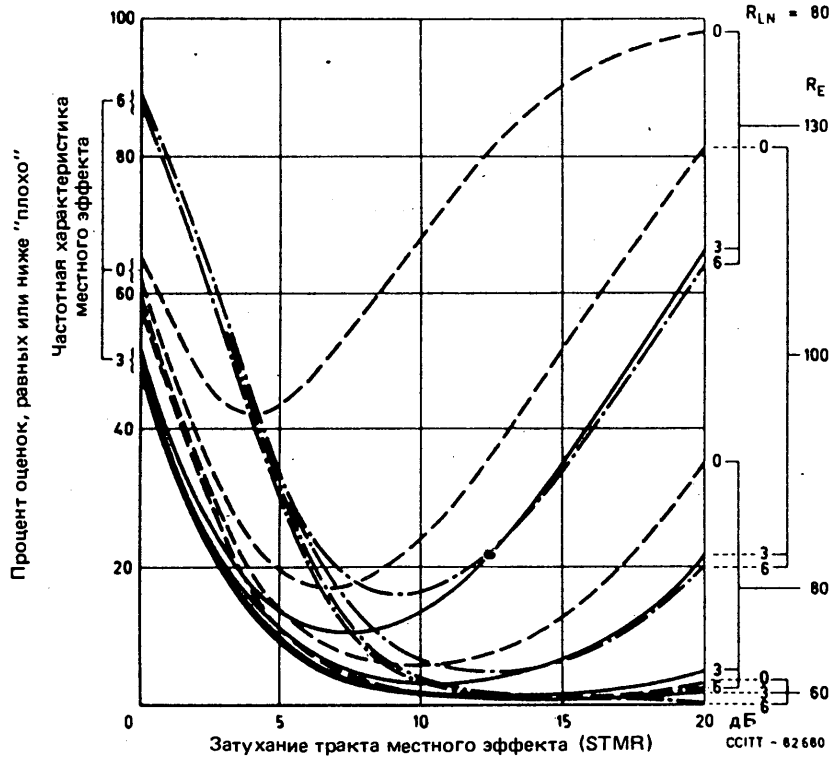


РИСУНОК А-12

Зависимость оценки методом мнений от общего показателя громкости (OLR), шума канала, эха говорящего и местного эффекта

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(к Дополнению № 3 – относится к § 2.9)

Расчетные характеристики качества передачи телефонных сетей

B.1 *Введение*

Цель данного приложения состоит в том, чтобы дать примеры по модели прогнозирования субъективных оценок, включенной в программу CATNAP (Программа оценки качества телефонных сетей с помощью компьютера), разработанную "Бритиш телеком". CATNAP включает указанную модель и раздел вычисления характеристик оборудования связи, позволяющий описывать элементы соединения с помощью легко идентифицируемых параметров, например длин кабельных участков, типов питающих мостов и т. д. Приводятся примеры вычислений для различных "гипотетических эталонных цепей" (HRC), которые могут встретиться в сети или полезны для проектировщиков.

Приведенные значения показателей громкости вычислены в соответствии с Рекомендацией P.79 для частотного диапазона от 200 Гц до 4 кГц. Оценки методом мнений Y_{LE} и Y_C, имеющие шкалу от 0 до 4, представляют оценку усилия слушающего и качества разговора (см. Дополнение № 2). Значения тока в линии, представленные вместе с другими результатами, определяются программой, которая на основе характеристик абонентской телефонной сети определяет допустимые значения тока в линии, и отсюда те значения характеристик телефонного оборудования, которые следует использовать. Программа также дает величины уровней речи для условий управляемого одностороннего разговора (V_L) и условий естественного двустороннего телефонного разговора (V_C). Эти данные и величины показателей громкости, отнесенные к интерфейсам сети (ближнему – NI и дальнему – FI), показаны на приведенных ниже рисунках.

Указанные результаты относятся к текущей (1983 г.) версии программы. Однако продолжаются исследования с целью улучшения корреляции расчетных и экспериментальных данных, так что модель может модифицироваться.

B.2 *HRC 1 – Разговор в пределах собственного телефонного узла* (см. рис. B-1)

Данная цепь представляет собой симметричное соединение, при котором длины абонентских линий близки к средним значениям. Подавление местного эффекта довольно хорошее, низки уровни шума помещения и шума канала. Оценка методом мнения качества разговора – хорошая, однако малое общее затухание означает, что уровень громкости соединения выше предпочтительного. Соединение с несколько меньшим уровнем громкости получило бы лучшую оценку.

B.3 *HRC 2 – Междугородный разговор в пределах страны* (см. рис. B-2)

Эти две симметричные гипотетические эталонные цепи состоят из абонентских линий, отвечающих ограничениям, установленным "Бритиш телеком", равным 1000 Ом/10 дБ, стыков абонентских линий, дающих 4,5 дБ, и двух стыков с четырехпроводной линией, каждый из которых дает величину потерь в 3,5 дБ, что является ограничениями, установленными планом связи "Бритиш телеком" (представлены в [29]).

В HRC 2 (a) используются абонентские линии с медными жилами диаметром 0,5 мм, которые обеспечивают значительно лучшие характеристики по местному эффекту, чем абонентские линии с медными жилами диаметром 0,9 мм, используемые в HRC 2 (b). Изменение уровня местного эффекта (> 10 дБ) вызывает резкое уменьшение оценки качества связи с 1,9 до 0,8 (с "удовлетворительно" до "плохо").

B.4 *HRC 3 – Междугородный разговор с использованием соединительной линии ИКМ* (см. рис. B-3)

Общий уровень потерь для этого соединения (OLR = 13,4 дБ) значительно меньше, чем для HRC 2. Используются абонентские линии средней длины с медными жилами диаметром 0,5 мм, имеющие хорошие характеристики по местному эффекту, только с одним стыком абонентской линии. Имеется один стык ИКМ (3 дБ, четырехпроводная линия). Он представлен в модели как единственный элемент, характеризуемый оконечным и переходным сопротивлениями 2/4-проводных оконечных устройств, уравновешенными потерями в каждом из направлений и фазовой задержкой в цепи. В рассчитанных программой CATNAP уровнях речи на входе для этого соединения шум квантования является незначительным.

По потерям передачи данное соединение является симметричным, но незначительное различие в уровне местного эффекта дало небольшое расхождение в оценках качества связи для обоих концов.

B.5 *HRC 4 – Асимметрия потерь передачи* (см. рис. B-4)

В целях демонстрации эффекта изменения степени асимметрии для этого соединения выполнен ряд вычислений. Изображенные кривые не являются подогнанными под какую-либо функцию, а просто соединяют точки, нанесенные на график. Они показывают влияние на оценку качества разговора и напряжение сигнала речи изменения потерь передачи только в одном направлении (от ближнего к дальнему концу). Потери от дальнего к ближнему концу поддерживаются на постоянном уровне, вследствие чего оценки абонента на ближнем конце меняются в значительно меньшей степени. График изменения напряжения сигнала речи имеет, как считается, слишком большой разброс значения, и в этом отношении необходимы дальнейшие исследования, но графики изменения оценки показывают те же тенденции, что и результаты, полученные Буридом [30].

Изменение потерь передачи фактически не повлияло на уровень местного эффекта.

B.6 *HRC 5 – Влияние шума помещения* (см. рис. B-5)

Вычисления, выполненные для этого соединения, демонстрируют влияние изменения уровня шума помещения как для абонента, находящегося на конце с высоким уровнем местного эффекта (ближний конец), так и для абонента, находящегося на конце с низким уровнем местного эффекта (дальний конец). Так же, как и для HRC 4, график построен путем простого соединения точек, отражающих результаты вычислений.

B.7 *HRC 6 – Влияние шума канала и ограничения ширины полосы* (см. рис. B-6)

Это соединение является четырехпроводным соединением эталонных телефонных аппаратов, обеспечивающих контроль местного эффекта. Уровень местного эффекта поддерживается равным 20 дБ, при котором большинство абонентов не ощущают его.

Подобное соединение может использоваться для исследования влияния отдельных ухудшений передачи при их независимом изменении. Здесь оно используется для демонстрации влияния на усилие слушающего и на оценку качества разговора уровня шумов, привнесенных в канал, и ограничения частотной полосы (низкочастотным фильтром), имеющих значения, наиболее вероятные для реальных телефонных сетей.

Как и в предыдущих случаях, график построен соединением плавной линией расчетных точек.

B.8 *HRC 7 – Последовательные вычисления при случайном выборе элементов сети* (см. рис. B-7)

Цель программы CATNAP состоит в том, чтобы оказать помощь в оценке характеристик сети, а не отдельных соединеций. Программа позволяет выполнять последовательные вычисления для группы соединений или для одного соединения со случайной выборкой элементов из базы данных.

В приведенном примере случайный выбор осуществляется из базы данных, содержащей результаты исследования 1800 реальных телефонных цепей. Это позволяет исследовать характеристики определенного элемента в условиях, отвечающих реальной сети. Поскольку хранимые данные отражают распределения длин и проводимостей в реальной сети, данный метод оценки дает более точную картину функционирования существующей сети.

Для данного примера было выполнено лишь несколько вычислений в целях демонстрации такой возможности, и результаты этих вычислений были распечатаны. При большом числе расчетов это непрактично, в этом случае результаты запоминаются и могут быть подвергнуты желаемой последующей обработке, например формированию графика распределения или статистической обработке.

В каждом вычислении для обоих концов соединения приводятся номера линий и их длина.

B.9 *HRC 8 – Пример использования CATNAP для нужд проектирования* (см. рис. B-8)

Цель данного примера – показать применение CATNAP при проектировании отдельных компонентов сети, удовлетворяющих поставленным при проектировании задачам.

При внедрении электронных телефонных аппаратов проектировщик имеет свободный выбор характеристик телефонного оборудования, например значений импеданса линии, которая должна быть подключена к телефонному аппарату для обеспечения полного подавления местного эффекта (Z_{so}).

Предпочтительные значения Z_{so} получаются в результате итерационной процедуры. В качестве примера были выполнены вычисления для стандартного используемого "Бритиш телеком" телефонного аппарата типа 706, а также для аппарата типа 706 при некоторых пробных значениях Z_{so} для абонентских линий с длиной кабеля в пределах ограничений "Бритиш телеком" с медными жилами со стандартными характеристиками и кабеля с жилами 0,5 мм средней длины. Для одного из наборов таких пробных значений, представляющегося допустимым, и стандартного телефонного аппарата типа 706 была проведена серия из 40 расчетов при случайном выборе абонентских линий из базы данных по 1800 линиям, использован-

ной в HRC 7. Результаты представлены в виде средних значений и стандартных отклонений данных распределения местного эффекта (STMR). Результаты показывают, что проектируемый вариант дает в среднем лучшие эксплуатационные характеристики, хотя на лимитированных линиях диаметром 0,63 и 0,9 мм эти характеристики для проектируемого варианта хуже (но эти линии менее употребительны на абонентских сетях, чем линии диаметром 0,5 мм).

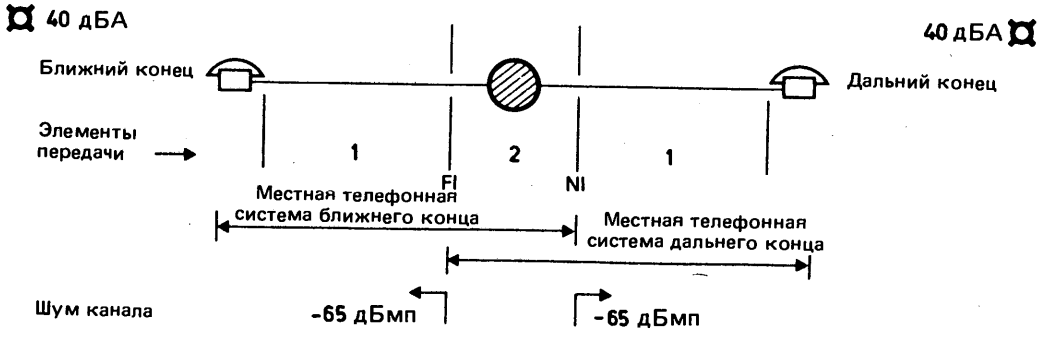
Как инструмент проектировщика программа может, кроме того, использоваться для проверки эксплуатационных характеристик предлагаемых усовершенствований, анализа влияния изменения характеристик и рассмотрения возможных улучшений этих характеристик.

B.10 *HRC 9 – Влияние изменения длины линии* (см. рис. B-9)

Эта гипотетическая эталонная цепь аналогична HRC 2, за исключением сортамента кабеля. В данном случае используется кабель с медными жилами диаметром 0,63 мм. Длина кабеля варьируется от 0 до 10 км, что превышает лимит длины, установленный "Бритиш телеком" (7,2 км).

Результаты представлены в виде графиков зависимости субъективной оценки качества разговора, общего показателя громкости (OLR) и напряжения сигнала речи от длины линии. Как и ранее, вычисленные точки просто соединены линией.

Вычисления по этому варианту представлены для демонстрации "инверсного" применения CATNAP. Предельные значения OLR известны (из плана передачи), и вычисления по программе CATNAP используются для определения допустимых длин кабелей. Возможность вычисления эксплуатационных показателей в виде оценки качества разговора позволяет устанавливать предельные значения эксплуатационных характеристик исходя из оценки качества разговора, что ближе к реальным показателям функционирования, чем лимиты эксплуатационных характеристик по показателям громкости.



CCITT - 41700

Элементы передачи

Телефонные аппараты – "Бритиш телеком", тип № 706

1 Непупинизированная кабельная линия длиной 1,6 км с жилой 0,5 мм (168 Ом/км, 50 нФ/км).

2 Бестрансформаторный питающий мост (2 X 200 Ом, 2 + 2 мкФ, 50 В).

Ближний конец

STMR	=	9,02	*IL*	=	64
RLR	=	−5,15	SLR	=	4,76
Y_{LE}	=	3,48	OLR	=	−0,27
Y_C	=	3,15	V_L	=	−18,24
RN	=	40,00	V_C	=	−22,69
			ICN	=	−65,00

Дальний конец

IL	=	64	RLR	=	−5,15
OLR	=	−0,27	STMR	=	9,02
SLR	=	4,76	Y_{LE}	=	3,48
V_L	=	−18,24	Y_C	=	3,15
V_C	=	−22,69	RN	=	40,00
ICN	=	−65,00			

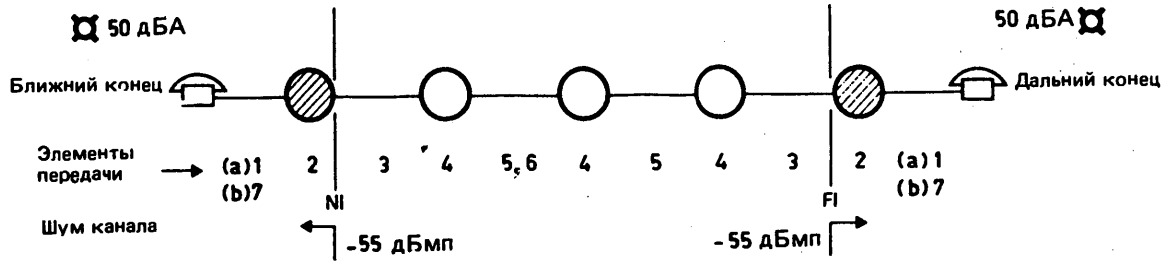
IL Ток линии (мА)
SLR Показатель громкости на передаче (дБ)
RLR Показатель громкости на приеме (дБ)
OLR Общий показатель громкости (дБ)
STMR Показатель громкости маскирования местного эффекта (дБ)
Y_{LE} Оценка усилия слушающего
Y_C Оценка методом мнений качества разговора
V_L Напряжение сигнала речи на интерфейсе (дБВ) при контрольных условиях разговора
V_C Напряжение сигнала речи на интерфейсе (дБВ) при реальных условиях разговора
RN Уровень шума помещения (окружающей среды) (дБА), спектр Хота
ICN Уровень вносимого шума канала, отнесенный к 0 дБ показателя громкости на приеме
NI Ближний интерфейс
FI Дальний интерфейс

Примечание 1. – Шум помещения имеет спектр Хота.

Примечание 2. – Общий показатель громкости, указанный в левой колонке, относится к передаче от ближнего к дальнему концу, а общий показатель громкости в правой колонке – к передаче от дальнего к ближнему концу.

РИСУНОК B-1

HRC 1 – Разговор в пределах собственного телефонного узла



Элементы передачи

Телефонные аппараты — "Бритиш телеком", тип № 706

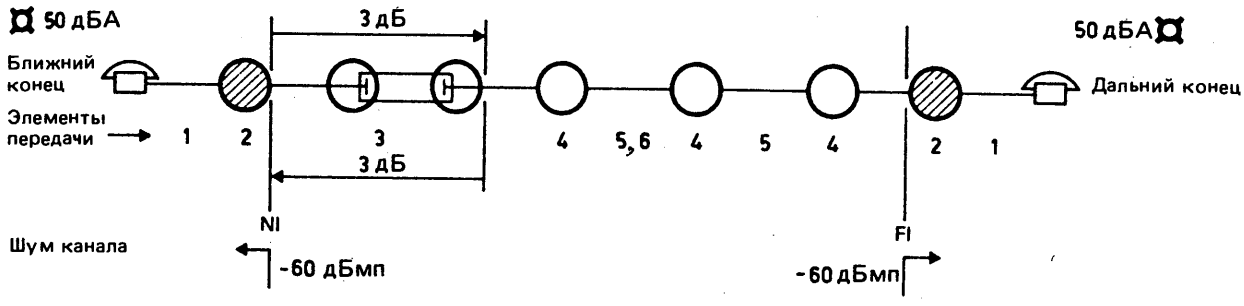
1 Непупинизированная кабельная линия длиной 6 км с жилой 0,5 мм (168 Ом/км, 50 нФ/км).
2 Бестрансформаторный питающий мост (2 X 200 Ом, 2 + 2 мкФ, 50 В).
3 Пупинизированная соединительная линия длиной 19,6 км с жилой 0,9 мм, 88 мГ на расстоянии 1,83 км.
4 Трансформаторный питающий мост (50 В).
5 Затухание 3,5 дБ, частотно-независимое, 600 Ом.
6 Фильтр канала 300 Гц — 3,4 кГц, 600 Ом.
7 Непупинизированная кабельная линия длиной 10 км с жилой 0,9 мм (55 Ом/км, 50 нФ/км).

Ближний конец								*Дальний конец*		
STMR	=	11,19	*IL*	=	32	*IL*	=	32	RLR	=	−1,32
RLR	=	−−1,32	SLR	=	8,21	OLR	=	25,07	STMR	=	11,19
Y_{LE}	=	1,98	OLR	=	25,07	SLR	=	8,21	Y_{LE}	=	1,98
Y_C	=	1,86	V_L	=	−21,40	V_L	=	−21,40	Y_C	=	1,86
RN	=	50,00	V_C	=	−22,46	V_C	=	−22,46	RN	=	50,00
			ICN	=	−55,00	ICN	=	−55,00			

Ближний конец								*Дальний конец*		
STMR	=	−0,14	*IL*	=	50	*IL*	=	50	RLR	=	−2,05
RLR	=	−2,05	SLR	=	6,62	OLR	=	24,04	STMR	=	−0,14
Y_{LE}	=	1,72	OLR	=	24,04	SLR	=	6,62	Y_{LE}	=	1,72
Y_C	=	0,81	V_L	=	−19,75	V_L	=	−19,75	Y_C	=	0,81
RN	=	50,00	V_C	=	−21,52	V_C	=	−21,52	RN	=	50,00
			ICN	=	−55,00	ICN	=	−55,00			

РИСУНОК В-2

HRC 2 — Междугородный разговор в пределах страны



Элементы передачи

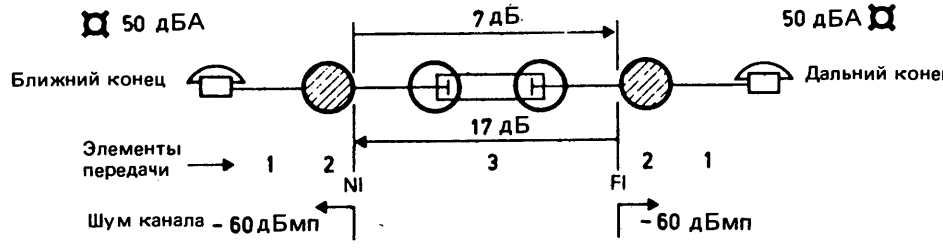
Телефонные аппараты – "Бритиш телеком", тип № 706.

1 Непупинизированная кабельная линия длиной 1,6 км с жилой 0,5 мм (168 Ом/км, 50 нФ/км).
2 Бестрансформаторный питающий мост (2 X 200 Ом, 2 + 2 мкФ, 50 В).
3 Система ИКМ 3 дБ на частотах до 3,4 кГц, 600 Ом.
4 Трансформаторный питающий мост (50 В).
5 Затухание 3,5 дБ, частотно-независимое, 600 Ом.
6 Фильтр канала 300 Гц – 3,4 кГц, 600 Ом.

Ближний конец								*Дальний конец*		
STMR	=	9,31	*IL*	=	64	*IL*	=	64	RLR	=	−4,95
RLR	=	−4,95	SLR	=	4,95	OLR	=	13,38	STMR	=	8,55
Y_{LE}	=	3,34	OLR	=	13,38	SLR	=	4,95	Y_{LE}	=	3,34
Y_C	=	2,73	V_L	=	−18,60	V_L	=	−18,60	Y_C	=	2,75
RN	=	50,00	V_C	=	−22,19	V_C	=	−22,45	RN	=	50,00
			ICN	=	−60,00	ICN	=	−60,00			

РИСУНОК В-3

HRC 3 – Междугородный разговор с использованием соединительной линии ИКМ



CCITT - 41730

Элементы передачи

Телефонные аппараты — "Бритиш телеком", тип № 706

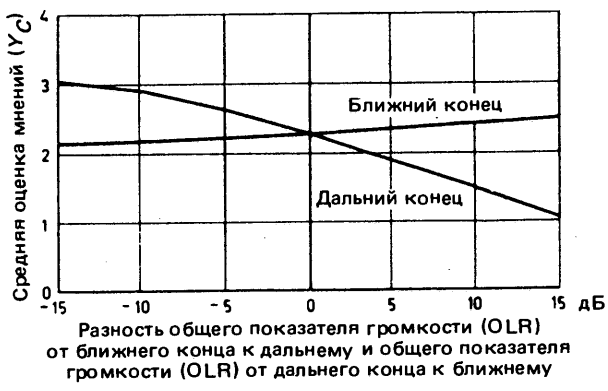
1 Непупинизированная кабельная линия длиной 6 км с жилой 0,5 мм (168 Ом/км, 50 нФ/км).

2 Бестрансформаторный питающий мост (2 X 200 Ом, 2 + 2 мкФ, 50 В).

3 Затухание системы с частотным разделением каналов показано на графиках, частоты до 3,4 кГц, 600 Ом.

Ближний конец								*Дальний конец*		
STMR	=	13,89	*IL*	=	32	*IL*	=	32	RLR	=	−1,31
RLR	=	−1,31	SLR	=	8,21	OLR	=	14,35	STMR	=	13,89
Y_{LE}	=	2,62	OLR	=	24,22	SLR	=	8,21	Y_{LE}	=	3,40
Y_C	=	2,18	V_L	=	−21,40	V_L	=	−21,40	Y_C	=	2,90
RN	=	50,00	V_C	=	−22,69	V_C	=	−24,22	RN	=	50,00
			ICN	=	−60,00	ICN	=	−60,00			

Результаты, показанные кривыми на графиках, представленных ниже, относятся к одному и тому же соединению с затуханием от ближнего к дальнему концу в системе ЧРК, варьируемым от 2 до 32 дБ. Затухание от дальнего к ближнему концу было 17 дБ.



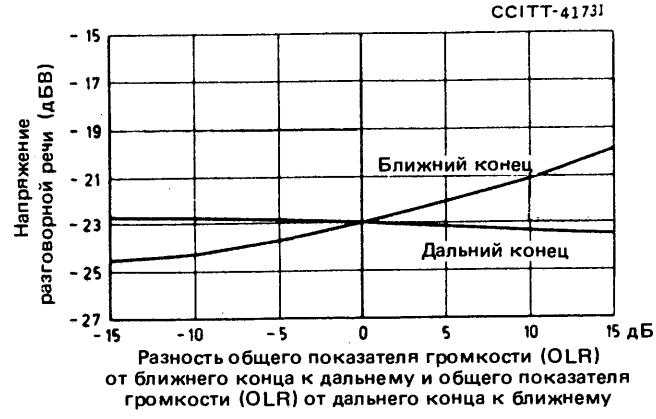
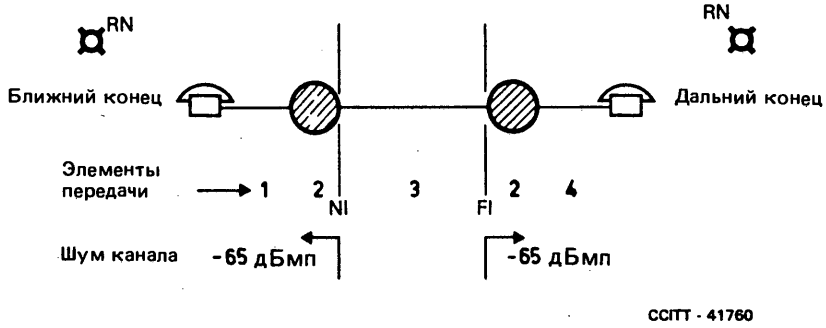


РИСУНОК В-4

HRC 4 — Влияние асимметрии потерь передачи



Элементы передачи

Телефонные аппараты — "Бритиш телеком", тип № 706

1 Непупинизированная кабельная линия длиной 10 км с жилой 0,9 мм (55 Ом/км, 50 нФ/км).

2 Бестрансформаторный питающий мост (2 X 200 Ом, 2 + 2 мкФ, 50 В).

3 Затухание 20 дБ, частотно-независимое, 600 Ом.

4 Непупинизированная кабельная линия длиной 6 км с жилой 0,5 мм (168 Ом/км, 50 нФ/км).

Ближний конец								*Дальний конец*		
STMR	=	0,28	*IL*	=	50	*IL*	=	32	RLR	=	−1,32
RLR	=	−2,04	SLR	=	6,62	OLR	=	24,69	STMR	=	13,66
Y_{LE}	=	2,63	OLR	=	25,53	SLR	=	8,82	Y_{LE}	=	2,87
Y_C	=	2,17	V_L	=	−19,75	V_L	=	−21,40	Y_C	=	2,17
RN	=	40,00	V_C	=	−24,83	V_C	=	−22,67	RN	=	40,00
			ICN	=	−65,00	ICN	=	−65,00			

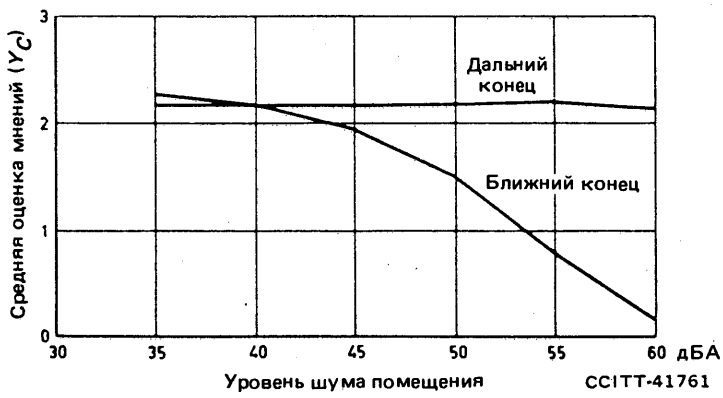
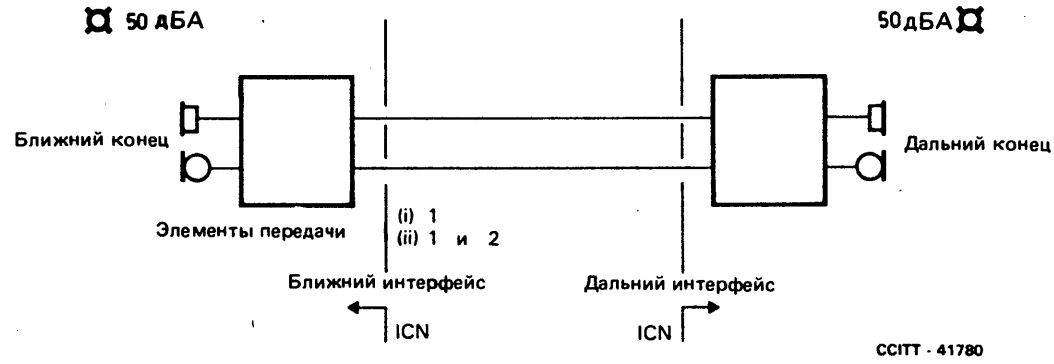


РИСУНОК B-5

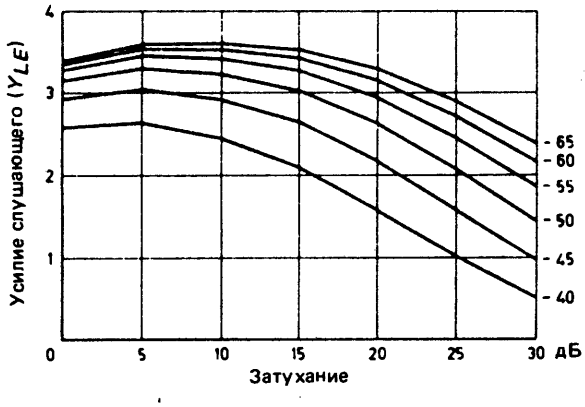
HRC 5 — Влияние уровня шума помещения

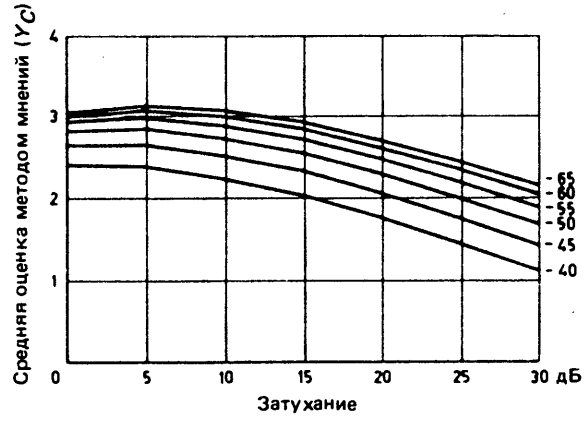


Элементы передачи

Телефонные аппараты — Промежуточная эталонная система (см. Рекомендацию Р.48) с STMR тракта местного эффекта, равным 20 дБ.

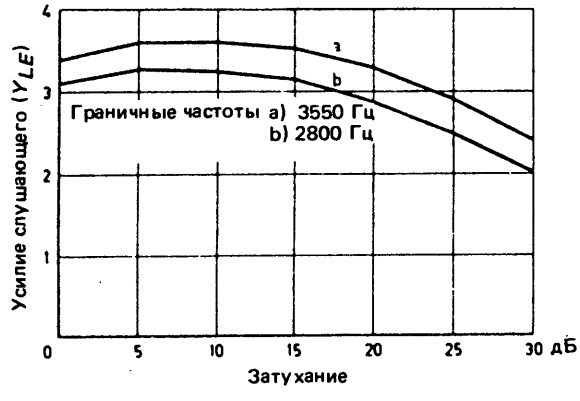
1 Затухание 0 — 30 дБ, частотно-независимое, 600 Ом.
2 Фильтры 600 Ом, (a) 0 — 3,55 кГц
(b) 0 — 2,80 кГц

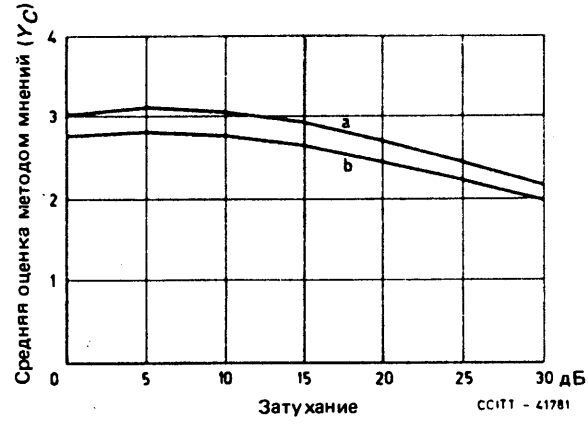




Примечание. — Эти графики показывают влияние на Y_{LE} и Y_C изменения уровня вносимого шума канала от — 65 дБмп до — 40 дБмп, отнесенного к 0 дБ показателя громкости на приеме.

a) Влияние уровня вносимого шума канала и общей величины потерь на усилие слушающего и оценку методом мнений



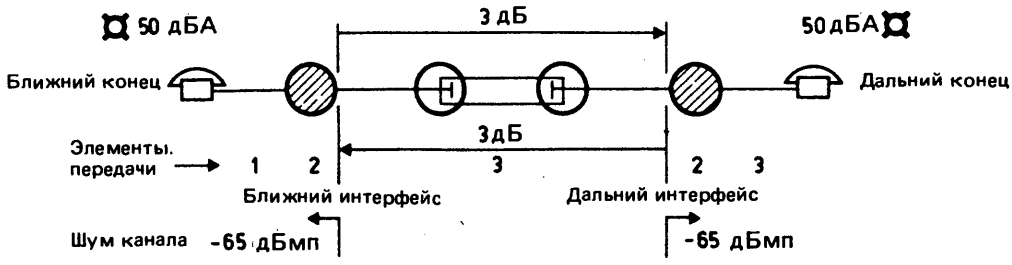


Примечание. — Эти графики показывают влияние ограничения ширины полосы идеальным фильтром низких частот.

b) Влияние ограничения ширины полосы (низкочастотным фильтром) и затухания на усилие слушающего и оценку разговора методом мнений.

РИСУНОК В-6

HRC 6 — Влияние вносимого шума канала и ограничения ширины полосы



CCITT-41831

Элементы передачи

Телефонные аппараты — "Бритиш телеком", тип № 706

1 Линия: случайный выбор из данных по 1800 существующим абонентским линиям
2 Бестрансформаторный питающий мост (2 X 200 Ом, 2 + 2 мкФ, 50 В)
3 Система ИКМ 600 Ом, 3 дБ
4 Линия: случайный выбор из данных по 1800 существующим абонентским линиям, как в пункте 1, выше.

Линия 43 (1,3 км)

Ближний конец								*Дальний конец*
STMR = 10,38		*IL* = 64		*IL* = 64				RLR = −4,44
RLR = −4,46		SLR = 5,45		OLR = 4,77				STMR = 8,59
Y_{LE} = 3,56		OLR = 4,77		SLR = 5,47				Y_{LE} = 3,57
Y_C = 3,06		V_L = −19,07		V_L = −19,11				Y_C = 3,07
RN = 50,00		V_C = −22,96		V_C = −23,56				RN = 50,00
		ICN = −65,00		ICN = −65,00				

Линия 121 (0,9 км)

Линия 731 (0,3 км)

Ближний конец								*Дальний конец*
STMR = 7,19		*IL* = 75		*IL* = 64				RLR = −5,41
RLR = −5,74		SLR = 4,08		OLR = 2,42				STMR = 6,77
Y_{LE} = 3,45		OLR = 2,53		SLR = 4,50				Y_{LE} = 3,50
Y_C = 3,05		V_L = −17,46		V_L = −18,16				Y_C = 3,06
RN = 50,00		V_C = −22,29		V_C = −23,13				RN = 50,00
		ICN = −65,00		ICN = −65,00				

Линия 87 (0,5 км)

Линия 4 (2,0 км)

Ближний конец								*Дальний конец*
STMR = 4,33		*IL* = 50		*IL* = 75				RLR = −5,38
RLR = −4,65		SLR = 4,05		OLR = 2,45				STMR = 7,28
Y_{LE} = 3,53		OLR = 3,54		SLR = 4,45				Y_{LE} = 3,47
Y_C = 3,05		V_L = −17,84		V_L = −17,83				Y_C = 3,03
RN = 50,00		V_C = −23,53		V_C = −22,60				RN = 50,00
		ICN = −65,00		ICN = −65,00				

Линия 776 (0,9 км)

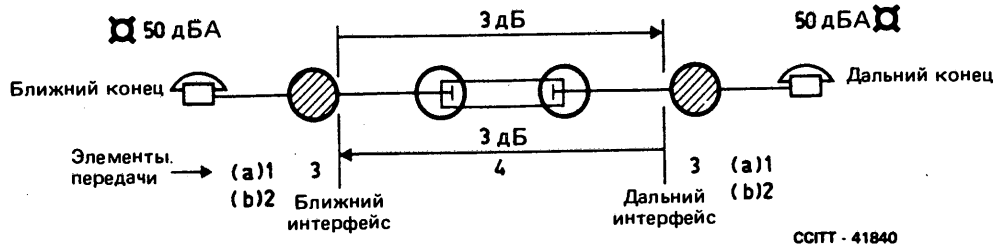
Линия 1018 (2,2 км)

Ближний конец								*Дальний конец*
STMR = 8,95		*IL* = 50		*IL* = 40				RLR = −2,72
RLR = −5,27		SLR = 3,41		OLR = 4,37				STMR = 8,94
Y_{LE} = 3,54		OLR = 4,59		SLR = 6,18				Y_{LE} = 3,56
Y_C = 3,03		V_L = −17,17		V_L = −19,54				Y_C = 3,07
RN = 50,00		V_C = −21,42		V_C = −23,88				RN = 50,00
		ICN = −65,00		ICN = −65,00				

Линия 1647 (2,5 км)

РИСУНОК B-7

HRC 7 — Пример со случайным выбором абонентских линий



Элементы передачи

Телефонные аппараты — "Бритиш телеком", тип № 706 с изменяемым соответственно значением Z_{SO}

1 Непупинизированная кабельная линия с характеристиками, указанными ниже.
2 Линия: случайный выбор из данных по 1800 существующим абонентским линиям.
3 Бестрансформаторный питающий мост (2 X 200 Ом, 2 + 2 мкФ, 50 В).
4 Система ИКМ, 600 Ом, 3 дБ.

Примечание. — См. также таблицы B-1 и B-2.

РИСУНОК B-8

HRC 8 — Пример использования CATNAP при проектировании

ТАБЛИЦА B-1

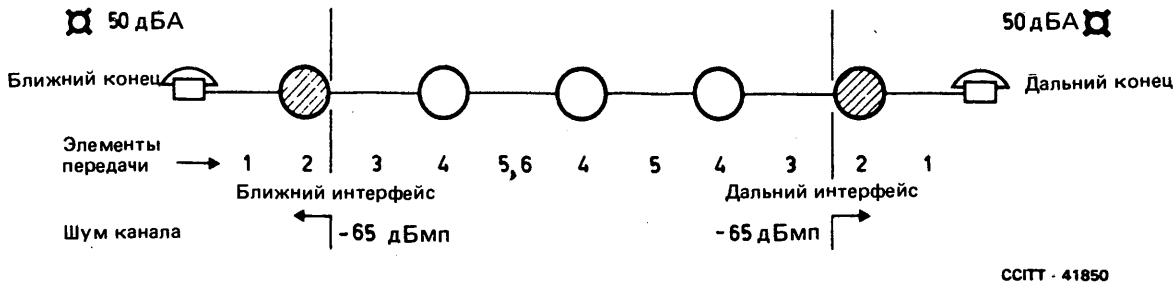
Значения STMR (дБ) для выбранных линий (медные проводники)

Z_{SO}	1,6 км 0,5 мм (медиана)	6 км 0,5 мм	3,7 км 0,4 мм	7,2 км 0,63 мм	10 км 0,9 мм
		← (лимитированные) →			
706	9,9	15,7	7,2	7,5	0,0
Сопряженное с входным значением Z	1,8	1,1	0,6	– 0,2	– 0,6
600 Ом	6,6	– 0,8	– 1,2	– 2,0	– 3,0
Предложенные значения	10,2	13,4	13,8	4,4	– 1,3

ТАБЛИЦА B-2

Распределение STMR для набора из 40 абонентских линий для телефонного аппарата "Стандарт 706" и предложенных значений

Z_{SO}	Среднее	Стандартное отклонение	Максимальное значение	Минимальное значение
706	8,3	± 2,5	14,1	3,8
Предложенные значения	9,4	± 3,1	17,9	4,2

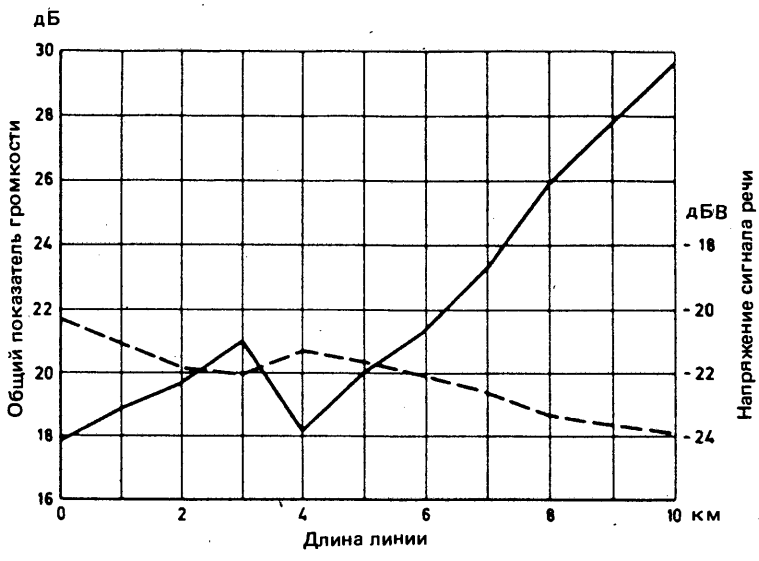


Элементы передачи

Телефонные аппараты — "Бритиш телеком", тип № 706

1 Непупинизированная кабельная линия длиной 0 — 10 км с жилой 0,63 мм (109 Ом/км, 50 нФ/км)
2 Бестрансформаторный питающий мост (2 X 200 Ом, 2 + 2 мкФ, 50 В)
3 Пупинизированная соединительная линия длиной 19,6 км с жилой 0,9 мм, 88 мГ на расстоянии 1,83 км
4 Трансформаторный питающий мост (50 В)
5 Затухание 3,5 дБ, частотно-независимое, 600 Ом
6 Фильтр канала 300 Гц — 3,4 кГц, 600 Ом

Результаты показаны на графиках



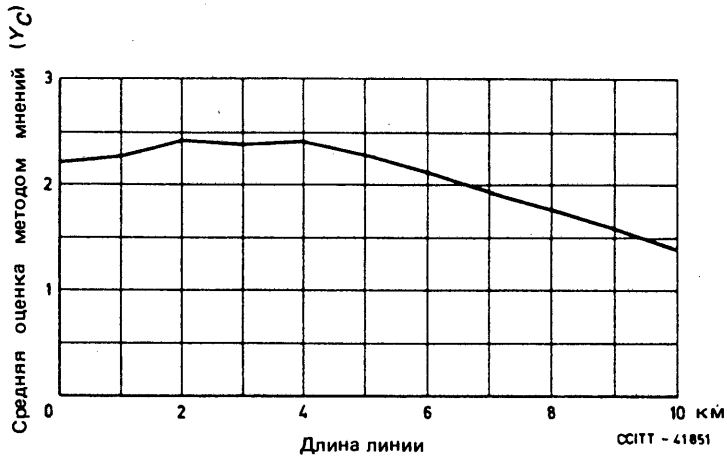


РИСУНОК В-9

HRC 9 — Влияние изменения длины линии

ПРИЛОЖЕНИЕ С

(к Дополнению № 3 – относится к § 4.3.1.2)

Расчет спектральной плотности шума

Как для шума помещения, так и для шума канала необходимо пересчитать скалярное значение шума в набор значений, описывающих распределение уровня шума по всему спектру (см. рис. 4-4). В таблице С-1 представлены данные распределения по спектру шума R_N (равного 60 дБА) и V_c (равного – 56 дБмп). Значение шума помещения заимствовано из рис. 2/Р.45 [50] и рис. 1 из Дополнения № 13. V_c представляет собой смесь из шума канала и шума, создаваемого коммутационным оборудованием. Они соответственно представлены шумом с равномерной спектральной плотностью и шумом со спектральной плотностью, изменяющейся со скоростью – 8 дБ/октава. Если по условиям проведения испытания известны только скалярные значения уровня шума, а распределение уровня шума по спектру неизвестно, тогда в программе OPINE используются данные для спектра смешанного шума, при этом шум, изменяющийся со скоростью – 8 дБ/октава, имеет общий уровень на 10 дБ ниже, чем уровень равномерного шума. Кроме того, характеристики SRAEN увеличены на величину равномерного шума.

ТАБЛИЦА С-1

Значения спектральной плотности шума, используемые в программе OPINE

R_N = 60 дБА V_C = – 56 дБмп

№	Частота	B_{RNi}	V_{flat} + SRAEN	$V_{-8/oct}$	V_{CQi} = V_{flat} (+) $V_{-8/oct}$
	(Гц)	(дБ) 20 мкПа/Гц	(дБВ/Гц)	(дБВ/Гц)	(дБВ/Гц)
1	100	42,07	– 112,91	– 75,25	– 75,25
2	125	40,67	– 102,61	– 77,95	– 77,93
3	160	39,07	– 98,11	– 80,55	– 80,47
4	200	37,37	– 96,81	– 83,25	– 83,06
5	250	35,87	– 95,21	– 85,95	– 85,46
6	315	34,37	– 93,31	– 88,55	– 87,29
7	400	32,87	– 92,41	– 91,25	– 88,78
8	500	31,17	– 91,91	– 93,85	– 89,76
9	630	29,57	– 91,51	– 96,55	– 90,32
10	800	27,87	– 91,21	– 99,25	– 90,57
11	1000	26,37	– 91,21	– 101,95	– 90,86
12	1250	24,77	– 91,21	– 104,55	– 91,01
13	1600	23,07	– 91,11	– 107,25	– 91,00
14	2000	21,37	– 91,01	– 109,95	– 90,95
15	2500	19,57	– 91,01	– 112,55	– 90,98
16	3150	17,37	– 91,21	– 115,25	– 91,19
17	4000	14,87	– 178,71	– 117,95	– 117,95
18	5000	12,17	– 291,21	– 120,55	– 120,55
19	6300	9,37	– 291,21	– 123,25	– 123,25
			– 56,4 дБмп	– 66,4 дБмп	

ПРИЛОЖЕНИЕ D

(к Дополнению № 3 – относится к § 4.3.3)

Примеры вычисления средних значений субъективной оценки

Приведенные здесь данные получены при испытаниях с телефонными аппаратами типа NTT 600 и абонентской линией (LTC) с жилой диаметром 0,4 мм и затуханием 7 дБ. Входные данные, относящиеся к абонентской линии, приведены в таблице D-1. Для данного соединения SLR = 6,6 дБ, а RLR = – 3,8 дБ. Условия проведения испытания и вычисленные значения основных показателей приведены в таблице D-2.

Результаты вычисления общих электроакустических характеристик (§ 4.3.1) для условий проведения испытаний № 11 (таблица D-2) показаны на рис. D-1, где общий показатель громкости (OLR) равен 6,4 дБ.

ТАБЛИЦА D-1

Чувствительность абонентской линии (телефонный аппарат типа NTT 600 с абонентской линией с жилой диаметром 0,4 мм и затуханием 7 дБ)

№	Частота	S_{MJi}	S_{JEi}	L_{MESTi}	L_{RNSTi}
	(Гц)	(дБ) относительно В/Па	(дБ) относительно Па/В	(дБ)	(дБ)
1	100	– 22,3	– 40,0	5,3	28,6
2	125	– 25,1	– 2,7	6,7	26,3
3	160	– 23,8	2,5	5,0	20,8
4	200	– 18,8	7,3	2,3	14,1
5	250	– 14,4	11,3	– 3,0	5,6
6	315	– 12,3	14,6	– 6,4	– 1,3
7	400	– 12,5	15,9	– 5,6	– 1,8
8	500	– 12,6	15,7	– 3,6	– 0,3
9	630	– 12,3	14,9	– 2,1	2,8
10	800	– 11,9	14,4	– 0,4	3,9
11	1000	– 11,6	14,5	0,1	3,4
12	1250	– 12,0	14,8	0,0	3,1
13	1600	– 12,0	14,1	0,1	0,1
14	2000	– 9,8	14,4	– 3,3	– 2,1
15	2500	– 10,0	16,2	– 5,0	3,4
16	3150	– 11,0	11,5	2,7	15,0
17	4000	– 16,8	8,9	11,1	22,3
18	5000	– 27,9	– 30,0	28,1	35,1
19	6300	– 32,0	– 30,0	32,7	35,3

ТАБЛИЦА D-2

Пример оценок основных параметров, полученных с помощью программы OPINE

Условия проведения испытания (STMR = 7,1 дБ)						Преобразование во входные данные OPINE			Выходные данные					
№	Общий показатель громкости шума (дБ)	R_N (дБА)	Шум канала (дБмп)	Шум коммутационного оборудования (дБмп)	Частотная характеристика (см. таблицу D-3)	OLR (дБ)	L (дБ)	V_C (дБмп)	PI_{EL}	PI_N	PI_{AD}	PI_{ST}	OPI	MOS
1	– 3,8	0			1	– 3,6	– 7,3	– 95,1	0,63	0,00	0,19	0,15	0,97	2,58
2	1,2	0			1	1,4	– 2,3	– 95,1	0,23	0,00	0,10	0,15	0,49	3,04
3	6,2	0			1	6,4	2,7	– 95,1	0,03	0,00	0,09	0,15	0,27	3,23
4	11,2	0			1	11,4	7,7	– 95,1	0,40	0,00	0,12	0,15	0,67	2,88
5	16,2	0			1	16,4	12,7	– 95,1	0,80	0,00	0,08	0,15	1,03	2,52
6	21,2	0			1	21,4	17,7	– 95,1	1,20	0,00	0,04	0,15	1,40	2,16
7	26,2	0			1	26,4	22,7	– 95,1	1,61	0,00	0,04	0,15	1,81	1,75
8	31,2	0			1	31,4	27,7	– 95,1	2,02	0,00	0,02	0,15	2,20	1,37
9	– 3,8	60	– 56,9	– 62,2	1	– 3,6	– 7,3	– 55,8	0,56	0,21	0,19	0,15	1,12	2,44
10	1,2	60	– 56,9	– 62,2	1	1,4	– 2,3	– 55,8	0,14	0,21	0,10	0,15	0,61	2,93
11	6,2	60	– 56,9	– 62,2	1	6,4	2,7	– 55,8	0,15	0,21	0,09	0,15	0,60	2,94
12	11,2	60	– 56,9	– 62,2	1	11,4	7,7	– 55,8	0,60	0,21	0,12	0,15	1,08	2,48
13	16,2	60	– 56,9	– 62,2	1	16,4	12,7	– 55,8	1,09	0,21	0,08	0,15	1,54	2,02
14	21,2	60	– 56,9	– 62,2	1	21,4	17,7	– 55,8	1,62	0,21	0,04	0,15	2,03	1,53
15	26,2	60	– 56,9	– 62,2	1	26,4	22,7	– 55,8	2,21	0,23	0,04	0,15	2,64	0,95
16	31,2	60	– 56,9	– 62,2	1	31,4	27,7	– 55,8	2,87	0,26	0,02	0,15	3,30	0,41
17	1,2	60	– 56,9		1	1,4	– 2,3	– 57,0	0,15	0,16	0,10	0,15	0,57	2,97
18	11,2	60	– 56,9		1	11,4	7,7	– 57,0	0,59	0,16	0,12	0,15	1,02	2,53
19	21,2	60	– 56,9		1	21,4	17,7	– 57,0	1,61	0,16	0,04	0,15	1,96	1,60
20	31,2	60	– 56,9		1	31,4	27,7	– 57,0	2,84	0,21	0,02	0,15	3,23	0,47
21	1,2	50	– 56,9	– 62,2	1	1,4	– 2,3	– 55,8	0,17	0,21	0,10	0,15	0,64	2,90
22	11,2	50	– 56,9	– 62,2	1	11,4	7,7	– 55,8	0,53	0,21	0,12	0,15	1,01	2,54
23	21,2	50	– 56,9	– 62,2	1	21,4	17,7	– 55,8	1,48	0,21	0,04	0,15	1,89	1,67
24	31,2	50	– 56,9	– 62,2	1	31,4	27,7	– 55,8	2,59	0,22	0,02	0,15	2,99	0,65
25	1,2	45	– 68,2	– 68,2	1	1,4	– 2,3	– 65,2	0,20	0,02	0,10	0,15	0,48	3,05
26	13,2	45	– 68,2	– 68,2	1	13,4	9,7	– 65,2	0,63	0,02	0,12	0,15	0,92	2,63
27	26,2	45	– 68,2	– 68,2	1	26,4	22,7	– 65,2	1,80	0,02	0,04	0,15	2,02	1,55
28	1,2	45	– 63,8	– 68,2	1	1,4	– 2,3	– 62,5	0,20	0,04	0,10	0,15	0,50	3,03
29	13,2	45	– 63,8	– 68,2	1	13,4	9,7	– 62,5	0,65	0,04	0,12	0,15	0,96	2,60
30	26,2	45	– 63,8	– 68,2	1	26,4	22,7	– 62,5	1,84	0,04	0,04	0,15	2,07	1,49
31	2,2	60	– 56,9	– 62,2	3	2,5	– 2,4	– 55,8	0,07	0,21	0,28	0,15	0,72	2,83
32	12,2	60	– 56,9	– 62,2	3	12,5	7,6	– 55,8	0,69	0,21	0,20	0,15	1,25	2,30
33	22,2	60	– 56,9	– 62,2	3	22,5	17,6	– 55,8	1,71	0,21	0,12	0,15	2,19	1,37
34	32,2	60	– 56,9	– 62,2	3	32,5	27,6	– 55,8	2,95	0,26	0,04	0,15	3,41	0,35
35	4,1	60	– 56,9	– 62,2	7	5,1	– 2,3	– 55,8	0,02	0,21	0,45	0,15	0,84	2,71
36	14,1	60	– 56,9	– 62,2	7	15,1	7,7	– 55,8	0,89	0,21	0,31	0,15	1,57	1,99
37	24,1	60	– 56,9	– 62,2	7	25,1	17,7	– 55,8	1,92	0,22	0,18	0,15	2,47	1,10
38	34,1	60	– 56,9	– 62,2	7	35,1	27,7	– 55,8	3,16	0,27	0,06	0,15	2,64	0,23

ТАБЛИЦА D-3

Частотные характеристики, используемые в таблице D-2

Частота	1	2	3
(Гц)	SRAEN (дБ)	(Примечание 1) (дБ)	(Примечание 2) (дБ)
100	21,7	40,0	76,0
125	11,4	32,0	60,0
160	6,9	23,0	47,0
200	5,6	17,2	36,0
250	4,0	12,0	24,5
315	2,1	6,5	15,0
400	1,2	2,5	7,0
500	0,7	1,0	2,5
630	0,3	0,5	0,5
800	0,0	0,0	0,0
1000	0,0	– 0,1	0,0
1250	0,0	– 0,1	0,0
1600	– 0,1	– 0,3	0,2
2000	– 0,2	– 0,1	0,9
2500	– 0,2	0,5	2,5
3150	0,0	4,0	9,0
4000	87,5	12,5	19,5
5000	200,0	22,0	30,0
6300	200,0	32,0	41,0

Примечание 1. – Три четырехпроводные цепи, 50 %-ный доверительный интервал.

Примечание 2. – Семь четырехпроводных цепей, 95,5 %-ный доверительный интервал.

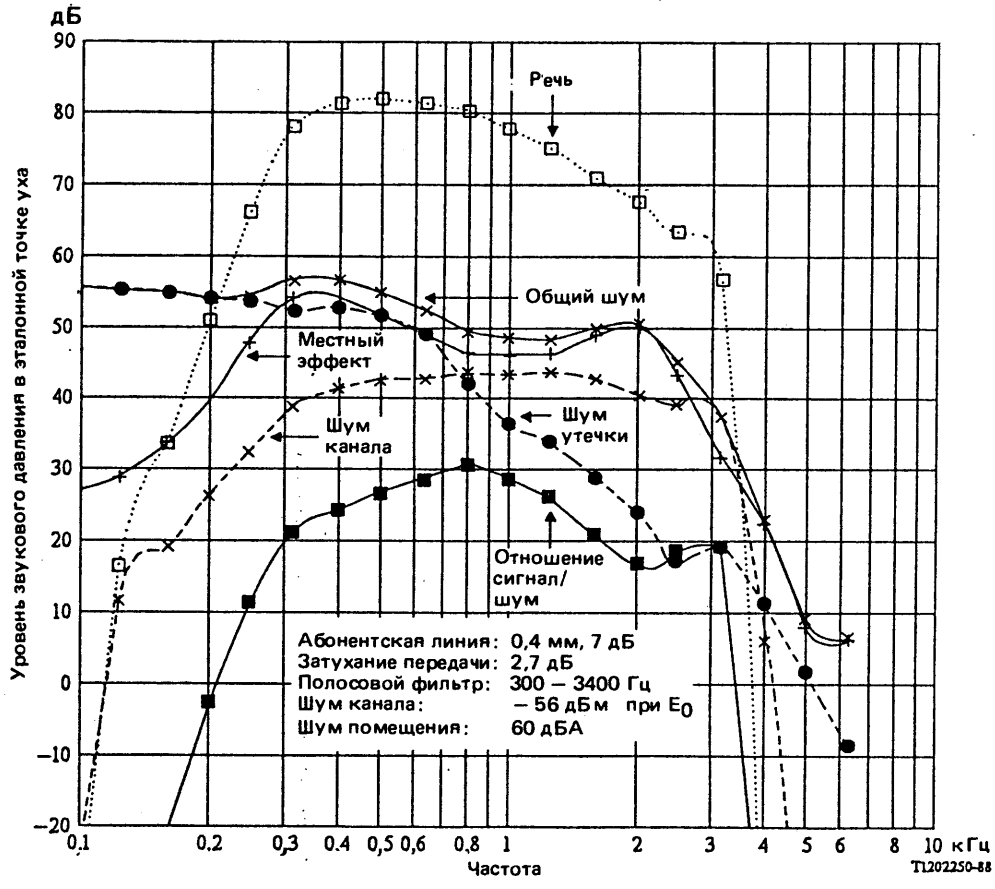


РИСУНОК D-1

Уровень речи и уровень шума в эталонной точке уха

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

(к Дополнению № 3 – относится к § 4.3.2.2)

Вывод уравнения (4-16)

Из уравнений (4-9) и (4-10) Рекомендации Р.79

$$OLR = \overline{L_{ME}} - \overline{L_{RNE}} = -\frac{1}{m}\,10\log_{10}\sum_{i=1}^{M} 10^{\frac{-mL_{MEi}}{10}}\,G_i\,\Delta f_i - \left(-\frac{1}{m}\right)10\log_{10}\sum_{i=1}^{M} 10^{\frac{-mL_{RMEi}}{10}}\,G_i\,\Delta f_i \qquad \text{(E-1)}$$

Взяв логарифм уравнения (4-12), получим

$$10\log_{10}\lambda_E = 10\log_{10}C + 10\log_{10}\left[\sum_{i=1}^{M} 10^{\frac{-mb_n}{10}}\cdot 10^{\frac{-mL_{MEi}}{10}}\,G_i\,\Delta f_i\right] = K - mb_n - m\overline{L_{ME}} \qquad \text{(E-2)}$$

Аналогично

$$10\log_{10}\lambda_0 = 10\log_{10}C + 10\log_{10}\left[\sum_{i=1}^{M} 10^{\frac{-mL_{\Phi MEi}}{10}} G_i\,\Delta f_i\right] = K - m\overline{L_{\Phi ME}}, \qquad \text{(E-3)}$$

где $L_{\Phi MEi}$ – затухание в дБ, дающее оптимальную громкость при отсутствии шумов.

Подставив эти выражения в уравнение (4-15), получим

$$PI_{EL} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}\left(10\log_{10}\frac{\lambda_E}{\lambda_0}\right)^2 + C_2} - \sqrt{C_2} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}\left\{-mb_n - m\overline{L_{ME}} - (-m\overline{L_{\Phi ME}})\right\}^2 + C_2} - \sqrt{C_2}.$$

Поскольку $OLR_0 = L_{\Phi ME} - L_{RNE}$, то

$$PI_{EL} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}m^2(b_n + OLR - OLR_0)^2 + C_2} - \sqrt{C_2}, \qquad \text{(E-4)}$$

что аналогично уравнению (4-16).

При использовании уравнений (4-15) и (4-16) необходимы значения констант: λ_0/C для (4-15) и OLR_0 для (4-16). Использование значений, приведенных в таблице 4-5, допускает для двух различных вычислений PI_{EL} ошибку в 0,004. Однако эта ошибка не вызывает появления дополнительных ошибок при последующих вычислениях.

ПРИЛОЖЕНИЕ F

(к Дополнению № 3 – относится к § 4.3.3)

Психологическая модель оценки

В данном Приложении приводится подробный вывод уравнений (4-34) и (4-35). Рассматриваемая модель полностью соответствует [49].

F.1 *Психологическая модель оценки*

В соответствии с моделью, представленной в [49], на рис. F-1 показано распределение оценки результатов испытания в психологическом континууме. Величина p_K определена на стр. 10 указанного источника и является вероятностью величины оценки результатов испытания, равной K. Соответствие между величиной оценки и диапазоном психологического континуума следующее:

Диапазон континуума		*Оценка*
$-\infty$	0,5	0
0,5	1,5	1
1,5	2,5	2
2,5	3,5	3
3,5	∞	4

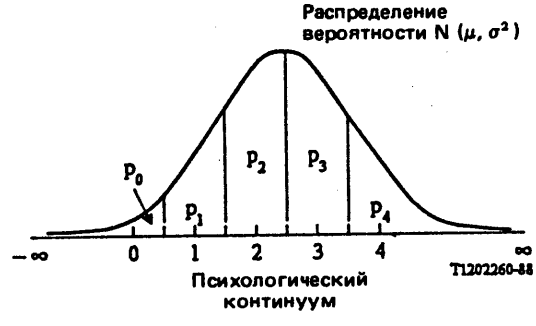


РИСУНОК F-1

Распределение оценки результатов испытания в психологическом континууме

Эти предположения удовлетворяют следующему уравнению:

$$MOS = \sum_{k=0}^{4} k\, p_k\,, \tag{F-1}$$

которое аналогично уравнению (4-34).

F.2 *Вывод уравнения (4-35) из уравнения (4-34)*

Интегральная функция вероятности $N(\mu, \sigma^2)$ выражается стандартной функцией нормального распределения:

$$p = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{(x-\mu)/\sigma} \exp(-t^2/2)\, dt\,. \tag{F-2}$$

Используя выражение (F-2), уравнение (4-34) можно записать как:

$$MOS = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left\{ 0 \times \int_{-\infty}^{(0,5-\mu)/\sigma} \exp(-t^2/2)\, dt + 1 \times \int_{(0,5-\mu)/\sigma}^{(1,5-\mu)/\sigma} \exp(-t^2/2)\, dt + 2 \times \int_{(1,5-\mu)/\sigma}^{(2,5-\mu)/\sigma} \exp(-t^2/2)\, dt + \right.$$

$$\left. + 3 \times \int_{(2,5-\mu)/\sigma}^{(3,5-\mu)/\sigma} \exp(-t^2/2)\, dt + 4 \times \int_{(3,5-\mu)/\sigma}^{\infty} \exp(-t^2/2)\, dt \right\}. \tag{F-3}$$

После замены умножения последовательностью суммирований и приведения подобных членов, уравнение (F-3) примет вид:

$$MOS = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left\{ \int_{(0,5-\mu)/\sigma}^{\infty} \exp(-t^2/2)\, dt + \int_{(1,5-\mu)/\sigma}^{\infty} \exp(-t^2/2)\, dt + \int_{(2,5-\mu)/\sigma}^{\infty} \exp(-t^2/2)\, dt + \right.$$

$$\left. + \int_{(3,5-\mu)/\sigma}^{\infty} \exp(-t^2/2)\, dt \right\}. \tag{F-4}$$

Поскольку

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{a}^{\infty} \exp(-t^2/2)\, dt = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{a} \exp(-t^2/2)\, dt\,, \tag{F-5}$$

то

$$MOS = 4 - \sum_{k=0}^{3} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{(k+0,5-\mu)/\sigma} \exp(-t^2/2)\, dt\,. \tag{F-6}$$

Замена μ на P приводит к уравнению (4-35), обеспечивающему возможность использования стандартной таблицы нормального распределения.

ДОБАВЛЕНИЕ I

(к Дополнению № 3 – относится к § 3.2.2)

```
10  PRINT "ВЫЧИСЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ДЛЯ КОДЕКОВ И MNRU"
20  REM Новые значения частотного взвешивания, Ti заимствовано у BOSQUET, новые значения эквивалента с MNRU
30  REM ПРОГРАММА ICQSKBE2, BAS, июнь 1987, написана на MF BASIC
40  INPUT "СИСТЕМА"; S$
50  INPUT "СРЕДНЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ОЦЕНКИ"; Y$
60  INPUT "K1 (0 для MNRU; 5,2 в других случаях) ="; K1
70  DATA .05457, 4.1, .04733, 5.6, .06682, 6.4, .07497, 6.9, .06546, 7.4, .06622, 7.8, .05585, 8, .054, 8, .05273, 8.2, .05117, 8.2
80  DATA .04517, 8.2, .04706, 8.2, .05073, 8.2, .05561, 8.2, .0631, 8.2, .06886, 8.1
90  INPUT "QSEG для полосы – QP = d (0 для MNRU и ИКМ)"; SM
100 REM вычисления для кодеков (для MNRU, если K1 = d = 0)
110 FOR J = 1 to 16
120 PRINT "Qseq для полосы номер"; J
130 INPUT QS
140 READ B, C
150 QC = QS + C
160 K2 = 1(1 + EXP( – .159673*QC + .157246) )
170 Q = K1 + QC + K2*SM
180 V = 3/(.1 + 10 ^ (–Q/10) )
190 I = B*V
200 II = II + I
210 NEXT J
220 REM Вывод результатов
230 PRINT S$, "II = "; II
240 LPRINT"  "; S$ ; TAB(20); K1; TAB(30); SM; TAB(40); II; TAB(50); Y$; TAB(60)
250 END
```

ДОБАВЛЕНИЕ II

(к Дополнению № 3 - относится к § 3.2.2 и 3.3)

```
10  PRINT "Расчет информационного показателя для телефонных аппаратов NTT 600 (линия 7 дБ)"
20  REM Программа INT600E5, написана на MF Basic, сентябрь 1987 г.
30  INPUT "Шум помещения, дБА= "; RN
40  INPUT "STMR, дБ = "; STMR
50  INPUT "Уровень шума канала (дБм, знак изменен) на входе относительно показателя RLR 0 дБ"; I
60  ICNO = – I
70  INPUT "Прослушивание (L) или разговор (C) или окончание (T)"; A$
80  IP A$ = "T" GOTO 640
90  IF A$ = "C" GOTO 560
100 INPUT "Общий показатель громкости (P79), дБ = "; OLR
110 LPRINT "    OLR = " ; OLR
120 GOSUB 730
130 REM Коррекция излишней громкости
140 IF OLR > OPT GOTO 380
150 × = 2* OPT – OLR
160 GOTO 390
170 DIM FE (20), CN(20), ST(20), EL(20), BK(20), S(20), BJ(20), CJ(20), SRL(20), B1(20)
180 DATA  – 36.2,  – 76.9,  – 4.1,  32.4,  17.5,  56.0,  .00804,  0  ,  62.3,  21.7
190 DATA  – 26.2,  – 34.9,  – 3 ,  31.2,  14.4,  61.1,  .01042,  1.25,  27.8,  11.4
200 DATA  – 18.3,  – 24 ,  .8,  29.5,  10 ,  62.5,  .0138 ,  2  ,  21.3,  6.9
210 DATA  – 9.9,  – 13.2,  5.6,  27.6,  5 ,  64.3,  .01788,  2.6 ,  11.5,  5.6
220 DATA  – 2.1,  – 3.1,  12.7,  26.2,  2.5,  64 ,  .02392,  3.5 ,  3.1,  4
230 DATA  2.2,  6.9,  16.4,  22.3,  –.4,  60.7,  .03246,  4.9 ,  – 2.3,  2.1
240 DATA  3.9,  11.1,  16.6,  22.7,  – 3 ,  59.8,  .04471,  5.8 ,  – 3.4,  1.2
250 DATA  3.2,  13 ,  13.5,  21.1,  – 5 ,  59.4,  .05981,  6.35,  – 3.1,  .7
260 DATA  .8,  12.9,  8.9,  17.4,  – 6.3,  56.3,  .07789,  7.25,  – 2.6,  .3
270 DATA  .3,  13.2,  6 ,  9.3,  – 8 ,  52.4,  .0839 ,  7.35,  – 2.5,  0
280 DATA  0 ,  12.4,  4.9,  2.7,  – 9 ,  47.6,  .0899 ,  7.8 ,  – 2.9,  0
290 DATA  – 1.8,  11.5,  3.6,  –.9,  – 8.5,  45.2,  .09627,  8.05,  – 2.8,  0
300 DATA  –.3,  9.7,  4.9,  – 7.1,  – 8 ,  44 ,  .10376,  8.25,  – 2.1,  –.1
310 DATA  –.8,  6.4,  5.5,  – 12.4,  – 9 ,  41.4,  .11097,  8.3 ,  – 4.6,  –.2
320 DATA  – 9.9,  4.9,  – 1.7,  – 20.4,  – 11.5,  38.8,  .11859,  8.18,  – 6.2,  –.2
330 DATA  – 17.1,  – 2.4,  – 15.4,  – 19.2,  – 13.8,  34.7,  .12694,  7.95,  –.5,  0
340 DATA  – 111.4,  – 54.7,  – 24.8,  – 28.1,  – 13 ,  31 ,  .13607,  7.57,  7.9,  87.5
350 DATA  – 233.6,  – 144.8,  – 40.4,  – 38.4,  – 12.5,  27.8,  .14506,  7.25,  57.9,  200
360 DATA  – 237.2,  – 147.3,  – 44.5,  – 51.3,  – 11.1,  26.1,  .15487,  7.2 ,  62 ,  200
370 DATA  – 292.9,  – 199.8,  – 104.5,  – 66.6,  – 9 ,  25.5,  .16554,  6.8 ,  80 ,  200
380 X = OLR
390 DEF FNP (Y) = 10^(Y/10)
400 IN = 0
```

```
410  FOR J = 1 TO 20
420  READ FE, CN, ST, EL, BK, S, BJ, CJ, SRL, D1
425  REM Calculation and composition of signal to noise and equivalent ratio
430  PN = FNP(FE + RN – 50 – X + 5) + FNP(CN + ICNO + 60) + FNP(ST + RN – 50 – STMR + 15) + FNP(EL + RN – 50)
440  ZN = S + . 4–SRL – D1 – X + 6.4 – 4.343*LOG(PN)
450  ZA = S + .8 – SRL – D1 – X – BK
460  IF ZA > .0 THEN PE = (1 + ZA/9.5) ^ 2 – 1 : GOTO 470
465  PE = 1E – 10
470  P = FNP (– ZN) + 1/PE
480  Z = – 4.343* LOG(P)
490  GOSUB 660
500  G = BJ* V
510  IN = IN + G
520  NEXT J
530  PRINT " IN = "; IN
540  LPRINT "        RN(dBA) ="; RN; "STMR(dB) ="; STMR; "X(dB) ="; X; "ICN0(dB) ="; ICN0; "IN(dB) ="; IN
550  GOTO 70
560  RESTORE
570  REM Speech power correction for sidetone and quality of conversation
580  IF STMR > 13 THEN 590 ELSE 610
590  CS = 0
600  GOTO 620
610  CS = .3*(STMR – 13)
620  X = X – CS + .4085*IN – 9.87
630  GOTO 390
640  END
650  REM Equivalence law and calculation of V
660  IF Z < 1.74 THEN 670 ELSE 690
670  Q = Z + CJ
680  GOTO 700
690  Q = .494*Z + .88 + CJ
700  V = 3/(.1 + 10 ^ (– Q/10))
710  RETURN
720  REM Determination of optimum OLR
730  RNS = RN – 115 + .006*(RN – 30) ^ 2 – STMR – 7.9
740  RNL = RN – 121
750  PC = 10 ^ (ICN0/10)
760  PRL = 10 ^ (RNL/10)
770  PRS = 10 ^ (RNS/10)
780  N1 = 4.343*LOG(PC + PRL + PRS)
790  IF N1 < – 80 THEN OPT = 7.2 : RETURN
800  OPT = 7.2 – (N1 + 80)/8
810  RETURN
```

Библиография

[1] CAVANAUGH (J. R.), HATCH (R. W.) and SULLIVAN (J. L.): Models for the subjective effects of loss, noise and talker echo on telephone connections, *B.S.T.J.*, Vol. 55, No. 9, pp. 1319-1371, November 1976.

[2] SULLIVAN (J. L.): A laboratory system for measuring loudness loss of telephone connections, *B.S.T.J.*, Vol. 50, No. 8, pp. 2663-2739, October 1971.

[3] МККТТ – Вопрос 4/XII, Вклад ИК XII-№ R12, Исследовательский период 1985–1988 гг., Женева, 1986 г.

[4] CAVANAUGH (J. R.), HATCH (R. W.) and NEIGH (J. L.): A model for the subjective effects of listener echo on telephone connections, *B.S.T.J.*, Vol. 59, No. 6, pp. 1009-1060, July-August 1980.

[5] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 13 (Bell-Northern Research), Исследовательский период 1981–1984 гг., Женева, 1981 г.

[6] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 14 (Bell-Northern Research), Исследовательский период 1981–1984 гг., Женева, 1981 г.

[7] DAUMER (W. R.) and CAVANAUGH (J. R.): A subjective comparison of selected digital codecs for speech, *B.S.T.J.*, Vol. 57, No. 9, pp. 3119-3165, November 1978.

[8] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 173 (American Telephone and Telegraph Company), Исследовательский период 1977–1980 гг., Женева, 1979 г.

[9] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 94 (American Telephone and Telegraph Company), Исследовательский период 1981–1984 гг., Женева, 1982 г.

[10] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 159 (American Telephone and Telegraph Company), Исследовательский период 1977–1980 гг., Женева, 1979 г.

[11] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 158 (American Telephone and Telegraph Company), Исследовательский период 1981–1984 гг., Женева, 1983 г.

[12] AHERN (W. C.), DUFFY (F. P.) and MAHER (J. A.): Speech signal power in the switched message network, *B.S.T.J.*, Vol. 57, No. 7, pp. 2695-2726, September 1978.

[13] CUMMISKEY (P.), JAYANT (N. S.) and FLANAGAN (J. L.): Adaptive quantization in differential PCM coding of speech, *B.S.T.J.*, Vol. 52, No. 7, pp. 1105-1118, September 1973.

[14] МККТТ – Вопрос 7/XII, Вклад ИК XII-№ 1, Исследовательский период 1985–1988 гг., Женева.

[15] RICHARDS (D. L.): Calculation of opinion scores for telephone connections, *Proc. I.E.E.*, Vol. 121, No. 5, pp. 313-323, May 1974.

[16] МККТТ – Вопрос 7/XII, Приложение 2, Вклад ИК XII-№ 1, Исследовательский период 1977–1980 гг., Женева, 1977 г.

[17] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 113, "Некоторые замечания по структуре модели оценки качества телефонного соединения", Исследовательский период 1977–1980 гг., Женева, октябрь 1978 г.

[18] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 129, "Использование модели оценки качества телефонного соединения при изучении Вопроса 15/XII", Исследовательский период 1977–1980 гг., Женева, февраль 1979 г.

[19] WEBB (P. K.): The background and philosophy of the telephone network assessment program (CATNAP), British Post Office Research Department Report No. 752, 1979.

[20] Проект рекомендации МККТТ P.XXE, Вопрос 15/XII, Приложение 2 (II), Вклад ИК XII-№ 1, Исследовательский период 1977–1980 гг., Женева, 1977 г.

[21] "Прогноз качества передачи на основе объективных измерений", Желтая книга, том V, Дополнение № 4, МСЭ, Женева, 1981 г.

[22] RICHARDS (D. L.): Telecommunication by speech: The transmission performance of telephone networks, Chapter 3, *Butterworths,* London, 1973.

[23] RICHARDS (D. L.): Telecommunication by speech: The transmission performance of telephone networks, Chapter 2, *Butterworths,* London, 1973.

[24] МККТТ – Вопрос 15/XII, Приложение 1, § 3, Вклад ИК XII-№ 1, Исследовательский период 1981–1984 гг., Женева, 1981 г.

[25] МККТТ – Вопрос 19/XII, Вклад ИК XII-№ 1, Исследовательский период 1981–1984 гг., Женева, 1981 г.

[26] МККТТ – Вопрос 15/XII, Вклад ИК XII-№ 1, Исследовательский период 1977–1980 гг. Женева, 1977.

[27] RICHARDS (D. L.): Telecommunication by speech: The transmission performance of telephone networks, p. 57, *Butterworths,* London, 1973.

[28] RICHARDS (D. L.): Transmission performance of telephone networks containing P.C.M. links, *Proceedings of the I.E.E.,* Vol. 115, No. 9, pp. 1245-1258, September 1968.

[29] Справочник МККТТ "Планирование связи в коммутируемых телефонных сетях", глава II, Приложение 3, МСЭ, Женева, 1976 г.

[30] BOERYD (A).: Subscriber reaction due to unbalanced transmission levels, *Third International Symposium on Human Factors in Telephony,* 1966, pp. 39-43, The Hague, 1967.

[31] LALOU (J.): a paper to be published in *Annales des Télécommunications.*

[32] МККТТ – Вопрос 7/XII, Вклад ИК XII-№ 1, Исследовательский период 1985–1988 гг.

[33] RICHARDS (D. L.): Calculation of opinion scores for telephone connections, *Proc. I.E.E.*, Vol. 121, No. 5, pp. 313-323, May 1974.

[34] ALCAIM (A.): Essai de détermination d'un indice objectif de mesure de la qualité des codeurs. *CNET,* Report RP/LAA/TSS/208, May 1984.

[35] РИЧАРДС (Д. Л.) – частное сообщение.

[36] OPINE (верс. 2.0). – Лаборатории электрической связи NTT, сентябрь 1986.

[37] RICHARDS (D. L.), BARNES (G. J.): Pay-off between quantizing distortion and injected circuit noise, in *Proc. ICASSP 82* Vol. 2, pp. 984–987, Paris, May 1982.

[38] МККТТ – Вклад ИК XII-R.17, Отчет о заседании Рабочей группы XII/3 в Будапеште, май 1987 г. (Ответ на Вопрос 4/XII).

[39] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 174, "Модель объективной оценки качества передачи по основным факторам (NTT), Женева, 1983 г.

[40] МККТТ – Вклад ИК XII-235, "Метод расчета OPINE", (NTT), Женева, 1984 г.

[41] МККТТ – Вклад ИК XII-10, "Модель объективной оценки эксплуатационных характеристик телефонной передачи по основным факторам передачи и искажениям квантования", (NTT), Женева, 1985 г.

[42] OSAKA (N.) and KAKEHI (K.): Objective model for evaluating telephone transmission performance, *Review of ECL,* Vol. 34, No. 4, 1986.

[43] NTT: OPINE (верс. 2.0): частное сообщение, сентябрь 1986 г.

[44] IAI (S.) and IRII (H.): Subjective assessment of echo delay time effect, *Conference record of Acous. Soc. of Japan*, 2-7-8, (1983-03) (in Japanese).

[45] IAI (S.) *et al.*: A study on subjective assessment of telephone speech sidetone, *Conference record of Acous. Soc. of Japan*, 2-2-3, (1978-05) (in Japanese).

[46] OSAKA (N.) and KAKEHI (K.): A study on the psychological factors that affect the opinion evaluation of telephone transmission performance, *Trans. IECE,* Vol. J69-A, No. 5, 1986 (in Japanese).

[47] IRII (H.): Loudness equivalent attenuation of speech in the presence of noise, *Conference Record of Acous. Soc. of Japan*, 1-4-6 (1975-05) (in Japanese).

[48] Рекомендация ISO R226: Нормальные уровни равной громкости для чистых тонов и нормальные пороги слышимости для открытой местности. – Декабрь 1961 г.

[49] CAVANAUGH (J. R.), HATCH (R. W.) and SULLIVAN (J. L.): Models for the subjective effects of loss, noise and talker echo on telephone connections, *B.S.T.I.* Vol. 55, No. 9, 1976.

[50] Рекомендация МККТТ "Измерение величины AEN для коммерческих телефонных сетей". Желтая книга, том V, Рек. P.45, МСЭ, Женева, 1981 г.

ЗАМЕЧАНИЯ, КАСАЮЩИЕСЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРЕДАЧИ АНАЛОГОВЫХ ТЕЛЕФОННЫХ АППАРАТОВ С МИКРОТЕЛЕФОННЫМИ ТРУБКАМИ

(Малага-Торремолинос, 1984 г., изменено в Мельбурне, 1988 г.)

1 Введение

Это дополнение, основанное на [9], содержит краткую информацию относительно оптимизации некоторых характеристик телефонных аппаратов с микротелефонными трубками.

В нем имеются сведения, касающиеся чувствительности передачи и приема, частотных характеристик, местного эффекта, влияния полного сопротивления и размеров микротелефонных трубок. Следует напомнить, что существуют разные способы оптимизации. Например, очень важно знать количество степеней свободы. Поскольку мнения в различных странах различны (например, в силу разных принятых гипотез), результаты оптимизации также будут разными. Настоящее дополнение касается некоторых из этих аспектов.

2 Частотная характеристика приема

Большинство администраций, по-видимому, отдают предпочтение почти плоской частотной характеристике в полосе частот 300–3400 Гц. Это предпочтение связано, по всей вероятности, с первыми этапами развития телефонных сетей, когда было решено, что возможное предыскажение на высоких частотах должно осуществляться в передающей системе для получения, по возможности, лучшей величины отношения сигнал/шум. Если в качестве эталона взять прослушивание в свободном звуковом пространстве двумя ушами (разговор непосредственно между двумя собеседниками) и если предположить частотно-независимую (плоскую) характеристику, то мы должны в принципе воспроизвести эти же условия в случае прослушивания одним ухом с помощью телефона.

При прослушивании с телефоном его частотная характеристика должна быть аналогична кривой на рис. 1 для имитации эффекта дифракции, который присутствует при прослушивании в свободном пространстве двумя ушами [1]. Однако большинство администраций предпочитают, по-видимому, плоскую характеристику и вводят соответствующую коррекцию на стороне передачи. Это объясняется тем, что, вероятно, легче построить высокоэффективный приемник с плоской частотной характеристикой. В документе, указанном в [2], предлагается характеристика, представленная на рис. 2, с оптимизацией для средней абонентской линии. При чрезмерной помехе от сети питания, вероятно, лучше было бы иметь характеристику с бо́льшим затуханием на низких частотах, например на частотах 200 Гц и ниже.

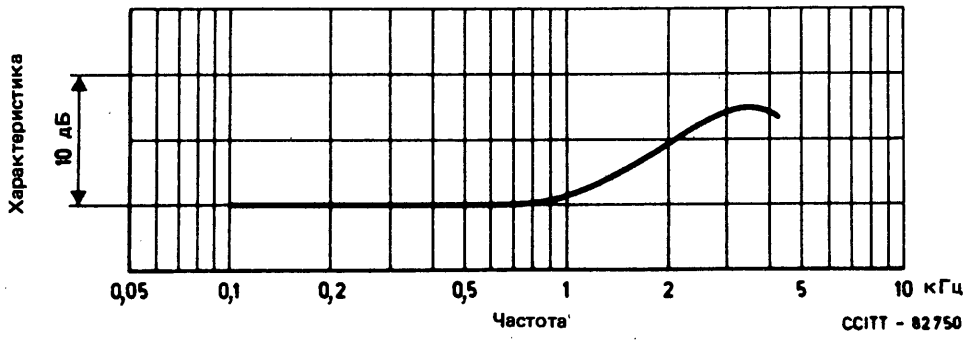


РИСУНОК 1

Эффект дифракции вокруг головы на расстоянии 1 м в свободном акустическом пространстве [1]

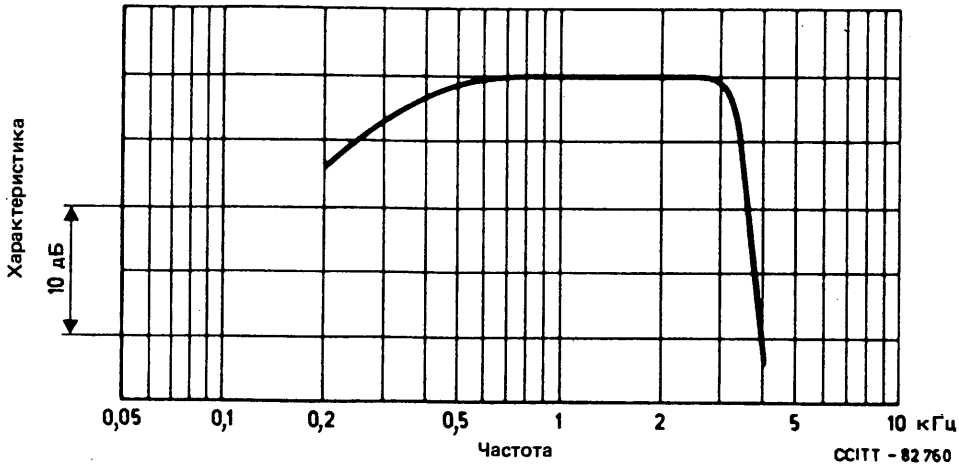


РИСУНОК 2

Частотная характеристика приема согласно [2]

3 Чувствительность приема

В настоящее время чувствительность приема часто представляется величинами RLR в диапазоне от – 4 дБ до – 12 дБ соответственно.

Вероятно, технически возможно увеличить чувствительность за счет использования усилителей. Однако при этом с увеличением чувствительности увеличивается опасность слышимости переходного разговора. Следовательно, необходимо учитывать информацию, данную в Рекомендации Р.16, и маловероятно, что можно будет рекомендовать повышение чувствительности выше RLR = – 12 дБ.

Увеличение чувствительности приема ведет также к уменьшению запасов против эффектов шума в соединении при отсутствии речевых сигналов, например против паразитных продуктов модуляции от систем ИКМ. Это влияет также на устойчивость против самовозбуждения.

4 Частотная характеристика передачи

Выбрав плоскую частотную характеристику приема, можно оптимизировать частотную характеристику передачи для получения соответствующей общей характеристики. В [3] предлагается достичь оптимизации с помощью опроса телефонных абонентов для определения "предпочтительной" характеристики. Результат показан на рис. 3. В [4] предлагается увеличение на 2–3 дБ на октаву по мере возрастания частоты. Этот результат был получен во время испытаний "естественности" речи. В [2] предлагается более крутая кривая (рис. 4) как результат оптимизации, где сочетаются максимальная громкость, наименьшее усилие при прослушивании и наименьший уровень на выходе. Число степеней свободы, используемое в [2], несомненно, меньше, чем в [3] или [4]. Теперь могут иметь место различные мнения относительно разных условий, вводимых при оптимизации. Если отношение сигнал/шум создает трудности, то можно выиграть несколько децибелов (без перегрузки), как указано в [2]. Если же такой трудности не возникает, можно провести оптимизацию с целью наилучшей естественности, как в [3] и [4]. Таким образом, результат будет зависеть от принятых гипотез.

Мнения могут быть различными и в отношении длины абонентской линии, для которой должна оптимизироваться частотная характеристика, а также в зависимости от того, следует ли компенсировать на длинных линиях затухание на высоких частотах. В [2] предлагается оптимизация для средней абонентской линии, которая является оптимумом для наибольшего числа абонентов (вследствие статистического распределения длин линий).

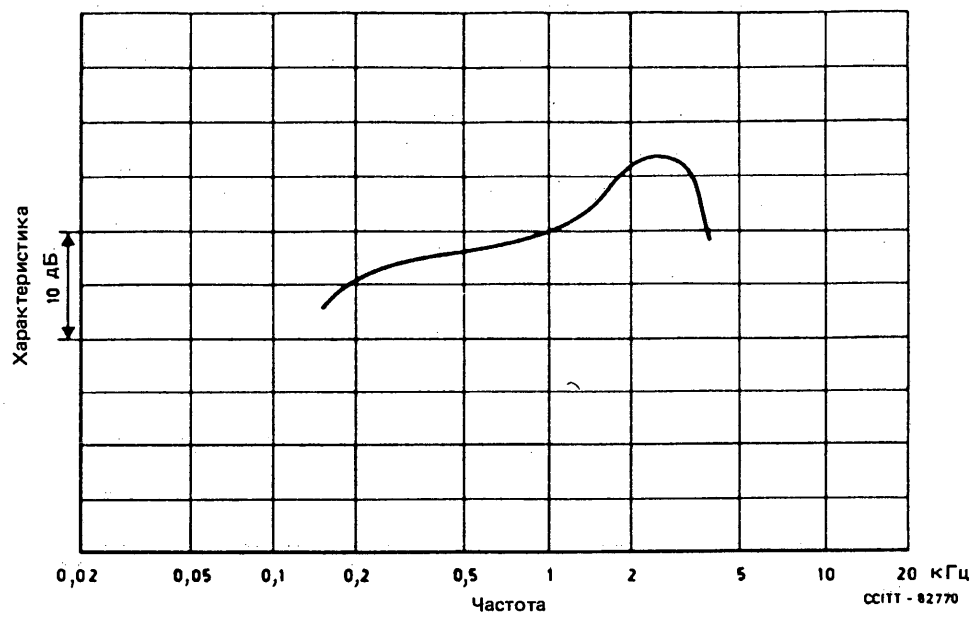


РИСУНОК 3

Частотная характеристика передачи согласно [3]

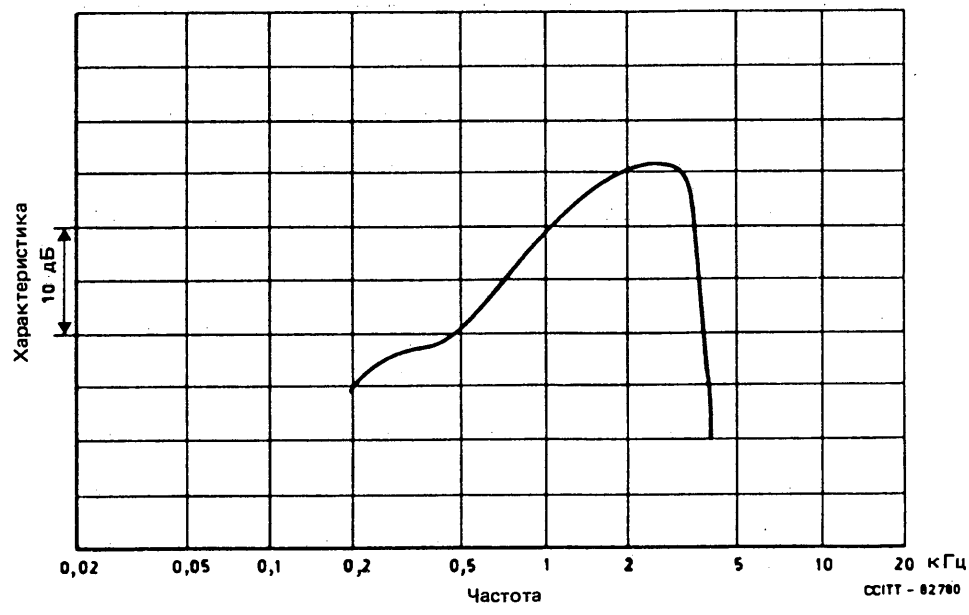


РИСУНОК 4

Частотная характеристика передачи согласно [4]

Кривые, построенные в соответствии с рис. 4 и [4], дают при плоской частотной характеристике приема общую характеристику, близкую той, которую получают благодаря эффекту дифракции при прослушивании в свободном звуковом пространстве. Однако это не является, вероятно, полным объяснением предпочтительных кривых. Даже если характеристики приема были плоскими в условиях измерений с герметически прижатым к уху телефоном, едва ли кто-либо держит телефон во время разговора сильно прижатым к уху. Следовательно, действительные характеристики имели, вероятно, дополнительный низкочастотный спад, что, конечно, повлияло на результаты (см. также [5]).

5 Чувствительность передачи

Для выбора чувствительности передачи имеется меньшая степень свободы, чем для чувствительности приема. Необходимо учитывать одновременно опасность переходного разговора и опасность перегрузки для других частей телефонной системы. Необходимо учитывать и действительные выходные уровни телефонного аппарата. Как показано в [6], в различных странах были получены разные выходные уровни для одной и той же величины эквивалента затухания на передаче (SRE). Однако различные результаты выявили одну важную общую особенность: при нормальном разговоре выходные уровни, как правило, ниже, чем при измерениях эквивалента затухания. По этому пункту есть надежда получить лучшее согласование в будущем при большей длине измерительной линии, определенной в Приложении А к Рекомендации Р.76 для измерения показателей громкости.

6 Регулировка

Есть возможность увеличить чувствительность передачи на длинных линиях, если использовать регулировку передачи в зависимости от длины линии. Опасность перегрузки и опасность переходного разговора на дальний конец не будут увеличиваться, если величина средней мощности будет такой же, как в настоящее время. См. также [2]. Опасность переходного разговора на ближний конец на абонентской линии будет увеличиваться, и это необходимо учитывать.

Если регулировка вводится как на передаче, так и на приеме, то большее число абонентов может иметь общий показатель громкости, близкий к оптимальной желательной величине, то есть меньшее число соединений будут оцениваться как плохие и неудовлетворительные. Другая причина введения регулировки заключается в получении лучшего качества с точки зрения местного эффекта как для длинных, так и для коротких линий.

7 Полное сопротивление

В отношении этого полного сопротивления можно сделать следующие замечания:

- в случае согласования с линией по критерию сопряженных импедансов передается максимальная мощность, но возникают проблемы местного эффекта на коротких линиях и проблемы устойчивости и эхо на соединениях большой длины;
- в случае согласования с линией по критерию характеристических импедансов сокращается диапазон импедансов, обеспечиваемых для станции, и упрощается проблема местного эффекта, за исключением коротких абонентских линий, соединенных с резистивным соединительным оборудованием (например, ИКМ-каналы);
- импеданс, приближающийся по своей величине к эталонному сопротивлению (например, 600 ом), упрощает проблемы стандартизации, в частности, в отношении альтернативного использования местной линии для служб нетелефонного типа; однако оптимум с точки зрения местного эффекта не может быть достигнут во всем диапазоне длин местных линий.

Вопрос импеданса телефонного аппарата рассматривается в [2], [7] и [11].

8 Балансный импеданс местного эффекта

Степень подавления местного эффекта зависит от следующих параметров:

- чувствительности микрофона;
- чувствительности телефона;
- балансировки местного эффекта в схеме телефонного аппарата;
- импеданса линии, к которой подключен телефонный аппарат.

Чувствительность микрофона и телефона и схема телефонного аппарата зависят частично от требуемой чувствительности передачи и приема. Как правило, разработчик телефонного аппарата не имеет возможности воздействовать на импеданс линии, к которой подключается телефонный аппарат. Единственным параметром, которым он управляет для ограничения местного эффекта, является Z_{SO}, балансный импеданс этого местного эффекта [7], [8], то есть импеданс, который полностью подавляет местный эффект при подключении к телефонному аппарату (см. также [12]). Если в телефонном аппарате используется дифференциальный трансформатор, то импеданс внутреннего балансного контура равен Z_{SO} и изменяется в зависимости от числа витков трансформатора. Однако понятие Z_{SO} не затрагивается, если в схеме используется другое средство балансировки, отличное от трансформатора.

9 Взаимодействие с существующей сетью

Концепция новых телефонных аппаратов, вводимых в телефонную сеть, должна учитывать необходимость удовлетворительной передачи по соединениям, устанавливаемым с местными существующими телефонными цепями либо непосредственно, либо по сети дальней связи. Информация, касающаяся этого аспекта, содержится в [7].

В [10] приведен пример спецификации, используемый в Северной Америке. В ней содержатся директивы для получения требуемых уровней передачи и приема, а также минимально допустимые характеристики для подключения к коммутируемой сети общего пользования. Следует отметить, что в этой спецификации используется терминология IEEE, которая отличается от терминологии Рекомендаций МККТТ.

Библиография

[1] Рекомендация МККТТ "Описание ARAEN", Зеленая книга, том V, Рек. P. 41, рис. 4, МСЭ, Женева, 1972 г.

[2] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 32 (Ведомство связи Великобритании), Исследовательский период 1973–1976 гг.

[3] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 22 (Австралия), Исследовательский период 1973–1976 гг.

[4] GLEISS (N.): Sound transmission quality, Tele. No. 1, 1972, pp. 44-53.

[5] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 229 (Швеция), Исследовательский период 1985–1988 гг.

[6] Рекомендация МККТТ "Субъективные эффекты прямого переходного разговора; пороги слышимости и внятности", Желтая книга, том V, Рек. P. 16, МСЭ, Женева, 1981 г.

[7] Сборник МККТТ "Планирование передачи по коммутируемым телефонным сетям", глава V, Приложение 1, МСЭ, Женева, 1976 г.

[8] RICHARDS (D. L.): Telecommunications by speech, Chapter 5, *Butterworths*, London, 1973.

[9] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 105 (LME), Исследовательский период 1973–1976 гг.

[10] EIA Specification RS 470.

[11] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 144 (British Telecom), Исследовательский период 1981–1984 гг.

[12] Сборник МККТТ по *Телефонометрии*, МСЭ, Женева, 1987 г.

Дополнение № 11

НЕКОТОРЫЕ СЛУЧАИ ВЛИЯНИЯ МЕСТНОГО ЭФФЕКТА

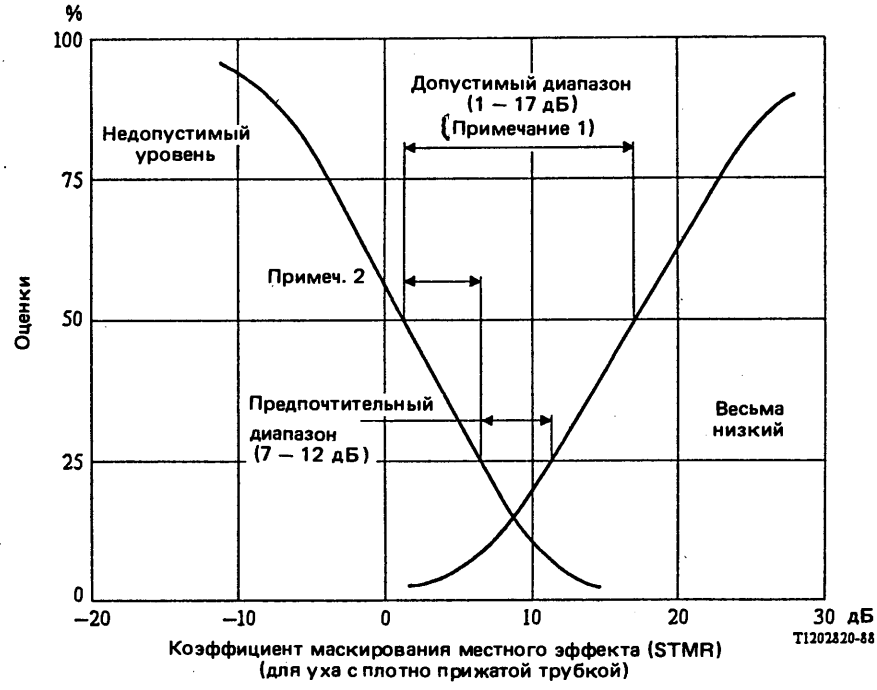
(Малага-Торремолинос, 1984 г.; изменено в Мельбурне, 1988 г.)
(см. Рекомендации P.11 и P.79)

1 Введение

В течение ряда лет Исследовательская комиссия XII МККТТ занималась изучением местного эффекта в рамках Вопроса 9/XII. Были сделаны важные выводы с точки зрения абонента о его роли как в качестве говорящего, так и в качестве слушающего. Эти выводы касаются влияния местного эффекта на абонента, когда он слышит свой голос, изменения в связи с этим уровня речи говорящего абонента и некоторых характеристик местного эффекта, когда абонент слушает в условиях помещения с уровнем шума от умеренного до сильного. Эти характеристики кратко представлены на рис. 1 и 3.

2 Местный эффект для говорящего

На рис. 1 показано, что существует предпочтительный диапазон для местного эффекта, когда абонент говорит в условиях с низким уровнем шума, и что разница между мешающим местным эффектом и весьма низким местным эффектом составляет порядка 20 дБ. (Эти результаты были получены с помощью испытаний передачи речи только в одном направлении и должны быть подтверждены испытаниями при двустороннем разговоре.) Предпочтительный диапазон находится между 7 и 12 дБ STMR (коэффициент маскирования местного эффекта – Рекомендация P.76) [1], [5].



Примечание 1. – Условия разговора будут определять, какая часть этого диапазона приемлема для данного соединения.

Примечание 2. – Эта часть допустимого диапазона (1–7 дБ) должна использоваться с осторожностью, например на соединениях с небольшим затуханием (см. Рекомендацию G. 121) или там, где на приеме имеется регулировка громкости.

РИСУНОК 1

Кривые, показывающие недопустимый и весьма низкий уровни местного эффекта для говорящего, а также предпочтительный диапазон

Допустимый диапазон шире и находится между STMR от 1 дБ до 17 дБ (следует отметить, что увеличение STMR свыше 17 дБ, по-видимому, повлияет только на уровень говорящего и только в предельных условиях). Этот диапазон соответствует разнице между двумя кривыми на уровне 50 % оценок. Это не означает, что 17 дБ во всех случаях является максимальным значением. Однако при STMR выше 20 дБ звук такого соединения становится "мертвым".

В случае телефонных соединений, общий показатель громкости (OLR) которых находится в предпочтительном диапазоне, величины STMR также могут устанавливаться в указанном выше предпочтительном диапазоне STMR. Однако на соединениях с большим затуханием величина STMR должна приближаться или даже превышать 12 дБ. На соединениях с небольшим затуханием можно разрешать в некоторых случаях величину STMR меньше 7 дБ, однако она только редко может снижаться до 1 дБ, например когда речь идет о телефонных аппаратах с регулировкой громкости на приеме. В Рекомендации G. 121 эти результаты рассматриваются для целей планирования.

На рис. 2 показано, как меняется уровень речи в зависимости от местного эффекта [1], [2], [3], [4]. Эти результаты были получены с помощью испытаний при двустороннем разговоре [6] для соединения с остаточным затуханием, весьма близким к предпочтительной величине. Напряжение речевых сигналов зависит также от шума помещения при одних и тех же состояниях соединений.

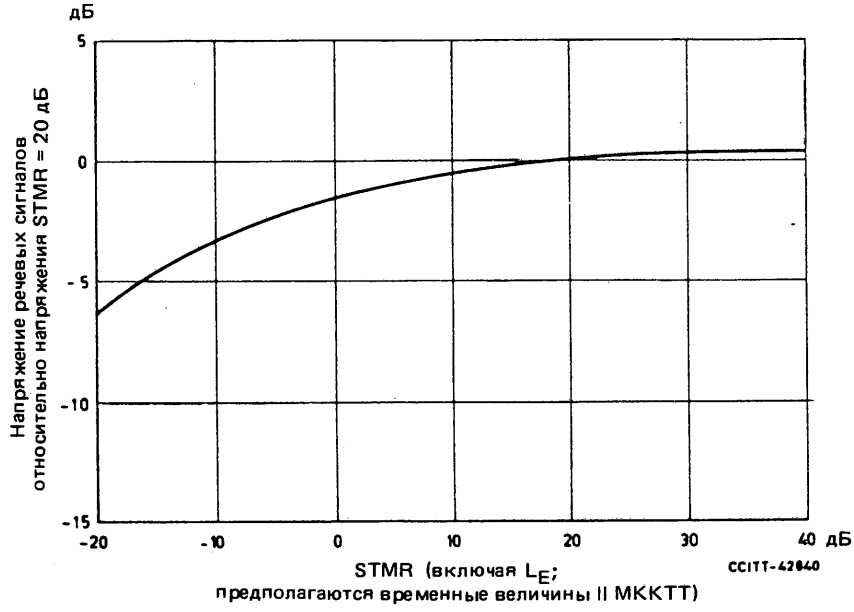


РИСУНОК 2

Напряжение речевых сигналов в функции STMR

3 Местный эффект для слушающего

Сильный шум помещения, в котором находится абонент, нарушает прием речи двумя путями:

i) через шум, попадающий в микрофон микротелефонной трубки и передаваемый в телефон микротелефонной трубки через электрический тракт местного эффекта;

ii) через шум, проникающий в раковину телефона микротелефонной трубки.

Исследования показали, что на низких частотах влияние тракта утечки раковины телефона преобладает над влиянием электрического тракта местного эффекта примерно так же, как сигнал местного эффекта человека в местном эффекте говорящего. Поэтому можно применять взвешивание, используемое в расчетах громкости STMR, и в методах расчета STMR (Рекомендация P. 79) был определен коэффициент местного эффекта для слушающего (LSTR, Рекомендация P.76), основанный на использовании чувствительности местного эффекта шума помещения (см. Рекомендацию P. 64, § 9).

Результаты субъективных испытаний двух администраций [7], [8] (с использованием в этом случае шкалы мнений от 0 до 10) представлены на рис. 3. В каждом случае для вычисления LSTR использовался Δ_{Sm} (см. Рекомендации P.10, P.64, P.79 и *Справочник по телефонометрическим измерениям*, § 3.3.17c) для преобразования чувствительности местного эффекта S_{mest} в S_{RNST} до вычисления LSTR (австралийские результаты) или же он применялся в качестве взвешивающей коррекции для STMR (шведские результаты), как описано в Рекомендации G. 111, § A.4.3.3. Уровни шума помещения составляли 55–59 дБА.

На основании этих результатов Рекомендация G. 121 рекомендует достичь, если возможно, величины LSTR = 13 дБ.

Величина 13 дБ основана на LSTR = 10 дБ (которую можно рассматривать в качестве минимальной величины), где увеличение LSTR не позволило улучшить еще больше среднюю оценку мнений (рис. 3), плюс допуск 3 дБ для учета того факта, что в некоторых бюро шум помещения может превышать величины, используемые в этих испытаниях. Другие испытания (Швеция) также показали, что более предпочтительной могла бы быть более высокая величина.

Удовлетворительная величина для данного телефонного соединения зависит от таких факторов, как уровень шума помещения, OLR соединения, используемые уровни речи и т. д. Все это остается на изучении в рамках Вопроса 9/XII.

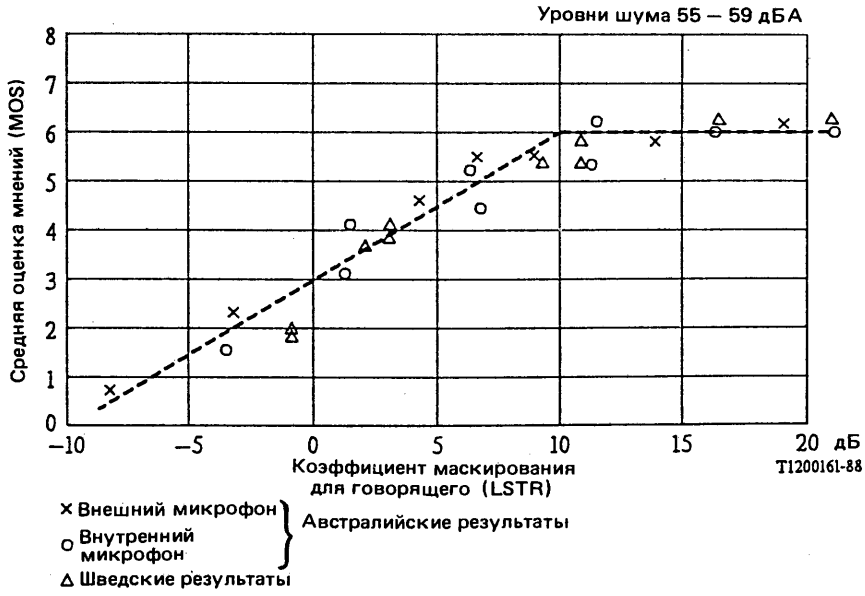


РИСУНОК 3

MOS в функции LSTR, вычисленная на основе австралийских и шведских результатов испытаний

Библиография

[1] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 50, Исследовательский период 1977–1980 гг. (ITT).

[2] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 171, Исследовательский период 1977–1980 гг.

[3] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 199, Исследовательский период 1977–1980 гг. (Австралия).

[4] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 116, Исследовательский период 1977–1980 гг. (Венгрия).

[5] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 152, Исследовательский период 1981–1984 гг. (NTT).

[6] Результаты испытаний при двустороннем разговоре, посланные непосредственно Специальному докладчику по Вопросу 9/XII, British Telecom, 1978 г.

[7] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 151, Исследовательский период 1981–1984 гг. (Австралия).

[8] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 70, Исследовательский период 1985–1988 гг. (Швеция).

Дополнение № 13

СПЕКТРЫ ШУМА

(Малага-Торремолинос, 1984 г.)

(ссылка содержится в Рекомендациях P. 44 и P. 45 Оранжевой книги, том V, и в Вопросе 24/XII)

(Вклад British Telecom)

1 Введение

В настоящем дополнении описаны спектры шума, используемые для оценки качества телефонной передачи, которые рекомендованы МККТТ или применялись при изучении вопросов, порученных Исследовательской комиссии XII.

Контролируемый окружающий шум использовался в таких субъективных оценках, как:

a) определения AEN, описанные в Рекомендациях P.44 [1] и P.45 [2];

b) испытания при двустороннем разговоре и при прослушивании, которые описаны, например, в Дополнении № 2 [3].

Ниже дается описание спектров двух различных сред, одного – для шума помещения, другого – для шума внутри автомашины.

2 Шум помещения

Для шума помещения спектр плотности мощности должен соответствовать спектру, опубликованному Хотом [4]. В таблице 1 дается спектральная плотность, уровень которой регулировался до получения 50 дБА на измерителе уровня звука согласно Рекомендации МЭК (публикация 179) [5]. Это представлено на рис. 1. Данная спектральная плотность не зависит от уровня, то есть при 40 дБА уровень в каждой полосе частот будет на 10 дБ ниже уровня, указанного в таблице 1. Дополнительная информация, касающаяся мощности в каждой третьоктавной полосе, также приводится в таблице 1.

3 Шум внутри автомашин

Два спектра, представляющие шум внутри автомашин [6] и [7], были рекомендованы для изучения Вопроса 24/XII [8] с целью оценки подвижных систем радиосвязи. Эти спектры представлены упрощенными кривыми [9]; один из этих спектров относится к движущимся автомашинам, а другой – к стоящим автомашинам. В таблице 2 даются спектральные плотности, а также дополнительная информация о мощности каждой третьоктавной полосы. Спектральная плотность для движущихся автомашин показана на рис. 2 *a*), а для стоящих автомашин – на рис. 2 *b*). Эти спектральные плотности не зависят от уровня.

В таблице 3 даются величины невзвешенных уровней звукового давления для различных скоростей, вычисленные для третьоктавных полос частот ISO в диапазоне 63 Гц – 8000 Гц.

ТАБЛИЦА 1

Спектр шума помещения

Частота (Гц)	Спектральная плотность (уровень звукового давления в дБ/Гц)	Ширина полосы $10 \log_{10} \Delta f$ (дБ)	Общая мощность в каждой третьоктавной полосе (дБ SPL)	Допуск (дБ)
100	32,4	13,5	45,9	± 3
125	30,9	14,7	45,5	
160	29,1	15,7	44,9	
200	27,6	16,5	44,1	
250	26,0	17,6	43,6	
315	24,4	18,7	43,1	
400	22,7	19,7	42,3	
500	21,1	20,6	41,7	
630	19,5	21,7	41,2	
800	17,8	22,7	40,4	
1000	16,2	23,5	39,7	
1250	14,6	24,7	39,3	
1600	12,9	25,7	38,7	
2000	11,3	26,5	37,8	
2500	9,6	27,6	37,2	
3150	7,8	28,7	36,5	
4000	5,4	29,7	34,8	
5000	2,6	30,6	33,2	
6300	– 1,3	31,7	30,4	
8000	– 6,6	32,7	26,0	

Примечание 1. – Входной электрический сигнал, например белый шум, ограничивается третьоктавными полосами, сцентрированными относительно предпочтительных частот ISO (ISO 266) в диапазоне 100–8000 Гц, при этом края полос соответствуют фильтрам, описанным в публикации 225 МЭК.

Примечание 2. – Трудно ограничить акустический шум помещения на низких частотах, в частности в нестандартизированном диапазоне ниже 100 Гц из-за размеров стандартных испытательных кабин, их плохого ослабления и влияния окружающих шумов, например от установки кондиционирования воздуха. Поэтому желательно выбрать испытательную кабину, где уровни нежелательного акустического давления на низких частотах сведены к минимуму.

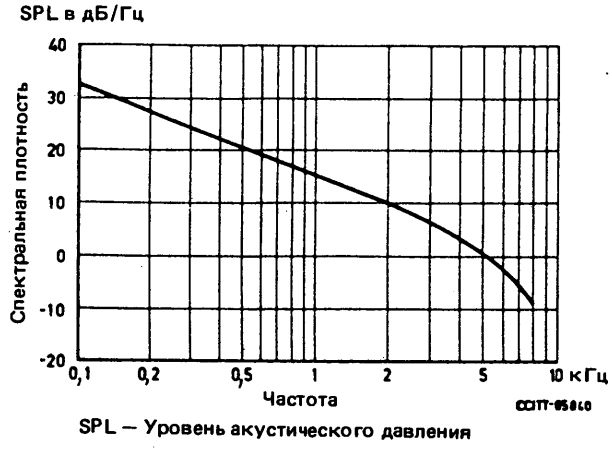
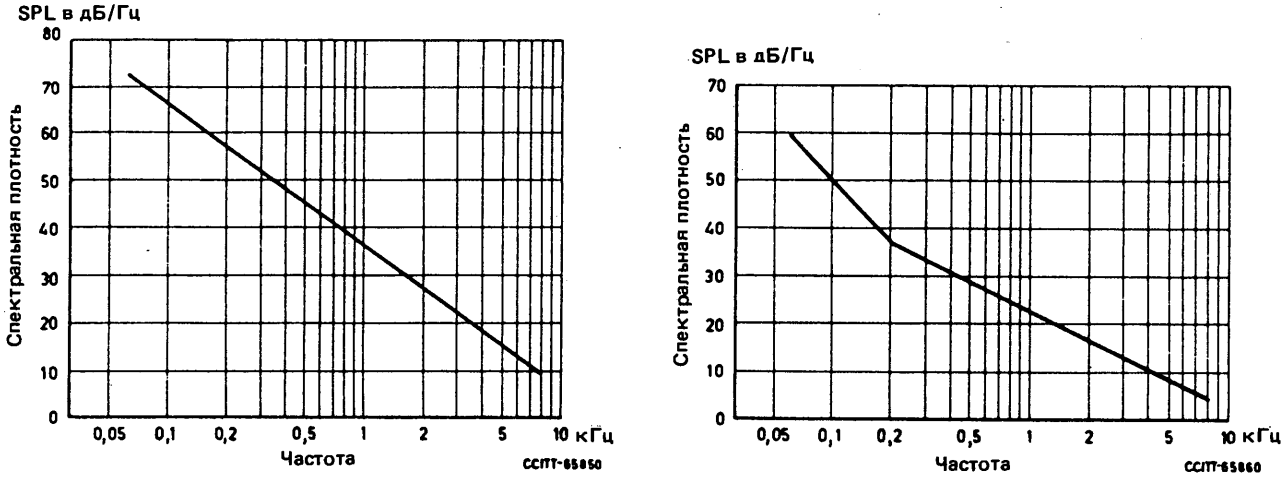


РИСУНОК 1

Спектральная мощность шума помещения



a) Спектральная плотность для движущихся машин

b) Спектральная плотность для стоящих машин

РИСУНОК 2

ТАБЛИЦА 2

Спектр шума внутри автомашин

Частота (Гц)	Спектральная плотность (уровень акустического давления (SPL) в дБ/Гц)		Ширина полосы $10 \log_{10} \Delta f$ (дБ)	Общая мощность в каждой третьоктавной полосе (SPL в дБ)		Допуск (дБ)
	движущаяся автомашина	стоящая автомашина		движущаяся автомашина	стоящая автомашина	
63	72,3	58,3	11,7	84,0	70,0	± 3
80	69,3	55,0	12,7	82,0	66,7	
100	66,5	49,8	13,5	80,0	63,3	
125	63,3	45,1	14,7	78,0	60,0	
160	60,3	42,0	15,7	76,0	56,7	
200	57,5	36,8	16,5	74,0	53,3	
250	54,4	34,7	17,6	72,0	52,3	
315	51,3	32,6	18,7	70,0	51,3	
400	48,3	30,6	19,7	68,0	50,3	
500	45,4	28,7	20,6	66,0	49,3	
630	42,3	26,6	21,7	64,0	48,3	
800	39,3	24,6	22,7	62,0	47,3	
1000	36,5	22,8	23,5	60,0	46,3	
1250	33,3	20,6	24,7	58,0	45,3	
1600	30,3	18,6	25,7	56,0	44,3	
2000	27,5	16,8	26,5	54,0	43,3	
2500	24,4	14,7	27,6	52,0	42,3	
3150	21,3	12,6	28,7	50,0	41,3	
4000	18,3	10,6	29,7	48,0	40,3	
5000	15,4	8,7	30,6	46,0	39,3	
6300	12,3	6,6	31,7	44,0	38,3	
8000	9,3	4,6	32,7	42,0	37,3	

ТАБЛИЦА 3

Вычисленные уровни акустического давления спектров

Спектры		Невзвешенный уровень акустического давления (SPL в дБ)
Движущаяся автомашина:	30 км/час	80
	80 км/час	85
	110 км/час	90
Стоящая автомашина		75

Примечания к таблицам 2 и 3:

Примечание 1. — Эти величины применяются для стандартных автомашин. По желанию можно отрегулировать уровни вниз для дорогих автомашин и вверх — для машин, создающих больший шум.

Примечание 2. — Из-за практической трудности генерировать столь высокие акустические уровни давления на низких частотах, а также из-за того, что обычная речь не содержит заметной энергии ниже примерно 63 Гц — полоса частот, где ухо относительно нечувствительно, — необходимо, вероятно, ограничить рекомендованный спектр шума частотами выше 63 Гц. Однако не следует забывать, что вибрации на средних и низких частотах создают значительные физиологические и психологические эффекты, которые следует изучить отдельно.

Примечание 3. — Входной электрический сигнал, например белый шум, ограничен третьоктавными полосами, сцентрированными относительно предпочтительных частот ISO от 63 Гц до 8000 Гц (ISO 266) с краями полос, соответствующими фильтрам, описанным в публикации 225 МЭК.

Примечание 4. — Трудно ограничить акустический шум помещения на низких частотах, в частности, в нестандартизированном диапазоне ниже 63 Гц из-за размеров стандартных испытательных кабин, их плохого ослабления и влияния окружающих шумов, например от установки кондиционирования воздуха. Поэтому желательно выбрать испытательную кабину, где уровни нежелательного акустического давления на низких частотах сведены к минимуму.

Библиография

[1] Рекомендация МККТТ "Описание и регулировка эталонной системы для определения эквивалентов затухания по разборчивости (SRAEN)", Желтая книга, том V, Рек. 44, МСЭ, Женева, 1981 г.

[2] Рекомендации МККТТ "Измерение AEN коммерческой телефонной системы (на передачу и прием) с использованием SRAEN, Желтая книга, том V, Рек. P.45, МСЭ, Женева, 1981 г.

[3] "Методы, используемые для определения качества телефонной передачи", Дополнение № 2, Желтая книга, том V, МСЭ, Женева, 1981 г.

[4] HOTH (D. F.): Room noise spectra at subscribers' telephone locations, *J.A.S.A.*, Vol. 12, pp. 499-504, April 1941.

[5] Рекомендация МЭК, публикация 179, "Прецизионные измерители силы звука", 1965 г.

[6] МККТТ – Вопрос 24/XII, Вклад ИК XII-№ 120 (Шум внутри легковых автомобилей), Исследовательский период 1981–1984 гг.

[7] МККТТ – Вопрос 24/XII, Вклад ИК XII-№ 134 (Спектры шума внутри автомашин), Исследовательский период 1981–1984 гг.

[8] МККТТ – Вопрос 24/XII, Вклад ИК XII-№ 1 (Связь со станциями подвижной связи), Исследовательский период 1981–1984 гг.

[9] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 208 (Сравнение результатов относительно шумов в подвижных объектах, представленных Францией и ВТ), Исследовательский период 1981–1984 гг.

Дополнение № 14

СУБЪЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЦИФРОВЫХ ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ ЭТАЛОННОГО УСТРОЙСТВА МОДУЛИРОВАННОГО ШУМА (MNRU)

(Малага-Торремолинос, 1984 г.; изменено в Мельбурне, 1988 г.)

(ссылка содержится в Рекомендации P.81)

1 Введение

Основная цель настоящего дополнения заключается в определении субъективного метода испытания цифровых процессов, так чтобы при развитии международной телефонной сети можно было учесть влияние искажения квантования этих процессов. При этом предполагаются одновременно возможность определения численного вклада каждого цифрового процесса, а также возможность использовать этот вклад вместе с другими ухудшениями при оценке качества телефонного соединения.

Другая цель настоящего дополнения состоит в предложении методов обработки результатов субъективных испытаний для получения уровня ухудшения, отводимого данному цифровому процессу, и способа использования этого уровня ухудшения для анализа качества передачи.

2 Эталонная шкала ухудшений для цифровых процессов

Для оценки качества цифровых процессов использовались две эталонные шкалы: a) непрерывный хаотический шум (аддитивный шум) и b) хаотический шум, амплитуда которого пропорциональна мгновенной амплитуде сигнала (мультипликативный шум). Этот последний следует использовать через коэффициент Q по методу MNRU, определенному в Рекомендации P.81.

Это предложение основано на следующих соображениях:

1) сигнал, обрабатываемый MNRU, с точки зрения восприятия аналогичен сигналу, обрабатываемому с помощью различных цифровых процессов, что в принципе облегчает задачу оценки участниками испытаний, и

2) с MNRU был накоплен значительный опыт и собрана обширная информация.

Примечание. – Документально не было подтверждено, что Q является более подходящей эталонной шкалой, чем непрерывный хаотический шум.

3 Анализ методов

Существует ряд методов, пригодных для оценки качества цифровых процессов в значениях Q. Методы, о которых идет речь в настоящем дополнении, касаются исключительно испытаний на прослушивание. Эти методы кратко представлены в таблице 1.

Можно также упомянуть другие возможные методы:

1) сравнения нескольких пар между всеми испытуемыми системами и всеми эталонными состояниями $/X_1/X_2 \ldots X_i/X_j \ldots X_j/R_i$;

2) испытания на разборчивость состояний MNRU и цифровых систем. используемых в одном испытании.

Эти методы в данном дополнении не описаны.

ТАБЛИЦА 1

Косвенное сравнение с MNRU				Прямое сравнение с MNRU	
Метод ACR		Метод DCR		Порог равенства	
X_1 X_2 . . . X_n R_i	(SSR)	X_0/X_1 X_0/X_1 . . . X_0/X_n X_0/R_i	(PC)	X_1/R_i X_2/R_i . . . X_n/R_i	(PC)
Приложение A		Приложение B		Приложение C	

$X_1, X_2, \ldots X_n$	Испытуемые цифровые системы
X_0	Эталонная система
R_i	Эталон MNRU (уровень Q "i")
PC	Попарные сравнения
SSR	Оценка для одного стимула
ACR	Оценка по абсолютным категориям
DCR	Оценка по категориям ухудшения

4 Основные сведения по методам испытаний

4.1 *Основные сведения по методу испытания ACR (оценка по абсолютным категориям), описанному в Приложении A*

Этот метод основан на процедуре, используемой в испытании, проведенном рабочей группой IEEE (Институт инженеров-электриков и электроников), в котором приняли участие представители семи стран (Италия, Канада, Норвегия, Соединенное Королевство, США, Франция и Япония) [2]. Цель этого испытания заключалась в установлении возможности получения сравнимых результатов, когда одно и то же испытание проводится в нескольких странах. Образцы речи, передаваемой участниками на их родном языке, обрабатывались в центре с помощью 38 каналов связи. Записи обработанной речи возвращались затем в каждую страну для оценки аудиторами по пятибалльной шкале оценки.

Каналы связи включали 22 эталона (непрерывный хаотический шум, MNRU, ИКМ с μ-255) и 16 адаптивных дифференциальных систем ИКМ (АДИКМ). (В системе АДИКМ использовался фиксированный предиктор первого порядка [3].) Основная часть анализа данных заключалась в оценке качества 16 систем АДИКМ в какой-либо стране с учетом измерений качества работы систем АДИКМ в других странах.

Результаты (средняя оценка мнений [MOS]), полученные в различных странах, были различны [2]. Тем не менее анализ результатов показывает, что разумно точная оценка качества систем АДИКМ в стране В соответствует качеству, измеренному в стране А, с точностью до аддитивной постоянной.

Изменения методики были рассмотрены на собрании рабочей группы IEEE в Париже в мае 1982 г. Методика с внесенными изменениями была рекомендована Исследовательской комиссией XII в июне 1982 г. в качестве основы оценки нескольких алгоритмов на 32 кбит/с, которые могли бы быть стандартизованы МККТТ, подобно Рекомендации G. 721 [1]. В конце 1982 г. под эгидой Исследовательской комиссии XVIII были проведены субъективные испытания с применением этой методики, которые показали следующие результаты: был выбран алгоритм кодека, и установлены улучшения (вне связи с вопросами телефонной передачи речи). Вторая серия субъективных испытаний, проведенных в конце 1983 г., подтвердила, что качество телефонной передачи речи с улучшенным алгоритмом было удовлетворительным. (Испытания, проведенные МККТТ в 1982 и 1983 гг., показали, что между результатами испытаний, полученных различными участвующими организациями, существуют различия.)

Из всего вышесказанного не следует делать вывод, что методика субъективных испытаний полностью удовлетворительна, поскольку еще далеко не выяснены причины различий между странами [2] и [4]. Тем не менее этой методикой пользуются несколько стран.

4.2 *Основные сведения по методу испытания DCR (оценка по категориям ухудшения), описанному в Приложении В*

В Приложении В к данному дополнению описан метод оценки по категориям ухудшения (DCR), являющийся модификацией метода ACR. Этот метод, основанный на результатах одной Администрации, обеспечивает бо́льшую дискриминацию между состояниями, чем метод испытания ACR [5].

Результаты испытаний, проведенных другой Администрацией, не подтверждают этот вывод [6].

5 Анализ результатов испытаний

Испытания цифровых процессов имеют целью определить пригодность их использования на телефонных сетях. Используемый метод заключается в присвоении процессам значений Q, определяемых на основе эталонной системы Рекомендации Р. 81. Возможны различные методы анализа данных, однако, видимо, желательно определить для использования один метод с целью упорядочения представления результатов. Временный метод основан на использовании величин MOS (средняя оценка мнений), полученных с помощью процедур, описанных в Приложении А.

Условные результаты, полученные с помощью субъективного испытания, проведенного по методу Приложения А к данному дополнению, представлены на рис. 1–4. (Прямые линии используются только для соединения точек с результатами.) Обычно эти результаты показывают эффект насыщения при хороших условиях, даже весьма хороших условиях (высокие MOS) и при очень плохих условиях (низкие MOS). (В случае высокой MOS насыщение обусловлено пятибалльной шкалой и, возможно, шумом незанятого канала испытуемой системы без добавления ухудшений, например шум незанятого канала и искажение квантования кодека. При низкой MOS насыщение обусловлено пятибалльной шкалой.) Опыт [2] показал, что вследствие этого эффекта насыщения получается приемлемая точность для определения Q в диапазоне примерно от 5 дБ до 25 дБ.

Одна из целей этого исследования заключается в определении функции $Q_2 = F(L)$, где Q_2 – это значение Q для кодека и L – скорость передачи по линии. Простой метод для определения этой функции заключается в использовании значений MOS, указанных на рис. 2 и 3. Он позволяет получить кривую этой функции, показанную на рис. 5. Этот метод показан на рис. 6, где выбирается величина скорости передачи по линии, например L_2, и определяется соответствующая величина MOS. Эта величина MOS используется затем для определения значения Q, в данном случае Q_2, соответствующего этой величине MOS, с помощью графика справа. Значения Q для всех других значений L получаются точно так же, что дает ряд значений выигрышей (L_i, Q_i), которые вычерчиваются, как показано на рис. 5.

Анализ результатов испытаний должен включать статистический анализ, позволяющий установить, что полученные величины MOS установлены условиями испытаний, а не другими факторами. Можно использовать испытание Стьюдента, однако есть все основания полагать, что более предпочтительным является дисперсионный анализ.

В приложении D к настоящему дополнению изложены принципы метода анализа, применяемые одной организацией. Этот метод использует аналитические величины, называемые выравненными средними, вычисленные на основе результатов субъективных испытаний. Эти аналитические величины аналогичны средним оценкам мнений, вычисленным по результатам испытаний. Один из желаемых результатов испытаний заключается в получении оценок значения Q испытуемых процессов. В Приложении D изложен метод получения таких оценок.

Величины MOS в функции Q (согласно рис. 2), полученные во время действительных испытаний, даны в [5], [17] и [18], а также в Приложении B.

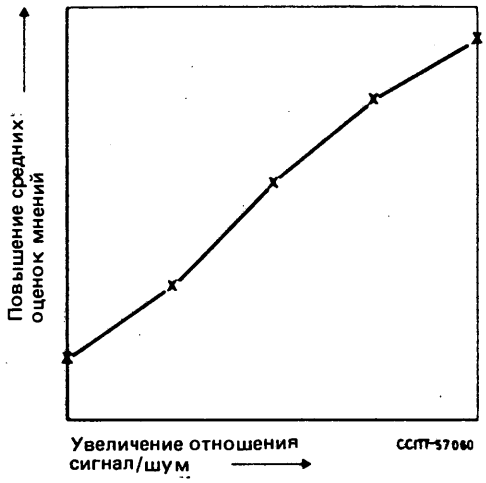


РИСУНОК 1

Средние оценки мнений для отношения сигнал/шум; мощность речи в дБм, мощность шума незанятого канала в дБмп

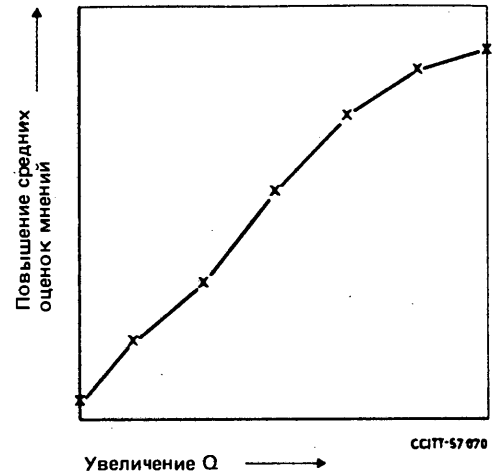


РИСУНОК 2

Средние оценки мнений для Q; Q представляет регулировку MNRU

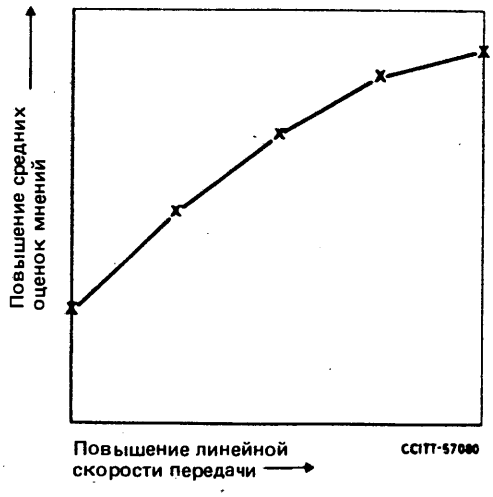


РИСУНОК 3

Средние оценки мнений для одного кодека при различных линейных скоростях передач

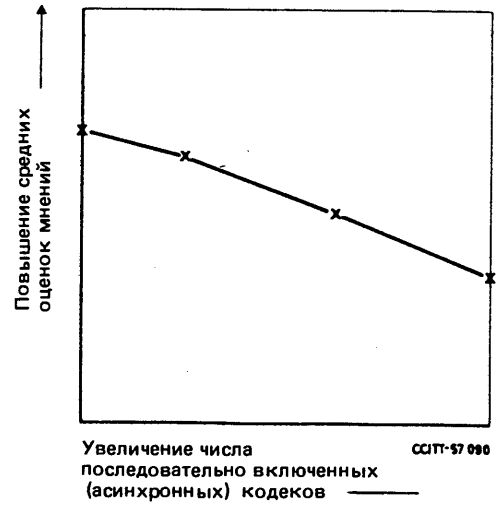


РИСУНОК 4

Средние оценки мнений для последовательно включенных кодеков.

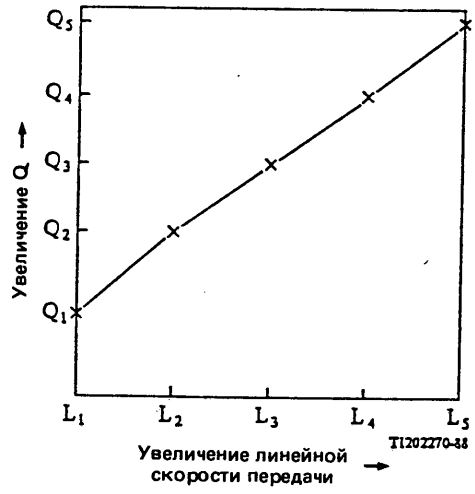


РИСУНОК 5

Q в функции линейной скорости передачи для одного кодека

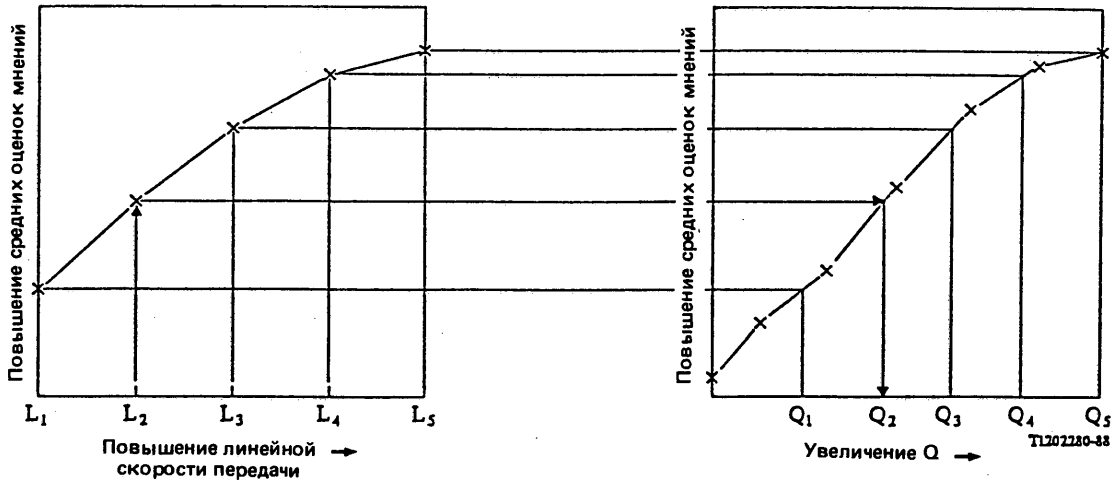


РИСУНОК 6

Графический метод получения рис. 5 с помощью существующих рис. 2 и 3

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(к Дополнению № 14)

Метод оценки по абсолютным категориям (ACR) для субъективных испытаний цифровых процессов

А.1 *Введение*

Метод испытания только прослушиванием включает в принципе три этапа: подготовку магнитных лент источников; обработку этих лент с целью получения лент стимулов, соответствующих рассматриваемым условиям испытания; выполнение субъективных испытаний с помощью лент стимулов. Если между местами проведения испытаний нет взаимообмена лент источников, то некоторые этапы можно скомбинировать.

Принцип этой методики заключается в имитации соединения, включающего передающую систему, приемную систему и соединительную систему, куда вводятся изучаемые ухудшения (шум незанятого канала, искажение квантования от MNRU и от цифровых процессов).

Во время проведения субъективных испытаний многие изменяющиеся элементы влияют на реакцию слушающего (например, содержание речи, характеристики голоса говорящего, порядок представления, задержки и т. д.). Эти элементы, если они не контролируются тем или иным образом, могут повлиять на результаты испытания. Поэтому рекомендуется использовать подходящий способ проведения испытания, позволяющий учесть эти моменты. Материалы, касающиеся этих способов, содержатся в сборниках по статистике.

А.2 *Подготовка одной или нескольких лент источников*

Система записи состоит из магнитофона, устройства ввода калибровочных тональных сигналов и соответствующей передающей системы.

А.2.1 *Магнитофон*

Магнитофон должен быть двухдорожечным с высоким качеством записи (студийный). Должен быть указан тип коррекции. Предпочтительной является коррекция МЭК. Одна дорожка используется для записи образцов речи; другая – для других целей, например для сигналов управления, включения или остановки магнитофона с помощью ЭВМ. Скорость протяжки ленты должна быть 19 см/с.

Необходимо использовать малошумящую ленту с низким копир-эффектом. Лента должна храниться перемотанной на обратную сторону, поэтому перед воспроизведением ее следует перемотать.

Примечание. – Необходимо предусмотреть использование аналого-цифрового преобразователя и видеомагнитофона для высококачественной записи и хранения лент источников и испытательных лент.

А.2.2 *Калибровочные тональные сигналы*

Рекомендуется записывать на ленте(ах) источников тональные сигналы калибровки с целью возможности проверки частотных характеристик чувствительности имитируемого соединения от входа магнитофона лент источников до выхода магнитофона лент со стимулами. Тональные сигналы должны записываться последовательно на частотах 250, 500, 1000, 2000, 3000 и 4000 Гц длительностью 5 с каждая, с уровнем на 6 дБ ниже максимального эффективного уровня на входе магнитофона. Эти тональные сигналы должны сопровождаться 15-секундной записью испытательного тонального сигнала частотой 1 кГц с максимальным эффективным уровнем на входе для калибровки систем взаимосоединения и прослушивания. Затем следуют несколько метров раккорда.

А.2.3 *Передающая система*

Частотные характеристики чувствительности передающих систем будут, по всей вероятности, различными в разных странах, и, следовательно, результаты будут также различаться из-за искажения затухания. Кроме того, характеристики сложных алгоритмов цифровых кодеков могут зависеть от формы частотных характеристик чувствительности передающей системы. Поэтому желательно, чтобы характеристики передающей системы были аналогичны указанным в таблице А-1 (имитация передающей части IRS без фильтра), по крайней мере, для некоторых условий испытания.

ТАБЛИЦА А-1

Характеристики IRS до введения фильтра SRAEN

Частота (Гц)	S_{MJ} (дБ В/Па)	S_{je} (дБ Па/В)
100	– 22,00	– 21,00
125	– 18,00	– 17,00
160	– 14,00	– 13,00
200	– 10,00	– 9,00
250	– 6,80	– 5,70
315	– 4,60	– 2,90
400	– 3,30	– 1,30
500	– 2,60	– 0,60
630	– 2,20	– 0,10
800	– 1,20	+ 0,00
1000	+ 0,00	+ 0,00
1250	+ 1,20	+ 0,20
1600	+ 2,80	+ 0,40
2000	+ 3,20	+ 0,40
2500	+ 4,00	– 0,30
3150	+ 4,30	– 0,50
4000	+ 0,00	– 11,00
5000	– 6,00	– 23,00
6300	– 12,00	– 35,00
8000	– 18,00	– 53,00

Вероятно, желательно было бы включить условия, при которых передающая система представляет стандартную (среднюю) местную систему, соответствующую сети и/или потребностям организации (страны), производящей испытание. Эта система включает телефонный аппарат с микротелефонной трубкой, имитатор физической кабельной пары, мост питания и активную нагрузку (например, 600 ом, 900 ом), к которой подключается магнитофон с лентой источника. В телефонном аппарате может быть использован микрофон с линейной характеристикой и с реальной частотной характеристикой чувствительности, так что электроакустическая характеристика передающей системы соответствует средней характеристике местной системы организации. Желательно было бы также включить условия, полученные с угольным микрофоном, характерным для типа(ов) микрофонов, используемых на сети организации (страны). (См. Рекомендацию Р. 64.) Необходимо указать характеристики (и ток питания). Желательно также указать характеристику, измеренную с помощью искусственного источника звука. (См. Рекомендации Р.51 и Р.64.)

А.2.4 *Условия записи*

Запись должна проводиться в салоне или бюро при небольшом шуме. Уровень шума помещения должен быть в пределах от 25 до 30 дБА. Спектр шума, по возможности, должен иметь форму спектра Хота (см. Дополнение № 13). Могут потребоваться специальные испытания с другими уровнями шума и/или спектральными характеристиками (например, шум от пишущей машинки и т. д.).

Характеристика шума помещения должна сообщаться, по возможности, в полной форме [например, дБА, долговременный спектр, амплитудно-временное распределение и т. д.].

Вслед за тональными сигналами калибровки должна передаваться 30-секундная запись шума помещения через местную систему, при этом диктор держит телефон с микротелефонной трубкой обычным образом. (Вероятно, необходимо будет принять специальные меры, если желательно исключить звуки, издаваемые при дыхании.)

А.2.5 *Образцы речи*

Лента источника содержит четыре образца 4 × С (4 диктора, образцы речи в условиях тренировки и в испытательных и эталонных условиях). Каждый образец включает 2–3 фразы, разделяемые интервалами не менее 1 с.

Все образцы должны быть различными во избежание повторения фраз во время испытания. При сообщении результатов испытания желательно передавать перечень используемых фраз (то есть 8 × С или 12 × С фраз).

Как ожидают, длительность каждого образца должна составлять 6–10 с. Между образцами должны следовать периоды молчания 5 с, чтобы можно было произвести необходимые команды (например, включение и выключение магнитофона), а также чтобы дать участникам время для оценок.

Эффективный уровень образцов речи (мощность активной речи) должен быть на 12 дБ ниже эффективного уровня тонального сигнала калибровки 1 кГц во избежание клиппирования пиков образцов речи магнитофоном и для более простого измерения эффективного уровня речи.

А.2.6 *Дикторы*

В испытании принимают участие не менее 4 различных дикторов (две женщины, двое мужчин) с различными характеристиками голоса. Выбор дикторов производит организатор испытания.

А.3 *Подготовка лент(ы) со стимулами*

Система взаимосоединения будет включать магнитофон ленты источника (сопротивление 600 или 900 ом), входной фильтр, устройство ввода испытательных условий, выходной фильтр и магнитофон с лентой со стимулами (сопротивление 600 или 900 ом). Характеристики фильтров должны указываться.

А.3.1 *Условия испытания*

Условия испытания включают рассматриваемый(ые) цифровой(ые) кодек(и). Кодек(и) должен(ны) определяться, по возможности, просто и полно (например, закон кодирования А/закон кодирования μ, АДИКМ с фильтрованным предиктором первого порядка и т. д.). Это даст возможность составить единую спецификацию качества для кодеков одного типа.

Поскольку качество кодеков может меняться в зависимости от входных уровней речи, предпочтительно измерять их не только на их номинальном уровне при полной загрузке, но и на уровнях выше и ниже номинального, например ± 10 дБ. Эти изменения входного уровня кодеков должны компенсироваться соответствующими регулировками на выходе кодеков для сохранения выходного уровня примерно постоянным во время испытания. (Уровень прослушивания также может влиять на относительное качество различных цифровых процессов. См. также § А.4.4.)

Кодек(и) должен(ны) измеряться по отдельности (одна пара кодирования/декодирования), затем 2, 4 и (возможно) 8 асинхронных последовательно включенных кодеков. (Желательно было бы также предусмотреть последовательно включенные синхронные кодеки.) Кодеки могут быть реализованы аппаратурно или программно; в последнем случае необходимо включать шум канала, который ожидается для кодеков на практике.

При измерении одного или нескольких отдельных кодеков линейная скорость передачи должна быть номинальной и, если возможно, быть выше (для обеспечения субъективного насыщения) и ниже (для получения ухудшения качества). Эти условия могут быть полезными при присвоении кодеку(ам) уровня(ей) качества. (Например, можно испытать также алгоритм АДИКМ с номинальной величиной 32 кбит/с при 16, 24, 40 и 48 кбит/с.)

В случае последовательного включения кодеков кодек(и) должен(ны) использоваться при номинальной(ых) линейной(ых) скорости(ях).

Необходимо также предусмотреть для кодеков условия с ошибками на линии и использовать коэффициент ошибок по битам в диапазоне от 10^{-3} до 10^{-6}.

А.3.2 *Эталонные условия*

Эталонные условия, которые следует включить, это значения Q в диапазоне 5 дБ – 25 дБ минимум с 4 ступенями. (Желательно также было бы включить значения Q, равные 0 дБ и 30 дБ.)

Желательно включить величины вводимого шума канала для получения отношения сигнал/шум в диапазоне от 5 дБ до 45 дБ минимум с 4 ступенями. (Речь идет об отношении в дБ мощности передаваемой речи в мВт к вводимому шуму канала в мВт; полоса шума канала должна ограничиваться фильтрами, имеющими такие же характеристики, как фильтр MNRU.) Следует отметить, что отношение сигнал/шум 45 дБ может зависеть от собственного шума системы (например, от шума, создаваемого при подготовке ленты источника, или шума магнитофона ленты источника и т. д.).

Необходимо также включить условия источника (получаемые путем исключения вводимого шума незанятого канала).

Цель включения условий с введенным шумом канала заключается в возможности установить взаимосвязь между результатами испытания и имеющимися результатами по эффектам затухания и шума канала (Вопрос 4/XII) и разрешить использовать результаты испытаний в изучении моделей субъективной оценки (Вопрос 7/XII).

Организация, проводящая испытание, может, по желанию, включить другие эталонные условия. Например, некоторые организации могут располагать сведениями о ранее проведенных испытаниях с системами ИКМ с компандированием и преобразованием закон кодирования А/закон кодирования μ, и для них желательно, вероятно, включить повторные испытания систем ИКМ для сравнения с ранее полученными результатами.

А.3.3 *Калибровка*

Вносимое затухание канала взаимосоединения должно составлять 0 дБ при 1 кГц между активным сопротивлением источника и оконечной нагрузкой. Это должно относиться к наилучшим условиям, например Q = 25 дБ, отношение сигнал/шум = 45 дБ, и работе испытуемого(ых) кодека(ов) с номинальной(ыми) линейной(ыми) скоростью(ями).

Эффективный уровень тонального сигнала калибровки 1 кГц на входе канала взаимосоединения должен быть на 3 дБ ниже уровня насыщения кодека(ов) (который должен быть указан). Это гарантирует, что среднеквадратичный уровень образца речи будет на 15 дБ ниже эффективного уровня синусоидального сигнала перегрузки кодека(ов).

Для этой калибровки уровень в дБм вводимого шума канала на зажимах выходного сопротивления должен соответственно регулироваться относительно уровня в дБм тонального сигнала калибровки 1 кГц на выходе. Следует отметить, в частности, что ухудшение за счет шума канала должно иметь место в периоды молчания в образцах речи, но не до и после этих образцов.

Калибровка для магнитофонов лент стимулов должна производиться точно так же, как для магнитофона лент источников.

А.3.4 *Лента(ы) стимулов*

Ленты стимулов должны начинаться с тонального сигнала калибровки 1 кГц (без вводимых ухудшений), затем передаются 12 условий тренировки и испытательные и эталонные условия.

Условия тренировки выбираются таким образом, чтобы ознакомить участников с видом испытания и диапазоном качества речи. Эти условия должны применяться 3 раза для каждого из четырех дикторов.

Испытательные и эталонные условия будут увеличиваться в 4 раза (то есть по числу дикторов) по отношению к числу номинальных условий. Эти условия будут появляться в произвольном порядке. Должно быть не менее двух лент стимулов, представляемых в различных произвольных порядках. (Эти ленты можно использовать в различных испытаниях с различными группами участников.)

Желательно также повторить хотя бы часть испытательных и эталонных условий. Однако это может оказаться невозможным на практике, учитывая необходимость соблюдать некоторые пределы для субъективных испытаний.

Хронирование условий на лентах стимулов будет таким же, как на лентах источников, например приблизительно 6–10 с (две или три фразы) для каждого условия, затем период молчания в течение 5 с.

Нет необходимости воспроизводить тональные сигналы калибровки ленты источника на ленте стимулов (за исключением тонального сигнала калибровки 1 кГц, как указано выше). Однако уровни тональных сигналов калибровки должны измеряться на оконечной нагрузке системы взаимосоединения так, чтобы можно было измерить и указать частотные характеристики чувствительности системы для всех типов условий.

А.4 *Правила проведения испытания*

А.4.1 *Аудиторы*

Предпочтительным числом аудиторов является 32, которые поровну распределяются на каждую магнитную ленту. Однако их число не должно быть меньше 12. Желательно, чтобы выбранные участники представляли стандартные категории абонентов (например, группа должна состоять из одинакового числа мужчин и женщин, возраст которых соответствует примерно демографическому распределению возрастов, с нормальной остротой слуха и т. д.).

А.4.2 *Система прослушивания*

По причинам, указанным в первом абзаце § А.2.3, характеристика приемной системы должна быть аналогична указанной в таблице А-1 (имитация приемной части IRS без фильтра).

Желательно было бы, чтобы система прослушивания имитировала стандартную местную систему (например, среднюю) организации, включающую полное сопротивление генератора станции, мост питания, физическую кабельную пару и телефонный аппарат с микротелефонной трубкой. Следует определить электроакустическую частотную характеристику чувствительности системы прослушивания (см. Рекомендацию Р.64). Местный эффект в системе прослушивания должен устраняться.

А.4.3 *Условия прослушивания*

Телефонный(ые) аппарат(ы) с микротелефонной трубкой для прослушивания должен(ны) устанавливаться в комнате с уровнем шума помещения ≤ 40 дБА, предпочтительно от 25 до 30 дБА (уровень, соответствующий уровню тихого бюро или комнаты). Спектр шума должен иметь, по возможности, форму спектра Хота, упомянутого в Дополнении № 13. Фактические уровень и спектр шума помещения дожны сообщаться, если они отличаются от этих требований.

А.4.4 *Уровень речи*

Когда тональный сигнал калибровки 1 кГц, записанный на ленте стимулов, воспроизводится через систему прослушивания, его следует отрегулировать для воспроизведения на уровне –3 дБПа, измеренном с помощью искусственного уха, рекомендованного МККТТ. (См. Рекомендацию Р. 51.) Таким образом получают уровень речи около – 15 дБПа, близкий к наилучшему уровню. Вероятно, желательно также включить условия с уровнем на 10 дБ ниже и на 10 дБ выше указанного наилучшего уровня, поскольку уровень прослушивания может повлиять на относительное качество различных цифровых процессов[1].

А.4.5 *Инструкции по проведению испытаний*

Участникам испытания предоставляются инструкции в письменном виде, которые, помимо этого, либо прочитываются им руководителем испытания, либо воспроизводятся с магнитной ленты. Эти инструкции должны даваться до условий тренировки. Участникам следует уточнить, что условия тренировки не охватывают всего диапазона качества, с которым они встретятся во время испытания. После этих условий тренировки следует предусмотреть достаточное время для ответа на возможные вопросы участников.

Участников испытания просят оценивать условия по следующей пятибалльной шкале:

Оценка	*Уровень качества*
5	Отлично
4	Хорошо
3	Удовлетворительно
2	Плохо
1	Очень плохо

В странах, где английский язык не является родным языком, соответствующие термины должны использоваться на родном языке.

До проведения испытания на прослушивание необходимо организовать тренировочные сеансы для полной адаптации аудиторов к условиям испытания и для получения стабильной оценки.

---

[1] Некоторые результаты указывают на то, что уровень речи –5 дБПа (уровень +7 дБПа тонального сигнала 1 кГц) подходит больше, чем уровень – 15 дБПа для различения условий работы кодеков.

A.4.6 *Сбор данных*

Ответы участников испытания могут записываться вручную, с помощью ЭВМ или какими-либо другими подходящими средствами. В первом случае ответы по каждому состоянию должны записываться на отдельной карточке так, чтобы участник не менял своего мнения под влиянием даваемых до него ответов.

A.5 *Сообщение результатов*

Вероятно, желательно было бы сообщать все необработанные данные, однако при этом документация может оказаться чрезмерно обширной. Поэтому лучше комбинировать данные дикторов и указывать количество мнений, соответствующее каждой из пяти оценок и по каждому типу условия, например Q = 15 дБ, отношение сигнал/шум = 25 дБ и т. д. (Должны указываться выводы анализа по определению возможных инцидентов в поведении диктора.) Помимо этого, должны сообщаться средние оценки мнений (MOS), стандартное отклонение, 95-процентные доверительные интервалы и другие статистические данные, вычисленные организацией при анализе данных.

Должны сообщаться также следующие данные:

a) тип микрофона;

b) частотная характеристика чувствительности передающей системы (Рекомендация P.64);

c) описание помещения, где производится запись, и уровни шума помещения;

d) методы измерения и регулировки уровней речи;

e) частотная характеристика чувствительности соединительной системы для всех типов условий проведения испытания и эталонных условий;

f) частотная характеристика чувствительности системы прослушивания (Рекомендация P.64);

g) описание помещения для прослушивания и уровень шума помещения;

h) метод записи мнений участников испытания;

i) описание групп участников, включая возраст, пол, количество участников, полученный ранее опыт и, если возможно, аудиометрический порог;

j) размеры телефонного аппарата с микротелефонной трубкой.

Библиография к Приложению A

KIRK (R. E.): Experimental design procedures for the behavioral sciences, *Brooks/Cole Publishing Company,* Belmont California, 1968.

Рекомендация P.64 МККТТ.

Рекомендация P.74 МККТТ.

ПРИЛОЖЕНИЕ B

(к Дополнению № 14)

Субъективная оценка качества цифровых кодеров методом оценки по категориям ухудшения (DCR)

(Вклад Администрации Франции)

B.1 *Введение*

Для субъективной оценки качества цифровых кодеров Исследовательская комиссия XII МККТТ рекомендовала метод испытания прослушиванием (см. Приложение A). Эта процедура оценки по абсолютным категориям (ACR) ведет к низкой чувствительности обнаружения кодеров с хорошим телефонным качеством (в пределах диапазона качества кодеров с 6- или 8-битной ИКМ). При необходимости большей чувствительности предлагается использовать модифицированный вариант этой процедуры, называемый процедурой оценки по категориям ухудшения. Для оценки изображения МККР [6] рекомендует два альтернативных метода: испытания по абсолютным категориям и испытания по категориям ухудшения. Процедура DCR, в которой перед каждой оценкой используются шкала степеней ухудшения качества и эталон хорошего качества, кажется, более подходит для оценки изображений хорошего качества. Поэтому данный метод был применен для оценки качества речи.

ARCHIVES U.I.T. GENÈVE

В настоящем приложении описывается процедура адаптации DCR для оценки речи. Затем чувствительность этой процедуры сравнивается с чувствительностью абсолютных категорий на одних и тех же каналах. Здесь представлены различия только между процедурами ACR и DCR. В отношении общих моментов, которые не рассматриваются в настоящем приложении, следует обратиться к приложению А.

B.2 *Процедура оценки по категориям ухудшения (DCR)*

B.2.1 *Образцы речи*

Каждая конфигурация оценивается методом оценки качества с использованием четырех дикторов, каждый из которых прочитывает два различных образца. Каждый образец должен включать две фразы с промежутком между ними не менее одной секунды. Два образца (S1, S2), в целом четыре фразы, должны выбираться из большего числа фонетически уравновешенных фраз так, чтобы средняя оценка, получаемая при оценке каналов с помощью устройств MNRU для этих четырех фраз, была примерно такой же, как средняя оценка, полученная с помощью полной группы фраз. Поэтому общая группа состоит из восьми образцов, определяемых следующим образом:

диктор T1, читающий образцы S1, S2,

диктор T2, читающий образцы S1, S2,

диктор T3, читающий образцы S1, S2,

диктор T4, читающий образцы S1, S2.

Таким образом, в течение всего испытания повторяются два образца. Однако мы не считаем это критическим для процедуры, в которой ухудшение оценивается относительно эталона, особенно для хорошего телефонного качества, когда внятность речи близка к идеальной. Использование различных образцов для каждой конфигурации, как это делается в испытаниях ACR, может быть одной из причин отсутствия в ней чувствительности.

B.2.2 *Эталонные условия*

Эталонные условия должны включать мультипликативный шум минимум с пятью значениями Q в диапазоне 10–30 дБ. (Может быть, полезно было бы включить значения Q, равные 5 дБ и 35 дБ.)

Необходимо выбрать эталон высокого качества, который должен вводиться перед каждой оценкой. Обычно используются исходные условия, определяемые источником, то есть образцы, не имеющие бо́льших ухудшений, чем те, которые вносятся передающими системами и ограничениями ширины полосы частот. Кроме того, в испытание включаются четыре "нулевые пары" (A-A) для проверки закрепления каждой оценки аудиторов.

B.2.3 *Представление стимулов*

Стимулы представляются аудиторам парами (A-B) или повторяемыми парами (A-B-A-B), где A – образец эталонного качества и B – образец, обработанный кодеком. Цель эталонного образца заключается в закреплении оценки аудиторов. Использование какого-либо эталона и субъективных оценок относительно этого эталона является весьма обычной процедурой в психоакустике. Это ведет к улучшению чувствительности общей оценки аудиторов. Образцы A и B должны разделяться промежутком 0,75 с, а в процедуре с повторяемыми парами (A-B-A-B) промежуток между двумя парами должен составлять 2 с.

По-видимому, обычный эффект порядка, наблюдаемый при испытаниях методом прослушивания с одним образцом (например, ACR), значительно менее заметен при процедуре DCR. Следовательно, можно использовать один произвольный порядок представления. Таким образом получаем для испытания восьмикратное увеличение (четыре диктора × два образца) числа номинальных условий.

Время ответа аудиторов ограничено, как и в случае испытания ACR, а именно 5 с между каждым представлением (пара или повторяемые пары).

B.2.4 *Инструкции для проведения испытания*

Участникам испытания предлагается дать оценку условий по пятибалльной шкале ухудшения качества:

5 – ухудшение незаметно;

4 – ухудшение заметно, но не мешает;

3 – ухудшение немного заметно;

2 – ухудшение мешает;

1 – ухудшение сильно мешает.

B.3 *Сравнение между чувствительностями процедур ACR и DCR при одних и тех же конфигурациях кодеков*

В таблицах B-1 и B-2 кратко представлены результаты, полученные с помощью испытаний ACR и DCR, для оценки трех алгоритмов АДИКМ на 32 кбит/с.

На рис. B-1, B-2 и B-3 представлены средние оценки мнений (MOS) и средние оценки мнений ухудшения (DMOS), полученные при одинаковых условиях с помощью двух процедур (ACR и DCR соответственно).

На основе этих рисунков можно сделать следующие выводы:

- при обеих процедурах получается хорошее совпадение результатов;
- достигаются больший разброс при схемах MNRU со значениями Q от 10 до 35 дБ и хорошее закрепление оценок аудиторов ("нулевые пары" получили оценку 4,98);
- процедура DCR обладает более высокой чувствительностью в зоне хорошего телефонного качества ($20 < Q < 35$ дБ), чем процедура ACR.

Эти чувствительности можно квантовать с помощью статистических испытаний методом многократных сравнений. Если требуется сравнение кодеков апостериори, можно использовать метод определенно значительной разницы (HSD) Таки (Tuckey) [7]. Метод HSD предназначен для проведения всех сравнений по парам между средними значениями и определения величины различий между этими средними значениями. При аналогичных условиях ($\alpha = 0{,}01$, $k = 2$, $N = 225$, постоянная модель) предельная величина HSD ($q_{\alpha, k, N}$) составляет 3,70, и поскольку остаточные ошибки процедур ACR и DCR примерно одинаковы (0,42), то два средних значения объявляются весьма различными, если:

$$\Delta = \left|\bar{X}_i - \bar{X}_j\right| > 0{,}21.$$

Эта разница, выраженная в величине Q, соответствует:

Диапазон Q (дБ)	Испытание ACR Δ	Диапазон Q (дБ)	Испытание DCR Δ
15–20	1,48	15–20	1,07
20–25	1,87	20–25	1,14
25–30	3,00	25–30	1,36

Это означает, что разрешающая способность испытаний DCR в два раза выше по сравнению с испытаниями ACR при значениях Q в диапазоне хорошего качества телефонной передачи.

B.4 *Выводы*

С помощью двух процедур (ACR и DCR) было получено хорошее совпадение результатов. Присутствие эталона перед каждой оценкой в процедуре DCR обеспечивает хорошее закрепление оценок аудиторов и, следовательно, более широкий разброс средних оценок мнений ухудшения (DMOS), полученных с помощью кодеров. Оценка кодеров, основанная на одних и тех же образцах речи, обеспечивает более высокую точность при процедуре DCR, естественно, за счет уменьшения важности усилия для понимания образцов речи в общей оценке качества. Следовательно, процедура оценки по категориям ухудшения, по-видимому, хорошо подходит для оценки кодеров с хорошим качеством телефонной передачи.

ТАБЛИЦА B-1

Средние оценки мнений (MOS) и 95-процентные доверительные интервалы (INT) для испытания ACR

Условия испытания	X		Y		Z	
	MOS	INT	MOS	INT	MOS	INT
ИКМ	3,81	0,45	3,89	0,13	4,16	0,13
ИКМ 2А	3,99	0,13	4,10	0,13	3,90	0,14
ИКМ 4А	3,35	0,12	4,02	0,14	3,70	0,14
ИКМ 8А	3,39	0,14	3,48	0,14	3,46	0,12
ИКМ 10^{-4}	3,31	0,15	3,55	0,14	3,15	0,16
ИКМ 10^{-3}	1,90	0,15	1,78	0,13	2,10	0,17
ИКМ + 10 дБ	3,94	0,15	4,02	0,12	4,14	0,11
ИКМ – 15 дБ	3,49	0,16	3,60	0,14	3,41	0,16
АДИКМ	3,60	0,15	3,41	0,13	3,65	0,12
АДИКМ 2А	3,72	0,13	3,30	0,12	3,38	0,13
АДИКМ 4А	3,14	0,13	2,85	0,13	2,63	0,13
АДИКМ 8А	2,51	0,14	2,09	0,14	2,23	0,15
АДИКМ 2Т	3,77	0,12	3,33	0,13	3,42	0,13
АДИКМ 4Т	3,86	0,14	3,01	0,14	3,80	0,13
АДИКМ 10^{-4}	3,54	0,11	3,28	0,12	2,81	0,15
АДИКМ 10^{-3}	2,88	0,16	2,55	0,15	1,93	0,13
АДИКМ + 10 дБ	3,80	0,14	3,55	0,14	3,61	0,13
АДИКМ – 15 дБ	3,20	0,15	3,02	0,15	2,92	0,14
АДИКМ, С 2А	2,44	0,16	2,62	0,16	2,23	0,14
АДИКМ, С 4А	2,13	0,15	2,14	0,13	1,90	0,13
АДИКМ, С 8А	1,98	0,14	1,84	0,13	1,59	0,12
Сигнал/шум 40	3,52	0,15				
Сигнал/шум 35	3,18	0,17				
Сигнал/шум 25	2,04	0,15				
Сигнал/шум 15	1,23	0,09				
Q 10	1,41	0,10				
Q 15	2,34	0,11				
Q 20	3,04	0,10				
Q 25	3,61	0,09				
Q 30	3,96	0,09				

Примечание 1. – Оценки комбинируются относительно четырех ораторов и двух фраз.

Примечание 2. – Число оценок = 128, исключение составляет Q, где $N = 256$.

ТАБЛИЦА B-2

Средние оценки мнений ухудшения (DMOS) и 95-процентные доверительные интервалы (INT) для испытаний DCR

Условия испытания	X		Y		Z	
	DMOS	INT	DMOS	INT	DMOS	INT
ИКМ	4,35	0,10			4,41	0,11
ИКМ 8А	3,48	0,16			3,33	0,15
ИКМ 10^{-3}	2,21	0,11			2,25	0,14
АДИКМ	4,33	0,11	4,22	0,11	4,05	0,12
АДИКМ 8А	2,63	0,14	2,35	0,14	2,38	0,17
АДИКМ 10^{-3}	3,14	0,16	2,83	0,14	1,85	0,14
АДИКМ 4Т	4,29	0,10	3,69	0,14	4,09	0,13

Q 15	1,99	0,15
Q 20	2,97	0,17
Q 25	3,89	0,18
Q 30	4,66	0,10
Q 35	4,81	0,09
Исходная точка	4,98	0,03

Примечание 1. — Оценки комбинируются относительно четырех ораторов и двух фраз.

Примечание 2. — Число оценок = 128.

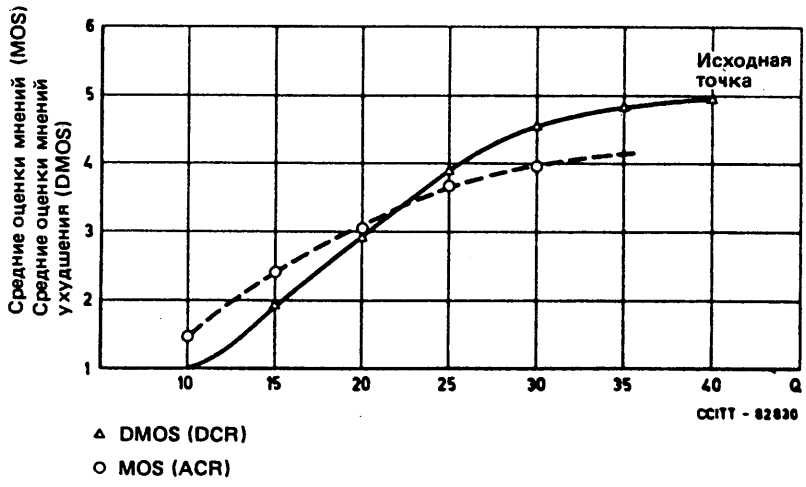
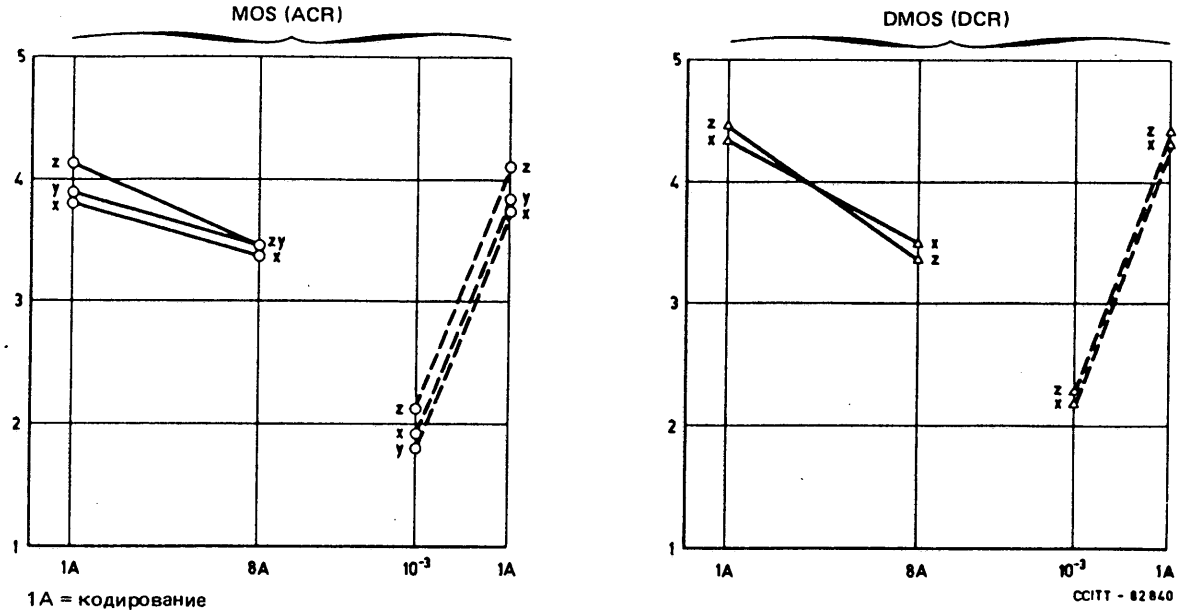


РИСУНОК B-1

Эталонные условия MNRU

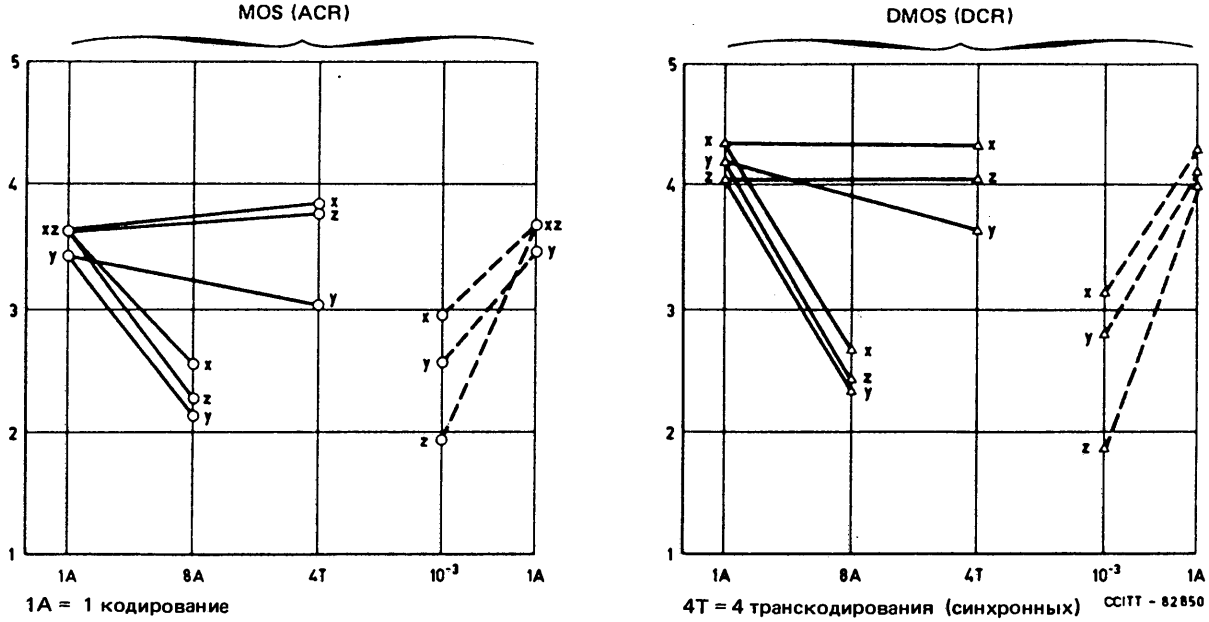


1A = кодирование
8 A = 8 асинхронных кодирований

10^{-3} = коэффициент ошибок 10^{-3}

РИСУНОК B-2

Эталонные условия ИКМ



1A = 1 кодирование
8A = 8 асинхронных кодирований

4T = 4 транскодирования (синхронных)
10^{-3} = коэффициент ошибок 10^{-3}

РИСУНОК B-3

Условия работы кодеров АДИКМ

ПРИЛОЖЕНИЕ С

(к Дополнению № 14)

Пороговый метод для непосредственного сравнения цифровых кодеров с эталонным устройством модулированного шума (MNRU)

С.1 *Введение*

Непосредственное сравнение какой-либо цифровой системы с MNRU позволяет оценить значение Q, которое соответствует качеству испытуемой системы. Описанный ниже метод позволяет получить порог равенства, определяемый как предпочтительный уровень 50 % между MNRU и цифровой системой.

Предполагается, что пороговый метод должен дать стабильные и точные результаты даже для цифровых процессов высокого качества. В случае широкополосных цифровых кодеров рекомендуется применять широкополосный MNRU типа, описанного в Приложении А к Рекомендации Р. 81.

С.2 *Процедура проведения испытания*

Используется процедура испытания только на прослушивание. Аудиторам представляется пара сигналов, состоящая из эталонного сигнала и испытательного сигнала, с просьбой указать, какой из двух имеет, по их мнению, лучшее качество (предпочтительная оценка). Субъективный эквивалент отношения сигнал/шум (Q) определяется как эталонное отношение сигнал/шум, соответствующее точке пересечения кривой регрессии предпочтительных оценок с предпочтительным уровнем 50 %. Пример Q, полученный с условными эталонными оценками, представлен на рис. С-1.

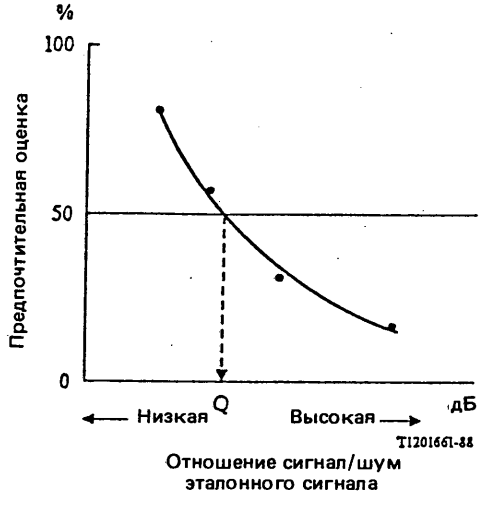


РИСУНОК С-1

Пример Q с условной предпочтительной оценкой

С.3 *Представление сигналов*

Эталонный сигнал А и испытательный сигнал В представлены в равном числе пар А-В и В-А в произвольном порядке. Различные уровни искажения, разделяемые, например, интервалами 2 дБ, вводятся в эталонный сигнал так, что диапазон предпочтительных оценок простирается от 20 до 80 %, при этом предпочтительный уровень 50 % находится посередине диапазона искажений. Временная диаграмма представления показана на рис. С-2.

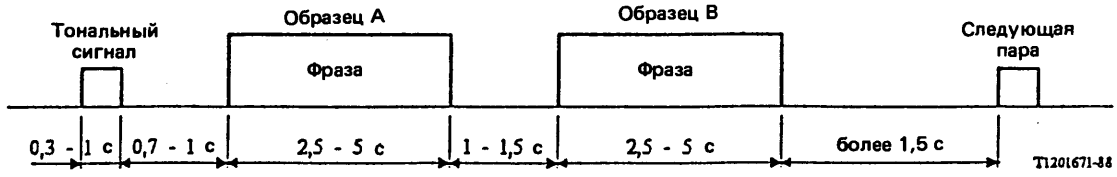


РИСУНОК С-2

Временная диаграмма представления

Участник испытания должен дать оценку и ответить, говоря "А лучше" или "В лучше" (выбор обязателен). Ответ "А равно В" или "Никакой разницы" запрещен. Длительность представления должна быть не более примерно 6 мин, чтобы не утомить слушающих. Большее число образцов для прослушивания можно представить после соответствующего периода отдыха. Рекомендуется не менее 2, а предпочтительно 4 или 5 повторений (повторение идентичных представлений).

Примечание. – Если отношение сигнал/шум в MNRU можно легко изменить между представлениями, то может использоваться упрощенная процедура. В этом случае установка восприятия равного качества осуществляется участником испытания. Регулировка производится в паузах между парами сигналов. Первым всегда дается эталон. Представление продолжается до того момента, когда участник испытания сообщает, что порог равенства достигнут.

С.4 *Источники речи*

Необходимо использовать короткие фразы, произносимые не менее чем двумя мужчинами и двумя женщинами, а предпочтительно четырьмя или шестью; каждый диктор должен произносить различные фразы. Для речи длительность должна составлять 2,5–5 с, а для музыкальных сигналов – не менее 10–15 с. В начале и в конце образцов следует избегать щелчков. Для записи сигналов источника в звукоизолированном помещении, где окружающий шум составляет менее 20 дБА и время реверберации менее 0,3 с в полосе частот 125–8000 Гц, необходимо использовать линейный микрофон с достаточной шириной полосы частот. При использовании цифрового оборудования записи уровень шума квантования должен быть меньше уровня шума 14-битной линейной ИКМ.

С.5 *Условия прослушивания*

Для испытаний методом прослушивания необходимо использовать систему считывания звука высокого качества. Если прослушивание производится с помощью громкоговорителей, то аппаратура воспроизведения должна обладать студийным качеством, а помещение для прослушивания – соответствовать Отчету 797 МККР. При использовании наушников прослушивание предпочтительно должно быть бинауральным. Ширина полосы частот должна быть, по меньшей мере, не менее ширины полосы испытуемой системы.

С.6 *Слушающие*

Хотя предпочтительно отбирать слушающих согласно описанию, данному для метода ACR (см. § А.4.1), это не является строгим условием для испытания методом попарного сравнения. Если цель испытания на прослушивание состоит в получении мнений неподготовленных слушающих, то необходимо использовать неподготовленных участников. Если же такая цель не ставится, то можно использовать подготовленных людей, и надежность испытания прослушиванием может быть повышена путем увеличения числа повторений для каждого слушающего. Минимальное число участников составляет 6, предпочтительно использовать 12 или более. Несколько участников могут производить прослушивание одновременно, однако их ответы должны быть независимыми друг от друга.

С.7 *Надежность*

Если исходить из предположения, что изменение предпочтительных оценок в субъективных испытаниях подчиняется t-распределению, то ширина вариации оценки r, которая ведет к 95-процентной надежности при оценке u ($0 \leq u \leq 1$) во всей совокупности испытаний (то есть число повторений для каждой пары представлений, умноженное на число участников и на число сигналов источника), может быть представлена уравнением (С-1).

$$r = \pm t(n-1, 0.05) \cdot \sqrt{u(1-u)/(n-1)} \qquad \text{(С-1)}$$

Если n равно 96, а u равно 0,5 (предпочтительная оценка составляет 50 %), то r равняется ± 10 %.

ПРИЛОЖЕНИЕ D

(к Дополнению № 14)

Принципы метода, используемого одной организацией для анализа качества работы цифровых кодеков (Bell Communications Research, Inc.)

Условные результаты по MOS, полученные с помощью субъективного испытания, проведенного по методике Приложения A, показаны на рис. 1–4 данного дополнения. (Прямые линии используются только для соединения точек с данными.) Обычно эти результаты отображают эффект насыщения в хороших, очень хороших условиях (высокие MOS) и в очень плохих условиях (низкие MOS). (При высоких MOS насыщение создается пятибалльной шкалой и, возможно, шумом свободного канала системы субъективного испытания без добавленных ухудшений, таких как шум свободного канала, значение Q, искажение квантования кодека. При низких MOS насыщение создается пятибалльной шкалой.)

Метод анализа данных, используемый "Bell Communications Research, Inc.", обеспечивает величину, называемую "fit mean" ("выравненная средняя") для каждого условия испытания [8]. Выравненные средние используются для анализа данных. (Эти средние и MOS примерно одинаковы в середине диапазона значений MOS; однако выравненные средние не ограничиваются численно при крайне хороших и крайне плохих условиях, как это делается с MOS.) Графические представления результатов испытаний, выраженных в выравненных средних, будут аналогичны представленным на рис. 1–4, но они имеют больший численный разброс.

Цель анализа заключается в определении функции:

$$Q_s = f(L), \tag{D-1}$$

где

Q_s = значение Q для искажения квантования кодека;

L = линейная скорость (например, в кбит/с).

(В одних случаях может быть достаточно простого линейного отношения, в других – может потребоваться более сложная функция.)

Значение Q кодека можно оценить с помощью уравнения (D-1).

При определении уравнения (D-1) необходимо должным образом учитывать упомянутые выше эффекты насыщения. Номинальная линейная скорость кодека, например, может соответствовать средней точке данных на рис. 3, где эффект насыщения, по-видимому, мал.

Кроме того, вероятно, необходимо будет рассмотреть внутреннюю функцию эквивалентности (отношение сигнал/шум в функции Q) этого испытания. [Эта функция определяется с помощью функций, соответствующих кривым (выравненные средние), аналогичным представленным на рис. 1 и 2.]

Важное преимущество этого метода анализа заключается в получении предсказанных значений качества (выравненные средние, Q), по возможности, приближающихся к реальным значениям качества (выравненные средние, аналогичные по форме кривым на рис. 3 и 4, или значения Q, полученные путем преобразования значений выравненных средних в значения Q с помощью соответствующей функции, подходящей для данных "выравненной средней", аналогичных по форме данным, представленным на рис. 2). (В этом случае предполагается, что для асинхронных последовательно включенных кодеков законом сложения будет $15 \log_{10} n$, где n – это количество идентичных последовательно включенных кодеков. Вероятно, желательно также включить в анализ определение закона сложения.)

Значения Q, полученные для цифрового процесса согласно описанной выше процедуре, можно использовать различными путями для оценки влияния искажения квантования на качество телефонного соединения. Модель субъективной оценки Дополнения № 3 касается скорректированного эквивалента затухания и уровня шума свободного канала. Для этой модели требуется преобразовать значение Q для всего соединения в эквивалентное отношение сигнал/шум, которое затем может быть преобразовано в уровень шума свободного канала на основе известных уровней речи рассматриваемых соединений.

Было установлено, что используемые для этой цели функции эквивалентности различаются (см. [9], [10], [11], [12] и [13]). Не ясно, существует ли единственная функция эквивалентности, которую можно было бы принять, и неизвестно, какой она должна быть. (Вероятно, эта функция должна основываться на результатах испытания при двустороннем разговоре.)

Значения Q, полученные для цифровых процессов, можно также использовать при определении правил использования кодеков на сетях в зависимости от числа асинхронных последовательно включенных 8-битных, μ-255 кодеков. Для модели Дополнения № 3 существует следующее соотношение между Q (по закону сложения $15 \log_{10} n$) и числом этих кодеков:

Количество[2]	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Q (дБ)	37	32,5	30	28	26,5	25,5	23,5	22	21	20

Согласно модели Дополнения № 3 7-битный, μ-255 ИКМ кодек будет соответствовать примерно 2,5 8-битным, μ-255 асинхронным последовательно включенным ИКМ кодекам. (Следует отметить, что значение Q = 37 дБ на 3–4 дБ превышает минимальные величины отношения сигнал/искажение в Рекомендации G.712 [15]; предполагается, что средние 8-битные системы работают при большей величине.)

Библиография

[1] Рекомендация МККТТ "Адаптивная дифференциальная импульсно-кодовая модуляция на 32 кбит/с (АДИКМ)", том III, Рек. G. 721, МСЭ.

[2] GOODMAN (D. J.), NASH (R. D.): Subjective quality of the same speech transmission conditions in seven different countries, *Proc. ICASSP 82* (International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing), vol. 2, Paris, mai 1982.

[3] DAUMER (W. R.), CAVANAUGH (J. R.): A subjective comparison of selected digital codecs for speech. *Bell System Technical Journal,* vol. 57, no 9, novembre 1978.

[4] RICHARDS (D. L.), BARNES (G. J.): Pay-off between quantizing distortion and injected circuit noise, *Proc. ICASSP 82* (International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing), vol. 2, Paris, mai 1982.

[5] COMBESCURE (P.) *et autres:* Quality evaluation of speech coded at 32 kbit/s by means of degradation category ratings, *Proc. ICASSP 82* (International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing), vol. 2, Paris, mai 1982.

[6] Документ 11/17 МККР "Субъективная оценка качества телевизионных изображений (Европейский союз радио- и телевещания), Исследовательский период 1978–1982 гг.

[7] TUCKEY: The problem of multiple comparisons, *Ditton,* Princeton University, Ed. 1953.

[8] CAVANAUGH (J. R.), HATCH (R. W.), SULLIVAN (J. L.): Models for the subjective effects of loss, noise and echo on telephone connections, *Bell System Technical Journal,* vol. 55, November 1976.

[9] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 24 (Изучение определения субъективно эквивалентного шума (NTT)), Исследовательский период 1981– 1984 гг.

[10] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 61 (Субъективно эквивалентный шум линейного и угольного микрофонов, создающих речевые сигналы – Bell Northern Research, Канада), Исследовательский период 1981–1984 гг.

[11] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 124 (Применение информационного индекса к шуму квантования в ИКМ – Франция), Исследовательский период 1981–1984 гг.

[12] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 130 (Субъективные функции эквивалентности модели оценки искажения квантования – Bell Northern Research, Канада), Исследовательский период 1981–1984 гг.

[13] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 162 (Качество передачи цифровых систем – КОМСАТ), Исследовательский период 1981–1984 гг.

[14] Рекомендация МККТТ "Снижение качества передачи", Желтая книга, том III.1, Рек. G.113, МСЭ, Женева, 1981 г.

[15] Рекомендация МККТТ "Характеристики качества ИКМ-каналов на тональных частотах", Желтая книга, том III.3, Рек. G.712, МСЭ, Женева, 1981 г.

[16] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 222 (Оценка качества передачи речи с помощью методов ACR и DCR – Администрация связи СССР), Исследовательский период 1985–1988 гг.

[17] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 223 (Результаты определения типовой зависимости средней оценки абонентов от значений Q – Администрация связи СССР), Исследовательский период 1985–1988 гг.

[18] МККТТ – Вклад ИК XII-R.5, стр. 49 и 76–78, июнь 1985 г.

[2] Это не следует понимать как число единиц искажения квантования (qdu), используемое для международного планирования [14]; соотношение между числом кодеков и Q относится к модели Дополнения № 3, которое было использовано в исследованиях по планированию, проведенных в США.

ЭТАЛОННОЕ УСТРОЙСТВО ШИРОКОПОЛОСНОГО (7 кГц) МОДУЛИРОВАННОГО ШУМА (MNRU) С ФОРМИРОВАНИЕМ ШУМА

(Мельбурн, 1988 г.)

(Ссылка содержится в Рекомендации P.81)

(Вклад NTT, Япония)

1 Введение

В схеме широкополосного MNRU учтены три следующих пункта, касающиеся его использования в качестве общего эталонного сигнала:

a) процедура генерирования эталонного сигнала должна быть простой;

b) характеристики качества речи эталонного сигнала должны быть аналогичны характеристикам испытательных сигналов;

c) необходимо иметь возможность произвольного управления степенями ухудшения.

По сравнению с узкополосным MNRU широкополосный MNRU имеет более широкую полосу частот (70–7000 Гц) и фильтр формирования спектра фиксированного шума, который подавляет шум в полосе высоких частот, так что спектр шума в эталонном сигнале подобен спектру шума широкополосных кодеров.

2 Схема широкополосного MNRU

Основная схема широкополосного MNRU представлена на рис. 1. Широкополосный гауссов шум, умноженный на речь источника, подается на фильтр формирования спектра. Речь источника и шум со спектром, сформированным указанным образом, ограничиваются по полосе и ослабляются/усиливаются для получения требуемого отношения сигнал/шум. Затем оба они суммируются, давая сигнал искажения.

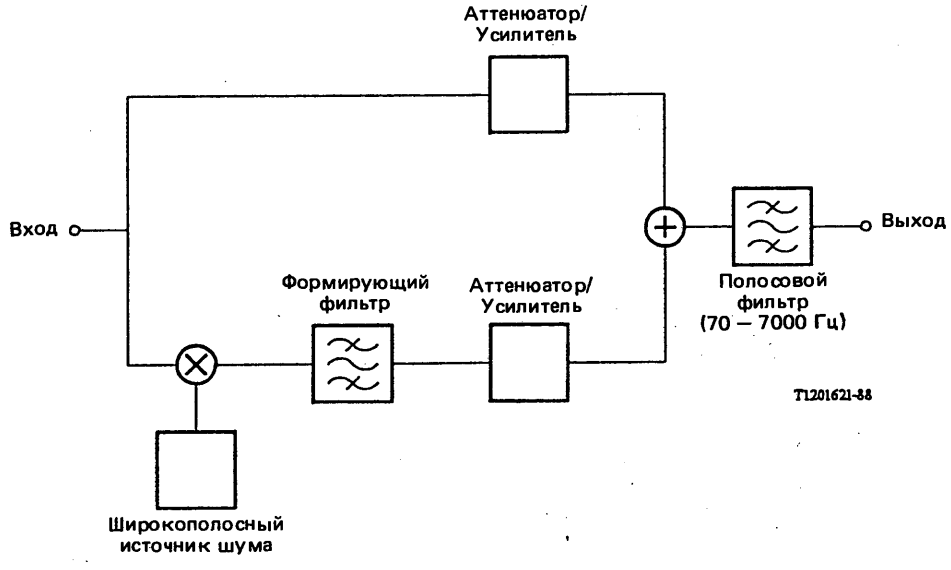
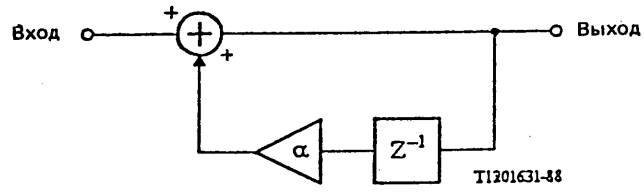


РИСУНОК 1

Схема широкополосного MNRU с формированием шума

3 Фильтр формирования спектра

Спектр шума формируется авторегрессивным фильтром 1-го порядка, схема которого показана на рис. 2. Моделирование на компьютере с использованием частоты дискретизации 16 кГц и ширины полосы частот 7 кГц дает коэффициент фильтра 0,8, который аппроксимирует огибающую долговременного спектра речи сигналов широкополосного источника.



Частота дискретизации = 16 кГц
$\alpha = 0{,}8$

РИСУНОК 2

Фильтр формирования шума

4 Полосовой фильтр

Ширина полосы широкополосного MNRU должна соответствовать ширине полосы широкополосных кодеров речевых сигналов. Временные требования к частотной характеристике полосового фильтра 7 кГц показаны на рис. 3. Они базируются на существующем выходном фильтре Рекомендации P.81.

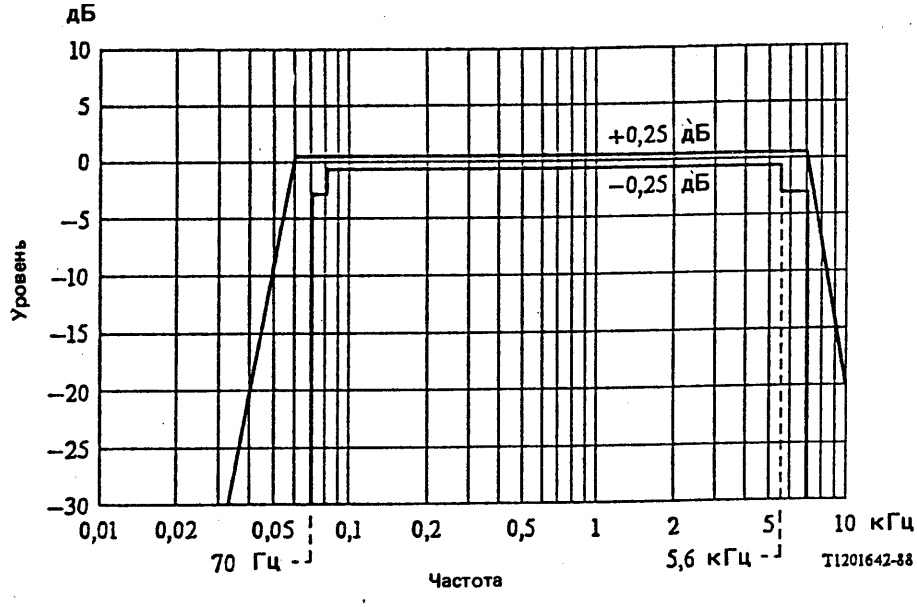


РИСУНОК 3

Требования к выходному фильтру, используемому в широкополосном MNRU

5 Отношение сигнал/шум

При компьютерном моделировании отношение сигнал/шум можно вычислить, используя среднюю мощность с постоянной времени 8–20 мс после полосовой фильтрации как источника речи, так и шума. Если отношение сигнал/шум регулируется с помощью синусоидального сигнала источника для оборудования MNRU, то измерение мощности шума должно проводиться вольтметром среднеквадратичных значений, а не просто путем калибровки затухания или усиления канала шума на основании синусоидального сигнала.

6 Прочие спецификации

Частота дискретизации: Рекомендуется, чтобы частота дискретизации по крайней мере в два раза превышала самую высокую частоту полосы пропускания; для испытания кодеров согласно Рекомендации G. 722 рекомендуется частота дискретизации 16 кГц.

Источник шума: Для оборудования MNRU рекомендуется использовать достаточно широкополосный гауссов шум. Если шум создается компьютером, то в полосе частот, равной половине частоты дискретизации, требуется равномерный шум. Амплитуды, в три раза превышающие эффективное значение, должны ограничиваться.

Дополнение № 16[1)]

УКАЗАНИЯ ПО РАЗМЕЩЕНИЮ МИКРОФОНОВ И ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ В ПОМЕЩЕНИЯХ ДЛЯ ТЕЛЕФОННОЙ КОНФЕРЕНЦ-СВЯЗИ [1] И ГРУППОВЫХ АУДИОТЕРМИНАЛОВ (GAT)

(Малага-Торремолинос, 1984 г.; исправлено в Мельбурне, 1988 г.)

(Ссылка содержится в Рекомендациях G.172 и P.30)

1 Общие положения

Нижеследующие указания представляют основные правила оценки акустики помещений для телефонной конференц-связи и размещения групповых аудиотерминалов, обеспечивающих высокую разборчивость речи и легкость распознавания говорящего.

2 Акустика помещений для конференций – Общие требования

Проектирование и установка системы телефонной конференц-связи или групповых аудиотерминалов, удовлетворяющих требованиям разумной стоимости и качества, связаны с многочисленными оценками и компромиссами. Эти указания позволят специалистам по планированию и установке оборудования оценить акустику помещения, сделать необходимый выбор и принять решения, правильно разместить соответствующее оборудование и обеспечить тем самым удовлетворительный сервис.

Акустическая часть групповых аудиотерминалов состоит из оконечного оборудования с микрофонами и громкоговорителями, которые устанавливаются в помещениях для конференций и связываются средствами передачи звуковых сигналов. Этими средствами передачи могут быть либо коммутируемые телефонные соединения общего пользования, либо частные линии.

В системах как общего, так и частного пользования передача часто производится через комплект конференц-связи со многими пунктами, так что каждое помещение может связываться одновременно с любым из других пунктов. В этом случае очень важно, чтобы такой комплект размещался в центре (по электрическому затуханию) сети с целью сведения до минимума контраста между уровнями речи, исходящей из различных помещений.

---

1) Прежде Дополнение № 25 к тому III.1 (*Красная книга*).

В отличие от телефонной связи с использованием телефонных аппаратов с микротелефонными трубками, акустические характеристики помещений для конференций и размещение микрофонов в нем во многом определяют уровень, отношение речевой сигнал/шум помещения и характеристики реверберации (эффект дождевой бочки) передаваемой речи. Пользователи легко замечают и критикуют эти три фактора, особенно в системах многопунктовой конференц-связи.

Как правило, чем больше размеры помещения, чем выше в нем уровень шума и реверберация, тем меньше оно подходит для телефонной конференц-связи. Присутствие в передаваемой речи шума и/или реверберации делает систему неудовлетворительной. В крайних случаях, как показывает практика, чрезмерный шум в одном помещении, например от пролетающего самолета, может временно заблокировать передачу между всеми помещениями системы многопунктовой конференц-связи. Чрезмерная реверберация делает принимаемую речь настолько гулкой, что собеседникам становится трудно опознать друг друга и понимать сказанное; они быстро устают и отказываются от пользования такой системой.

В принципе для телефонной конференц-связи пригодно любое помещение, если следовать предлагаемым указаниям. Однако в соответствии с указаниями в помещении с большим шумом или реверберацией ораторы должны говорить так же близко в микрофон, как и в телефонный аппарат с микротелефонной трубкой. Пользователь, требующий установки телефонной конференц-связи, должен принять одно или несколько из следующих решений:

1) выбрать для конференции другое помещение;

2) изменить акустические характеристики помещения; или

3) принять требование о близком расстоянии между микрофоном и говорящим в соответствии с указаниями.

Для удовлетворительного качества звучания в системе телефонной конференц-связи должно быть выполнено одновременно несколько очень важных условий. В настоящем разделе дается определение этих условий. Кратко они таковы:

1) необходимо выбрать помещение, пригодное для обычной конференции;

2) следует определить расстояние между микрофоном и говорящим в зависимости от шума;

3) следует определить расстояние между микрофоном и говорящим в зависимости от реверберации;

4) микрофоны и громкоговорители следует размещать с учетом обоих этих расстояний.

3 Уровень шума помещения

В таблице 1 приведены требования к уровню шума для помещений различных размеров, рассчитанных на разное число участников конференций. По мере увеличения размеров помещения и числа участников конференций последние размещаются дальше друг от друга. Следовательно, для удобства разговора и прослушивания ответов уровень шума в помещении должен уменьшаться с увеличением числа участников.

ТАБЛИЦА 1

Предельные значения уровня шума помещений для конференций

Характеристика помещения	Максимальное показание измерителя уровня звука (дБА)	Акустические условия
Конференц-зал на 50 человек	35	Очень тихий, пригодный для совещаний со столами длиной 6—9 м
Конференц-зал на 20 человек	40	Тихий, приемлемый для совещаний со столами длиной 4,5 м
Конференц-зал на 10 человек	45	Приемлемый для совещаний со столами 1,5—2,5 м
Конференц-зал на 6 человек	50	Приемлемый для совещаний со столами 1,0—1,5 м

Измерения шума, обусловленные в таблице 1, должны выполняться на столах конференц-зала при нормальных условиях работы, но без участников. Эти измерения должны выполняться на расстоянии 0,6 м от любой поверхности.

Шум может измеряться в дБА с помощью измерителя уровня звука, использующего А-взвешивание, эталонный уровень давления 20 микропаскалей и т. п., в соответствии с Рекомендацией P.54. В настоящих указаниях применяется А-взвешивание, поскольку оно аппроксимирует уровень шума, раздражающий человеческое ухо.

Максимальное расстояние между микрофоном и говорящим ограничивается шумом помещения. На рис. 1 показано максимальное расстояние между говорящим и микрофоном, которое обеспечивает гарантированное приемлемое отношение сигнал/шум 20 дБ в передаваемой речи. Не следует пытаться пренебречь этим расстоянием или увеличить его за установленные на рис. 1 пределы. Например, при уровне шума помещения 50 дБА рис. 1 показывает, что *максимальное* расстояние (D_{max}) от говорящего до микрофона, обеспечивающее *гарантированное* приемлемое отношение сигнал/шум, должно составлять 0,5 м. Рис. 1 относится к ненаправленным микрофонам. В случае направленных микрофонов, например кардиоидных или двунаправленных, значение D_{max}, определенное на рис. 1, может быть увеличено на 50 %.

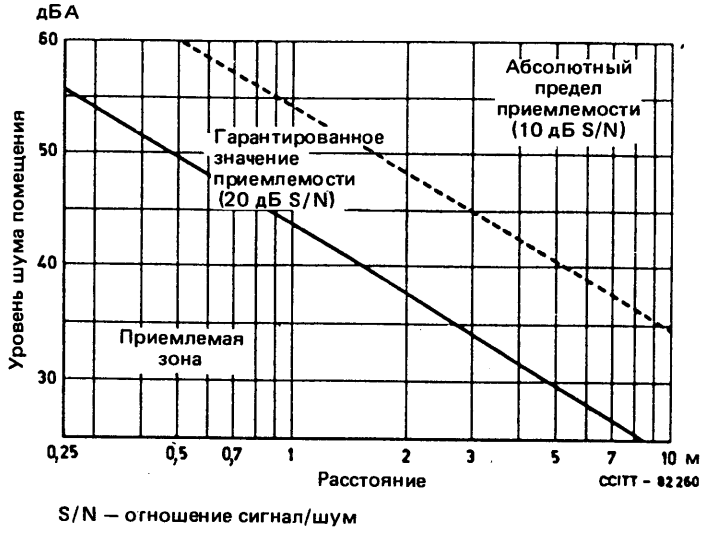


РИСУНОК 1

Максимальное расстояние между говорящим и микрофоном

Если используется более одного микрофона для обслуживания более двух или трех ораторов и все микрофоны являются активными одновременно, то величина шума помещения, попадающего в микрофоны и передаваемого по цепи, будет возрастать. Насколько она возрастет, полностью предсказать невозможно. Однако полезной аппроксимацией будет возрастание уровня шума на 3 дБ при каждом удвоении числа микрофонов. Это увеличение эффективного уровня шума может учитываться путем прибавления его к измеренному уровню шума до использования рис. 1 для определения D_{max}.

4 Реверберация

Большинство помещений для телефонной конференц-связи имеет акустические характеристики, изменять которые невозможно, так что качество звука, передаваемого из помещения, может регулироваться только размещением микрофонов. Когда микрофон находится близко от говорящего, наибольшая величина (в %) звука поступает непосредственно от говорящего, и реверберация в помещении будет оказывать сравнительно небольшое влияние. По мере увеличения расстояния между микрофоном и говорящим уровень прямого звука, попадающего в микрофон, уменьшается на 6 дБ при каждом удвоении расстояния, тогда как средний уровень реверберирующего звука остается практически постоянным.

Для характеристики помещения полезным понятием является критическое расстояние (D_c) для этого помещения. Это – расстояние от источника звука (оратор, громкоговоритель), при котором прямая энергия звука от источника равна энергии реверберации, отраженной от всех поверхностей данного помещения (стен, потолка, мебели, пола). Как правило, критические расстояния в помещениях для конференций находятся в диапазоне 0,2–1,5 м.

Критическое расстояние можно выразить, как:

$$D_c = 0{,}056 \sqrt{\frac{V}{T_R}} \text{ метров} \qquad \text{(см. ISO 35u)},$$

где:

V – объем помещения в кубических метрах,

T_R – время реверберации помещения в секундах.

По мере уменьшения отношения прямой энергии звука к реверберирующей, с увеличением расстояния от микрофона до говорящего, воспринимаемая речь становится менее внятной, худшего качества, трудной для опознавания и утомительной для восприятия. Она приобретает гулкость, как будто говорящий находится в бочке. Для получения хорошего качества микрофоны должны размещаться на расстоянии, не превышающем половины критического (0,5 D_c) от говорящих. Обычно для этого требуется устанавливать на столе в конференц-зале несколько микрофонов или использовать нагрудные микрофоны[2], и ни в коем случае нельзя размещать микрофоны на потолке. Многие установки для телефонной конференц-связи оказались неудачными из-за того, что микрофоны были размещены на потолке без учета вышеуказанных акустических требований.

При использовании направленных (кардиоидных или двунаправленных) микрофонов расстояние между микрофонами и говорящими может быть увеличено на 50 %, до 3/4 критического расстояния (0,75 D_c). Для получения наилучших результатов ораторы должны сидеть прямо перед кардиоидными (с диаграммой в форме сердца) микрофонами; они могут сидеть с любой стороны по отношению к вертикально размещенному двунаправленному микрофону с косинусной (в форме восьмерки) диаграммой чувствительности. В таблице 2 приведены типовые расстояния между микрофоном и говорящим для малых (с площадью поверхности стен, потолка и пола 60–300 м^2) и для больших (300–1000 м^2) помещений прямоугольной формы для конференций, а также оценочное критическое расстояние (D_c). В настоящих указаниях используются площади в квадратных метрах, поскольку они больше связаны с акустикой помещений для конференций, чем часто указываемая кубатура помещений.

ТАБЛИЦА 2

Типовые расстояния между микрофоном и говорящим (в метрах)

Конференц-зал	Ненаправленный микрофон	Направленный микрофон	Критическое расстояние
Небольшой зал (60–300 м^2)			
умеренная обработка помещения[a]	0,3	0,5	0,6
Большой зал (300–1000 м^2)			
малая обработка помещения[a]	0,6	0,9	1,2
существенная обработка помещения[a]	0,9	1,4	1,8

[a] В данном контексте помещение с умеренной обработкой может иметь акустический потолок и ковер на полу; помещение с малой обработкой имеет либо акустический потолок, либо ковер; помещение с существенной обработкой может иметь тяжелые драпировки, закрывающие половину площади стен, высококачественный подвесной акустический потолок и толстый ковер с тканевым основанием.

[2] Микрофоны, которые подвешиваются на регулируемой ленте на шее пользователя.

5 Тип и размещение микрофонов

Как указывалось ранее, при использовании ненаправленных микрофонов расстояние между микрофоном и говорящим должно быть меньше максимального расстояния (D_{max}), которое определено на рис. 1, для обеспечения необходимого отношения сигнал/шум. При использовании направленных микрофонов расстояние между микрофоном и говорящим может быть увеличено, но не должно достигать $1{,}5\,D_{max}$.

Как указывалось также ранее, при использовании ненаправленных микрофонов расстояние между микрофоном и говорящим должно быть меньше половины критического расстояния, чтобы обеспечить разборчивую, легко распознаваемую речь без реверберации. При использовании направленных микрофонов расстояние между микрофоном и говорящим может быть увеличено, но не должно достигать $0{,}75\,D_c$.

Микрофоны должны быть размещены так, чтобы были удовлетворены *оба* вышеуказанных правила; другими словами, расстояние между микрофоном и говорящим не должно превышать меньшего расстояния.

Чтобы все ораторы могли удовлетворять вышеуказанным критериям, относящимся к расстоянию между микрофоном и говорящим, требуется, как правило, несколько микрофонов. Обычно необходим один микрофон для каждых трех говорящих. При каждом удвоении числа микрофонов эффективный уровень шума в помещении будет возрастать на 3 дБ. Так, если в примере в § 3 используются 4 микрофона, то величина 50 дБА должна быть увеличена до эффективного значения 56 дБА. При определенной величине шума D_{max} (рис. 1) должно быть, таким образом, уменьшено до 25 см. Ясно, что нагрудные микрофоны обеспечивают практическое решение размещения ораторов на расстоянии 25 см от микрофона.

6 Размещение громкоговорителей

Требования, предъявляемые к размещению громкоговорителей в конференц-зале, менее жестки по сравнению с требованиями, которые предъявляются к размещению микрофонов. Как правило, считается целесообразным ограничить расстояние между любым слушающим в помещении и ближайшим громкоговорителем, которое не должно превышать критическое расстояние более чем вдвое.

Громкоговорители должны размещаться в конференц-зале на потолке, на стенах или на столе, чтобы обеспечить минимальный уровень звукового давления 65 дБА в местах размещения слушающих. В случае значительного шума уровень звукового давления должен по крайней мере на 20 дБ превышать уровень шума помещения. Больший эффект "присутствия" и меньший эффект "голоса сверху" достигается, когда громкоговорители размещаются на столе или на его краю.

Монтируемые на потолке громкоговорители обычно проще в установке и менее заметны. Как правило, в конференц-зале громкоговорители, устанавливаемые на прикрепляемой к потолку видимой подвесной акустической панели, должны размещаться приблизительно на расстоянии 0,6 м от края стола. Наилучших результатов достигают, когда громкоговорители устанавливают *не* симметрично, а несколько хаотично. Это предотвращает вибрацию, возникающую при разговоре в помещении.

Библиография

[1] *Teleconference center construction guidelines,* Bell System Technical Reference, PUB 42903, May 1980, American Telephone and Telegraph Co.

Дополнение № 17

НЕПОСРЕДСТВЕННОЕ УРАВНИВАНИЕ ГРОМКОСТИ ОТНОСИТЕЛЬНО ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЭТАЛОННОЙ СИСТЕМЫ (IRS) ДЛЯ СУБЪЕКТИВНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГРОМКОСТИ

(Мельбурн, 1988 г.)

(Ссылка содержится в Рекомендации P.78)

(Вклад Администрации Китая)

1 Введение

При субъективном определении показателей громкости согласно Рекомендации P.78, помимо промежуточной эталонной системы (IRS), всегда необходимо использовать основную широкополосную эталонную систему NOSFER. Основная причина использования косвенного метода для субъективного определения показателей громкости заключается в трудности держать в одной руке две трубки, одну от IRS, другую от сравниваемой системы, во время уравнивания. Начиная с 1982 г.

лаборатория МККТТ и некоторые другие лаборатории пытались применять прямой метод уравнивания громкости при субъективной оценке показателей громкости, используя отъединенную трубку. Результаты показывают, что можно не только упростить испытание, но и значительно сократить расхождения между результатами испытаний. Как правило, стандартное отклонение результатов испытаний составляет лишь половину от стандартного отклонения, получаемого с помощью метода, описанного в Рекомендации Р.78. Кроме того, больше нет необходимости вводить NOSFER для субъективного определения показателей громкости.

В настоящем дополнении описаны основные схемы, используемые в методе непосредственного уравнивания громкости.

2 Метод

2.1 *Микротелефонная трубка*

Передающая микротелефонная трубка IRS со своим микрофоном закрепляется на подставке, позволяющей обеспечить такое положение ограничительного кольца, как при оценке показателя громкости (LRGP). Однако ручка и держатель микрофона приемной микротелефонной трубки IRS могут быть удалены, в случае надобности, чтобы лучше удерживать в одной руке сравниваемую микротелефонную трубку и отъединенную приемную часть IRS при субъективном уравнивании, производимом для RLR или OLR.

2.2 *Волюм речи*

Опыт свидетельствует, что среднее показание волюметра, соединенного с выходом передающей системы IRS, составляет примерно –1,7 дБ, когда оператор говорит в микрофон передающей микротелефонной трубки IRS в LRGP, используя "стандартный волюм" (см. Рекомендацию Р. 72, Красная книга). Эта величина будет отличаться, если используется другой измеритель уровня. Результаты испытаний показывают, что нет необходимости устанавливать индивидуальную взаимосвязь между "стандартным волюмом" и показанием измерительного прибора, соединенного с выходом передающей системы IRS, для каждого из операторов.

Поскольку ширина полосы передающей системы IRS ограничена, колебания стрелки измерительного прибора больше, чем в случае широкополосной системы, когда говорящий находится в активном состоянии. Однако оператору не трудно настроить его волюм в пределах 1 или 2 дБ, используя свое собственное правило отсчета.

2.3 *Уровень прослушивания*

Затухание, вносимое всем соединением IRS, устанавливается равным 18 дБ, поскольку эта величина близка к величине "X2" (см. Рекомендацию Р.78), определенной в ходе недавних субъективных испытаний, проведенных бригадой лаборатории МККТТ, а также другими лабораториями.

2.4 *Схемы испытаний*

Схемы испытаний для определения SLR, RLR, OLR и JLR представлены на рис. 1–4.

2.5 *Метод уравнивания*

Используется метод "margin" ("запаса"). Детали этого метода аналогичны субъективному определению остаточного затухания R25 (см. Рекомендацию Р.72, Красная книга).

При определении RLR и OLR оператор автоматически старается прикладывать больше силы к отъединенной микротелефонной трубке, подобранной для его уха, поскольку он держит ее непосредственно пальцами, держа при этом ручку сравниваемой микротелефонной трубки. Вот почему результаты испытаний по RLR и OLR, полученные в некоторых лабораториях, примерно на 1–2 дБ больше (тише) тех, которые были получены с помощью метода Рекомендации Р. 78. Этого эффекта можно избежать, если предупредить оператора, что его ухо должно чувствовать нажатие одинаковой силы при приложении к нему как микротелефонной трубки сравниваемой системы, так и отъединенной микротелефонной трубки телефона IRS.

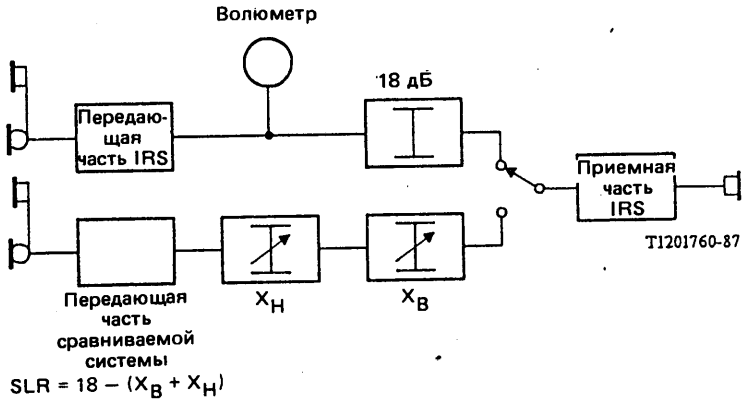


РИСУНОК 1

Определение показателя громкости передачи (SLR)

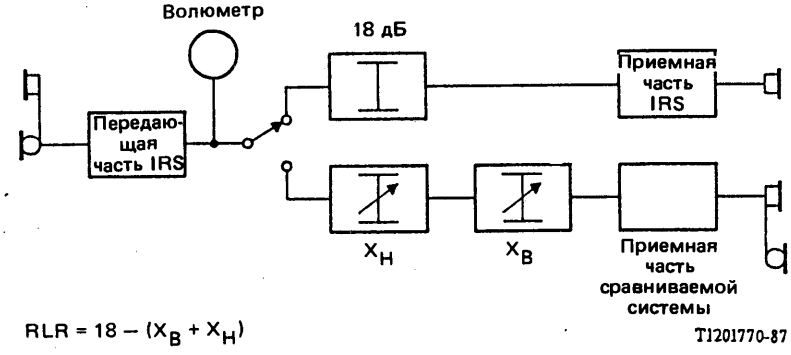


РИСУНОК 2

Определение показателя громкости приема (RLR)

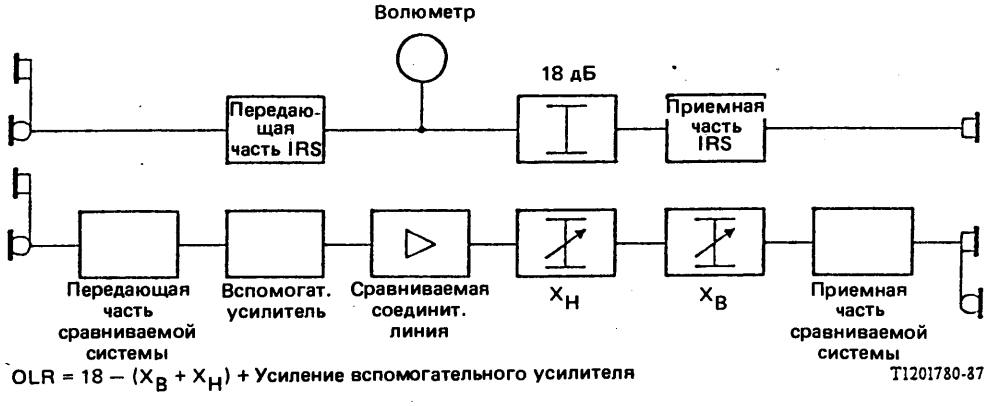
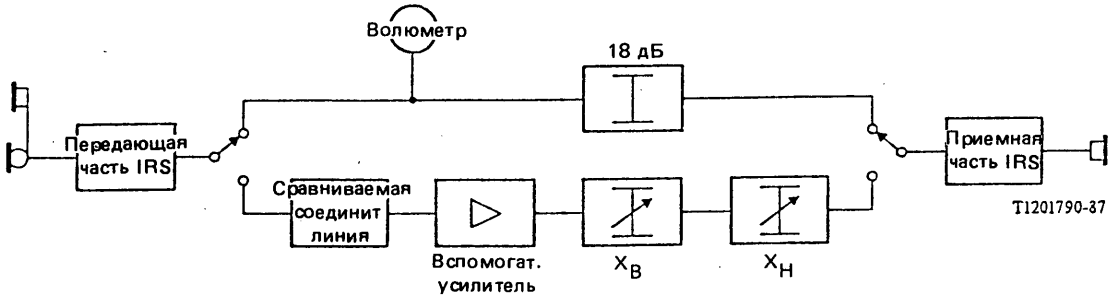


РИСУНОК 3

Определение общего показателя громкости (OLR)



$JLR = 18 - (X_B + X_H)$ + Усиление вспомогательного усилителя

РИСУНОК 4

Определение показателя громкости соединительной линии (JLR)

Дополнение № 18

СРАВНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ ПРИБОРАМИ, ОТВЕЧАЮЩИМИ ТРЕБОВАНИЯМ РЕКОМЕНДАЦИЙ P.52 И P.56

1 Введение

В этом дополнении приводятся сведения относительно скоординированного в международном масштабе "кругового" эксперимента, в процессе которого сравнивались полученные в результате стандартных записей показания приборов VU [1], ARAEN [2] и измерителя пиков программ вещания [3] в соответствии с Рекомендацией P.52, а также речевого вольтметра в соответствии с Рекомендацией P.56.

2 Содержание магнитофонных лент

Запись производилась на трех языках: английском, польском и сингальском. С целью получения широкого диапазона частот и тембра голоса были записаны как мужские, так и женские голоса.

Каждый наговаривающий на ленту записал блок из 5 коротких предложений примерно с пятисекундной паузой между каждым предложением. Затем следовал небольшой отрывок прозаического текста длительностью около 1 минуты. После этого каждая пара наговаривающих лиц в течение нескольких минут разговаривала на своем родном языке. Для стимулирования разговора каждому участвовавшему в эксперименте давался набор открыток, обычно используемых в разговорных экспериментах (Дополнение № 2).

Громкость записываемой речи не изменялась, потому что ленты предназначались для проверки возможностей различных измерительных приборов и методов, используемых при измерениях. Практически она равнялась примерно 15 дБ.

3 Амплитудно-частотные характеристики

Для данного эксперимента использовались две амплитудно-частотные характеристики: передающая часть системы IRS (Рекомендация P.48) и широкополосная плоская амплитудно-частотная характеристика (± 0,5 дБ в полосе частот от 100 до 6300 Гц).

4 Сведения о магнитных лентах

Магнитные ленты были подготовлены для двухдорожечного (двухканального) магнитофона с коррекцией по стандартам МЭК при скорости 7,5 дюйма в секунду.

Формат каждой дорожки был следующим:

В начале каждой ленты был записан тональный сигнал с частотой 1 кГц продолжительностью 12 с (рассматриваемый как уровень записи). Затем следовал период молчания длительностью приблизительно 5 с, за которым следовала первая запись речи, подлежащая измерению. За каждым отрезком записи речи следовал пятисекундный период молчания, а за ним – четырехсекундный тональный сигнал, указывающий на то, что следующий отрезок речи начнется еще через несколько секунд молчания.

Содержание магнитных лент полностью приводится в таблице 1.

Выход воспроизводящего магнитофона был установлен таким образом, чтобы уровень тонального сигнала в 1 кГц в начале каждой дорожки устанавливался в следующих пределах: от 0 дБм до –10 дБм на сопротивлении 600 ом (то есть от –2,2 дБВ до –12,2 дБВ).

5 Результаты

При измерении непрерывных речевых сигналов волюметр предназначается для считывания показаний, причем берется средняя величина пиковых отклонений примерно через каждые 10 секунд после исключения двух или трех самых высоких показаний прибора. Показания измерителя ARAEN интерпретируются в соответствии с правилом МККТТ, согласно которому учитываются выбросы, превышающие среднее значение только каждые 3 секунды.

Естественно, при оценке любого единичного показания, по причине человеческого фактора, появляется некая ошибка.

Результаты "кругового" эксперимента приведены в таблице 2. При различных вариантах эксперимента, то есть разные языки, ширина полосы частот, характер речи и голоса участников эксперимента, характерных отличий обнаружено не было, и поэтому результаты, представленные в таблице 1, были усреднены по всем видам эксперимента, включая экспериментаторов. Все показания измерительных приборов, соответствующих Рекомендации Р.52, сравниваются с измерительным прибором, соответствующим Рекомендации Р.56.

Как видно из результатов, появляется широкий разброс значений. Для волюметра разброс равен примерно 6 дБ. Следует иметь в виду, что этот разброс больше, если принимаются во внимание показания, снятые экспериментаторами, особенно если некоторые лаборатории привлекают более одного экспериментатора. Фактически общий разброс немного больше 8 дБ. Эти выводы согласуются с выводами, приведенными в [4].

В общем получается, что эти величины постоянны для одной лаборатории и непостоянны для нескольких лабораторий. Например, в США разница в средних значениях между лабораториями составляет примерно 6 дБ.

Выводы одинаковы как для измерителя ARAEN, так и для пикового измерителя уровня передачи (PPM).

Результаты, полученные на измерительных приборах, соответствующих Рекомендации Р.56, показали в общем, что колебания в измерениях между всеми экспериментаторами составили меньше 1 дБ.

Эти результаты можно сравнить с прежними данными, полученными от компании "Бритиш телеком"; они показывают, что средние "всемирные" величины, полученные при измерениях волюметром, удачно совпадают, в то время как при использовании измерителя ARAEN обнаруживается разница примерно в 3 дБ. Однако новые результаты измерений "Бритиш телеком" совпадают с этими прежними данными.

Очевидно, что при сравнении результатов, полученных различными странами с использованием измерительных приборов, отвечающих требованиям Рекомендации Р. 52, следует соблюдать осторожность, и что результаты этого эксперимента дают представление об ожидаемых различиях.

ТАБЛИЦА 1

Содержание лент

Условие	Голос	Язык	Характер речи
Лента 1 – Дорожка 1 (широкая полоса)			
Тональный сигнал 1 кГц			
1	мужской	английский	короткие предложения
2	мужской	английский	повествование
3	мужской	английский	разговор
4	женский	польский	короткие предложения
5	женский	польский	повествование
6	женский	польский	разговор
7	женский	сингальский	короткие предложения
8	женский	сингальский	повествование
9	женский	сингальский	разговор
Лента 1 – Дорожка 2 (широкая полоса)			
Тональный сигнал 1 кГц			
10	женский	английский	короткие предложения
11	женский	английский	повествование
12	женский	английский	разговор
13	мужской	польский	короткие предложения
14	мужской	польский	повествование
15	мужской	польский	разговор
16	мужской	сингальский	короткие предложения
17	мужской	сингальский	повествование
18	мужской	сингальский	разговор
Лента 2 – Дорожка 1 (передающая часть системы)			
Тональный сигнал 1 кГц			
19	мужской	английский	короткие предложения
20	мужской	английский	повествование
21	мужской	английский	разговор
22	женский	польский	короткие предложения
23	женский	польский	повествование
24	женский	польский	разговор
25	женский	сингальский	короткие предложения
26	женский	сингальский	повествование
27	женский	сингальский	разговор
Лента 2 – Дорожка 2 (передающая часть системы)			
Тональный сигнал 1 кГц			
28	женский	английский	короткие предложения
29	женский	английский	повествование
30	женский	английский	разговор
31	мужской	польский	короткие предложения
32	мужской	польский	повествование
33	мужской	польский	разговор
34	мужской	сингальский	короткие предложения
35	мужской	сингальский	повествование
36	мужской	сингальский	разговор

ТАБЛИЦА 2

Сравнение показаний, снятых с приборов, отвечающих требованиям Рекомендаций P.52 и P.56

(Показания в дБ относительно показания прибора, отвечающего требованиям Рекомендации P.56)

Страны	Волюметр	Измеритель ARAEN	Измеритель PPM
США			
AT&T	+ 4,5		
Лаборатории Белл	− 1,2		
Швеция			
Адм. электросвязи	+ 0,7		
LME	− 1,1	+ 0,3	
Австралия			
Телеком Австралия	+ 0,3		
Норвегия			
Адм. электросвязи	+ 0,4		
КНР			
1-й научно-исследовательский институт	+2,9		
Соединенное Королевство			
STL	− 1,3	+ 1,4	
Бритиш Телеком		+5,0	+ 10,3
МККТТ	0,0	+ 1,8	
Франция			
CNET	− 2,1[a] А-взвешен. + 1,7 корректир.		
Япония			
NTT		+ 3,0	
Средняя величина	+ 0,7[b]	+ 2,3	+ 10,3

[a] Французские результаты представлены с "А-взвешением", и для устранения этого эффекта использована коррекция.

[b] При выведении "всемирной" средней величины использовался скорректированный французский результат.

Ссылки

[1] CCITT *Volume Meter Standardised in the United States of America, Termec VU Meter,* Supplement No. 11, White Book, Volume V, 1969.

[2] CCITT *ARAEN Volume Meter or Speech Voltmeter,* Supplement No. 10, White Book, Volume V, 1969.

[3] CCITT *Modulation Meter Used by the British Broadcasting Corporation,* Supplement No. 12, White Book, Volume V, 1969.

[4] CCITT *Comparison of the readings given on conversational speech by different types of volume meter,* Supplement No. 14, White Book, Volume V, 1969.

[5] RICHARDS (D. L.): Telecommunication by speech, page 59, *Butterworths,* London, 1973.

СВЕДЕНИЯ ПО НЕКОТОРЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ, ОТНОСЯЩИМСЯ К ПОТЕРЯМ ГРОМКОСТИ

(Мельбурн, 1988 г.)

(ссылка содержится в Рекомендациях P.79 и G.III)

Введение

Представляется важным определить электроакустические характеристики телефонных аппаратов относительно общепринятых стандартов. В Рекомендации P. 79 приводится алгоритм, утвержденный МККТТ для расчета показателей громкости (LRs) телефонных аппаратов. Во избежание путаницы этот алгоритм не должен изменяться в течение Исследовательского периода 1989–1992 годов. Однако в результате нескольких независимых друг от друга исследований стало очевидно, что в Рекомендации P. 79 приводятся характеристики речи и слуха "обычных людей" только с ограниченной точностью. Это дополнение дает возможность читателю Рекомендаций серии P изучить существо проблем и предоставляет информацию по некоторым другим используемым системам определения громкости.

В частности, в §§ 1, 7 и 8 даются примеры алгоритмов, принятых некоторыми администрациями для собственного национального планирования.

Во избежание путаницы при работе с показателями громкости читатель должен также учитывать информацию, приведенную в *предварительных замечаниях* к этому тому.

Отмечается, что значения (МККТТ) LRs и R25Es, рассчитанные при помощи китайского алгоритма, описанного в § 3, находятся в полном соответствии с величинами, полученными ранее в лаборатории МККТТ при субъективной оценке. Этот алгоритм будет использоваться лабораторией МККТТ при объективном определении R25Es для администраций и других организаций.

1 Алгоритм IEEE для расчета "объективных показателей громкости речи" (Вклад BNR, Канада)

Общие соображения

В данном параграфе рассматривается алгоритм для расчета показателей громкости речи. Алгоритм базируется на объективных измерениях и расчетах, выполненных таким образом, что получаемые цифровые результаты отражают субъективные свойства громкости речи; при этом использованы упрощающие предположения, позволяющие соединить простоту и достаточно близкое соответствие между объективно полученными характеристиками и субъективными оценками.

1.1 *Введение*

Описываемый ниже алгоритм основывается на методе [1], который широко используется в Северной Америке в течение нескольких лет. Этот метод весьма положительно зарекомендовал себя как при планировании телефонных сетей, так и при оценке отдельных их компонентов.

Описываемый метод может быть использован при определении показателей громкости речи частичных или полных соединений. Для полных соединений, охватывающих общие тракты передачи или тракты местного эффекта, процедура предусматривает измерение звуковых давлений на входе и выходе. Для частичных телефонных соединений, включающих в себя передающие, приемные или электрические соединительные тракты, процедуры предусматривают измерение звукового давления и электрического напряжения. Конкретное преимущество этого метода в целях планирования заключается в том, что суммарная величина затухания громкости речи, определенная для отдельных частей соединения, почти совпадает с показателем громкости речи общего соединения.

1.2 *Определения*

1.2.1 показатель громкости

Суммарная величина частотно-независимого усиления, которое должно вводиться в исследуемую систему для того, чтобы звуки речи исследуемой системы и эталонной системы были равны по громкости (см. § 1.3.2).

1.2.2 **эталонная система**

Система, которая обеспечивает звуковое усиление 0 дБ между эталонной точкой рта на расстоянии 25 мм от губ диктора и эталонной точкой уха на входе в ушной канал аудитора, если аудитор использует головные телефоны. Эта система предполагает показатель громкости речи 0 дБ. Частотная характеристика системы должна быть ровной в диапазоне 300–3300 Гц, а вне этого участка диапазона может наблюдаться неограниченное затухание.

1.2.3 **объективный показатель громкости (OLR)**

Показатель соединения или его компонентов при измерении на основании методики, описанной в § 1.

1.2.4 **общий объективный показатель громкости (OOLR)**

$$OOLR = 20 \log_{10} \frac{S_E}{S_M}, \tag{1-1}$$

где:

S_M – звуковое давление в эталонной точке рта (в паскалях),

S_E – давление в эталонной точке уха (в паскалях).

1.2.5 **объективный показатель громкости передачи (TOLR)**

$$TOLR = -20 \log_{10} \frac{V_T}{S_M}, \tag{1-2}$$

где:

S_M – звуковое давление в эталонной точке рта (в паскалях),

V_T – напряжение на выходе передающего компонента (в милливольтах).

1.2.6 **объективный показатель громкости приема (ROLR)**

$$ROLR = -20 \log_{10} \frac{S_E}{1/2\, V_W}, \tag{1-3}$$

где:

V_W – напряжение на клеммах разомкнутой цепи электрического источника (в милливольтах),

S_E – звуковое давление у эталонной точки уха (в паскалях).

1.2.7 **электрический объективный показатель громкости (EOLR)**

Для электрической цепи

$$EOLR = -20 \log_{10} \frac{V_T}{1/2\, V_W}, \tag{1-4}$$

где:

V_W – напряжение на клеммах разомкнутой цепи электрического источника (в милливольтах),

V_T – напряжение на выходе цепи (в милливольтах).

1.2.8 *Уравнение громкости*

Напряжение громкости (в милливольтах) и давление (в паскалях) определяются при помощи уравнения (1-5).

$$X = \left\{ \frac{\sum_{j=2}^{N} \left(\log_{10} \frac{f_j}{f_{j-1}} \right) \left[\frac{\left(10^{\frac{x_j}{20}}\right)^{1/2{,}2} + \left(10^{\frac{x_{j-1}}{20}}\right)^{1/2.2}}{2} \right]}{\log_{10} f_N / f_1} \right\}^{2.2}, \qquad (1\text{-}5)$$

где:

x_j – уровень сигнала S_E, S_M, V_W или V_T (в дБПа или дБмВ) на частоте f_j;

X – величина S_E, S_M, V_W или V_T в соответствии с величиной, используемой для X_j;

f_j – конкретные частоты, отобранные из N частот для анализа.

Напряжения и давления громкости выражаются в децибелах с помощью уравнения (1-6).

$$S'_E,\ S'_M,\ V'_W \text{ или } V'_T = 20 \log_{10} X. \qquad (1\text{-}6)$$

1.3 *Практические вопросы*

1.3.1 *Уровни напряжения и давления*

Уровни напряжения и давления (V_j, V_W, S_M и S_E), использующиеся в приведенных выше определениях, могут измеряться при помощи точно такой же процедуры, которая применялась при измерениях соответствующих уровней (то есть V_j, E_j, P_M, P_E) в Рекомендации P. 64.

1.3.2 *Анализ ширины полосы*

Уравнение громкости, приведенное выше в уравнении 1-5, широко применяется к любой произвольной ширине полосы. Однако в большинстве случаев при планировании передачи обычно выбирается полоса шириной 300–3300 Гц. Это связано с тем, что использование показателей отдельных соединений как средства проектирования, безусловно, требует того, чтобы для любого данного соединения суммарная величина отдельных показателей (например, передача плюс прием) примерно была равна общему показателю. Таким образом, при суммировании отдельных показателей ширина полосы, используемой для получения этих показателей, должна приближаться к ширине полосы наиболее ограничивающего(их) элемента(ов) во избежание ухудшения характеристик ширины полосы. Конкретные пределы полосы от 300 Гц до 3300 Гц были определены главным образом на основании возможностей ширины полосы широкополосных систем с несущей с разносом каналов 4 кГц. В некоторых случаях, например при оценке тракта местного эффекта телефона, более точный расчет потерь громкости может обеспечить более широкая анализируемая полоса (то есть 100–5000 Гц). Для этих случаев можно пока использовать метод, описанный выше.

Следует отметить, что если действующая эталонная система сконструирована в целях субъективного сравнения, то характеристики системы на частотах 300 Гц и 3300 Гц должны быть на 3 ± 1 дБ ниже относительно характеристик в середине этой полосы. Усиление системы должно регулироваться таким образом, чтобы компенсировать ограниченную крутизну склонов характеристик фильтра (то есть по сравнению с неограниченной крутизной, указанной в определении § 1.2.2) и отклонение от равномерности в полосе пропускания. Глубина этой регулировки может определяться сперва при помощи расчета OLR (§ 1.2.3) в диапазоне частот, включающем по меньшей мере точки –50 дБ реальной характеристики, а затем рассчитывается OLR идеальной характеристики в этом же диапазоне частот. Разность этих OLR составляет желаемую настройку усиления.

1.3.3 *Количество измерительных частот*

На практике измерительные частоты для расчета громкости могут равномерно распределяться либо по линейной частотной шкале (1), либо по логарифмической частотной шкале (2). Для первого случая (1) следует использовать не менее 31 частоты. Для второго случая (2) берутся не менее 12 частот. Если используются более 20 частот, то значительного повышения точности не наблюдается.

1.3.4 *Коэффициенты пересчета показателей громкости по методу IEEE и на основании Рекомендации P. 79*

Для пересчета показателей громкости, полученных по методу IEEE, описанному выше, и показателей громкости, полученных на основании Рекомендации P.79, при исследовании телефонов типа 500 (или эквивалентных им) с микротелефонной трубкой типа "G" Администрации североамериканских государств успешно используют следующие эмпирические коэффициенты пересчета:

Передача: SLR (P. 79) = TOLR (IEEE) + 56 дБ

Прием: RLR (P. 79) = ROLR (IEEE) – 50 дБ

Общий показатель: OLR (P. 79) = OOLR (IEEE) + 6 дБ

Местный эффект: STMR (P. 79) = SOLR + 8 дБ

Для величин передачи, приема и общего показателя допускается отклонение примерно ± 1 дБ; для местного эффекта допускается отклонение примерно ± 2 дБ.

1.4 *Выводы*

Выше описан альтернативный алгоритм для вычисления показателей громкости. Этот алгоритм в течение нескольких лет широко и очень эффективно используется в Северной Америке как для планирования передачи, так и для определения характеристик отдельных компонентов цепи. Одним из основных преимуществ этого алгоритма является его относительная простота.

2 **Алгоритмы для вычисления показателей громкости** (Вклад австралийской Администрации)

2.1 *Введение*

Существует достаточно свидетельств (см. § 4) о том, что алгоритм, приведенный в Рекомендации P. 79 для вычисления показателей громкости (LRs), не является оптимальным, поскольку в нем придается чрезмерное значение более низким частотам. Это побудило австралийскую Администрацию электросвязи провести исследование в поисках лучшего алгоритма. Исследовательский подход включал в себя определение показателя громкости многих телефонных трактов с последующей оптимизацией параметров в алгоритме с целью достижения наименьшей разницы между субъективными и вычисленными величинами.

В рабочую программу были включены также головной телефон, вставляемый в ушную раковину, и (псевдо) громкоговорящий телефонный аппарат. Предполагалось, что ввиду физических различий между телефонными аппаратами с микротелефонной трубкой, в частности при приеме, потребуются разные алгоритмы.

2.2 *Основной алгоритм*

Метод для расчета показателей громкости (LRs) выведен в Рекомендации P. 79 и выражается следующей формулой:

$$LR = -10/m \log \Sigma\, 10^{(S_i - W_{oi})m/10},$$

где:

m – коэффициент увеличения громкости;

S_i – общая акустическая чувствительность в дБ неизвестного телефонного тракта (при необходимости дополненного при помощи системы IRS);

W_{oi} – (отрицательная) весовая функция частоты в дБ;

i – количество ступеней частоты в 1/3 октавы (точно в 1/10 декады).

В данной формуле S_i выражает чувствительность естественного рта и чувствительность естественного уха, однако если в величину W_{oi} включаются поправочные коэффициенты, использующиеся для искусственных эквивалентов, то величина S_i сможет означать измеренную чувствительность при искусственных рте и ухе. W_{oi} включает также другие компоненты, такие как спектральная плотность человеческой речи, частотная чувствительность человеческого уха, а также нормализацию с тем, чтобы рассчитанный показатель громкости соединения IRS + IRS равнялся 0 дБ.

2.3 *Определение параметров*

В Рекомендации Р. 79 весовая функция определяется при помощи определения каждого из указанных выше компонентов, а затем их соединения. В данной работе весовая функция определяется непосредственно. При этом непосредственном подходе, естественно, имеются в виду телефоны без микротелефонных трубок, такие как головные телефоны, которые могут иметь встроенные приемники и громкоговорящие телефоны. В последнем случае при определении весовой функции следует также принимать во внимание дифракцию звука у головы аудитора, эффект прослушивания двумя ушами вместо одного и прием открытым, а не закрытым ухом.

Данный метод предусматривает включение блока из пяти фильтров нижних частот и пяти фильтров верхних частот в различные телефонные соединения, субъективное измерение показателя громкости каждого из них, а затем оптимизацию параметров, приближая их максимально (в смысле наименьших квадратов ошибки) к рассчитанным величинам. Общая акустическая чувствительность каждого соединения впервые была измерена с использованием искусственного рта (B&K, тип 4219) и искусственного уха (тип 318 МЭК, производство B&K) для телефонов с микротелефонной трубкой и типа 711 МЭК (B&K тип 4157) для встроенного приемника.

2.4 *Телефонные тракты*

Для обслуживания телефонных трактов в Австралии применяются несколько различных типов телефонов, которые приводятся в первой колонке таблиц от 2-1 до 2-5. При необходимости в соединении использовалась соответствующая часть системы IRS. Поскольку в телефоне типа 802 был установлен угольный микрофон, чувствительность передачи и приема измерялась с использованием речевого взвешенного случайного шумового сигнала. Таким же образом измерялись тракты громкоговорящих телефонов (LST) с целью снижения эффекта стоячих волн в испытательном помещении. Все другие телефоны подвергались измерениям с использованием гармонических волн. Скорректированные соединения IRS достигались прежде всего путем коррекции с целью получения умеренно равномерной полной чувствительности (измеренной объективно), а затем – добавлением дополнительных корректоров для получения либо падающих, либо растущих частотных характеристик (в обоих случаях – с крутизной примерно 6 дБ/октава). Головные телефоны "Фитерсет" имеют вставляемые в уши телефоны и шумоподавляющий электретный микрофон, удерживаемый у края рта дугой.

Громкоговорящий телефон для измерений передаваемых сигналов состоял из полудюймового конденсаторного микрофона и измерительного усилителя с измерителем уровня речи с весовой функцией вида А. Микрофон был установлен на выступающей изогнутой подставке, удерживавшей микрофон непосредственно над поверхностью стола. Измерительное оборудование на приеме состояло из усилителя мощности и небольшого громкоговорителя, уложенного длинной стороной в его корпус, с горизонтальным положением оси, и направленного на аудитора. Во избежание сложностей, связанных с переключением голосом, реальный громкоговорящий телефон не использовался.

2.5 *Форма весовой функции*

Были опробованы различные параметрические формы весовой функции, однако парабола показала лучшие результаты, чем более сложные формы, включая полиномы высшего порядка. Параболу можно описать в виде координат ее минимума (в данном случае) и коэффициента, регулирующего ее ширину, при помощи процедуры, известной как "завершение квадрата", а именно:

$$W_{oi} = A + C(i - B)^2.$$

Для сравнения весовых функций, полученных с использованием различных значений коэффициентов повышения громкости m, более целесообразно рассматривать произведение $W_{oi}m$. Эту величину можно рассматривать как величину, пропорциональную отрицательной величине выраженного в децибелах эквивалента весовой функции, которая увеличивает громкость (в отличие от мощности в полосе частот) в каждой из третьоктавных полос частот (1/10 декады).

Значение i колеблется от 0 до 17 для частот в полосе от 100 Гц до 5012 Гц.

2.6 *Оптимальные параметры*

Оптимальные величины m, Am, B, C и Cm приводятся в таблице 2-1 для рассматриваемых здесь различных телефонных трактов. В таблицу также включены стандартные отклонения при субъективно-объективных ошибках (среднее значение = 0 дБ) и рассчитанный LR соединения IRS + IRS (которое в идеале должно равняться 0 дБ).

Величины стандартных отклонений колеблются от 0,1 до 0,4 дБ, что говорит о качественной калибровке модели при ее оптимальном использовании для конкретного тракта. При изучении распределения индивидуальных ошибок не обнаруживается никакой связи с частотами среза фильтров. Величины B, Cm и m вполне совместимы с различными трактами, но наибольшие отклонения для величины B имеют место с частотными характеристиками различных корректоров, используемых с системой IRS. Следует отметить, что несмотря на то, что телефон "Фитерсет" и громкоговорящий телефон имеют абсолютно

различные характеристики на приеме, величины B, Cm и m находятся в пределах допустимых отклонений от характеристик обычных телефонов с микротелефонной трубкой. Am, однако, отличается значительно, и это отражается на величине ошибки расчетного LR соединения IRS + IRS. Это означает, что простая весовая форма частотного взвешивания может быть удовлетворительной для всех телефонов, будь то телефоны с микротелефонной трубкой, головные телефоны или телефоны с громкоговорителем, при условии, что в некоторых случаях применяется постоянный поправочный коэффициент.

Следует обратить внимание на то, что, как полагают, в настоящее время величина A (и, следовательно, Am) для громкоговорящих телефонов при работе на прием считается ошибочной. Этот вопрос рассматривается ниже в § 2.11.

ТАБЛИЦА 2-1

Оптимальные параметры для статистики каждого тракта и ошибок

Тракт	Параметры						Ошибки	
	m	A	AM	B	C	Cm	Станд. отклон.	IRS
802, передача	0,255	39,67	10,12	9,64	1,225	0,312	0,2	– 0,6
802, прием	0,249	42,72	10,63	9,04	0,889	0,221	0,3	0,1
"Флип-фоун", передача	0,308	34,72	10,69	9,35	0,732	0,226	0,3	– 1,6
"Флип-фоун", прием	0,286	40,69	11,63	8,85	0,513	0,147	0,4	0,5
807, передача	0,315	36,38	11,46	9,66	0,648	0,204	0,2	– 0,3
807, прием	0,263	43,37	11,41	8,95	0,533	0,140	0,1	0,1
Командер T210, передача	0,312	33,84	10,56	9,45	0,934	0,291	0,5	– 0,9
Командер T210, прием	0,279	38,28	10,68	8,72	0,704	0,196	0,4	– 0,9
Сименс Транс. Кур., передача	0,290	35,83	10,39	9,50	1,119	0,325	0,4	– 0,2
Сименс Транс. Кур., прием	0,337	35,69	12,03	9,33	0,751	0,253	0,3	2,3
Коррекция IRS, плоская	0,270	42,47	11,47	9,64	0,581	0,157	0,3	– 0,1
Коррекция IRS, падающая	0,299	40,21	12,02	10,31	0,398	0,119	0,2	– 0,6
Коррекция IRS, растущая	0,300	35,07	10,52	6,66	0,496	0,149	0,3	0,3
"Фитерсет", передача	0,285	36,48	10,40	9,55	0,684	0,195	0,3	– 3,2
"Фитерсет", прием	0,330	42,63	14,07	9,28	0,525	0,173	0,3	6,9
LST, передача	0,244	40,29	9,83	8,89	0,776	0,189	0,4	– 3,8
LST, прием	0,232	27,36	6,35	9,40	0,352	0,082	0,3	– 23,4

2.7 *Всеобщая оптимизация*

Параметры A, B и C частично зависят от конкретных показателей громкости, однако величина m является чисто психоакустическим явлением. Средняя величина m, приведенная в таблице 2-1, равна 0,2855 (медиана = 0,29). Поэтому процесс оптимизации был повторен при величине m, удерживаемой на уровне 0,2855, и дал результаты, приведенные в таблице 2-2. Стандартные отклонения возросли лишь незначительно (примерно на 0,1 дБ), что свидетельствует о реальности одного значения m.

ТАБЛИЦА 2-2

Оптимальные параметры и статистика ошибок при m = 0,2855

Тракт	Параметры					Ошибки	
	A	Am	B	C	Cm	Станд. отклон.	IRS
802, передача	39,91	10,25	9,64	1,208	0,345	0,3	−0,4
802, прием	37,68	10,76	9,08	0,901	0,257	0,4	0,3
"Флип-фоун", передача	37,31	10,65	9,29	0,712	0,203	0,3	−1,7
"Флип-фоун", прием	40,70	11,62	8,85	0,513	0,147	0,4	0,5
807, передача	39,76	11,35	9,57	0,603	0,172	0,3	−0,5
807, прием	40,17	11,47	9,03	0,569	0,162	0,2	0,3
Командер T210, передача	36,55	10,44	9,38	0,919	0,262	0,5	−1,1
Командер T210, прием	37,46	10,69	8,74	0,711	0,203	0,4	−0,8
Сименс Транс. Кур., передача	36,42	10,40	9,49	1,111	0,317	0,4	−0,2
Сименс Транс. Кур., прием	41,05	11,72	9,21	0,691	0,197	0,5	1,9
Коррекция IRS, плоская	40,16	11,47	9,63	0,606	0,173	0,3	−0,1
Коррекция IRS, падающая	42,03	12,00	10,43	0,373	0,107	0,3	−0,6
Коррекция IRS, растущая	36,92	10,54	6,56	0,476	0,136	0,3	0,3
"Фитерсет", передача	36,42	10,40	9,55	0,685	0,196	0,3	−3,1
"Фитерсет", прием	47,08	13,44	9,06	0,490	0,140	0,4	6,4
LST, передача	34,42	9,83	9,02	0,817	0,233	0,5	−3,4
LST, прием	18,75	5,35	9,28	0,390	0,111	0,4	−23,1

Далее параметры m, B и C оптимизировались для всех случаев, однако допускались и индивидуальные величины A с целью исследования возможностей использования единой формы для весовой функции для всех типов телефонов (телефон с микротелефонной трубкой, головной телефон и громкоговорящий телефон), причем при необходимости допускается использование корректирующей постоянной. Оптимизация параметров при m = 0,2855, B = 9,19 и C = 0,7723 приводит к величинам A и ошибкам, приведенным в таблице 2-3. В данном случае стандартные отклонения значительно возрастают, причем наиболее сильно для системы IRS с растущей частотной характеристикой. Ошибки для данного тракта также говорят о сильной связи с пороговой частотой фильтра и указывают на недостатки аппроксимирующей модели. Следует, однако, отметить, что стандартные отклонения для головного и громкоговорящего телефонов по-прежнему в общем сопоставимы с отклонениями для телефонов с микротелефонной трубкой. Значение A, необходимое для обеспечения расчетной величины LR, равной 0 дБ для IRS, составляет 38,45.

В таблице 2-4 приводятся ошибки для нового алгоритма (для удобства обозначенного символом D4), основанного на вышеуказанных данных. Наиболее значительные средние ошибки составляют −22,4 дБ для громкоговорящего телефона на приеме (однако см. § 2.11), 6,9 дБ для головного телефона на приеме, −3,6 дБ для громкоговорящего телефона на передаче и −3,0 дБ для головного телефона на передаче. Существуют различные основания полагать, почему средние ошибки на приеме не будут равняться нулю; однако можно считать, что главной причиной для ошибок на передаче является некорректное распределение давления как функции расстояния от искусственного рта (B&K, тип 4219). Другой причиной может являться влияние крышки рупора микротелефонной трубки на давление микрофона с обратной связью в искусственном рте, в то время как в случае проведения испытаний с головным телефоном и громкоговорящим телефоном заметного влияния не отмечается. Ошибки для телефонов с микротелефонной трубкой несколько меньше, но, к сожалению, ими пренебречь нельзя. Возможно, это происходит в основном из-за ограниченных возможностей искусственных рта и уха, включая эффект утечки между телефоном и ушной раковиной, который вообще не был смоделирован и который следует включить в весовую функцию.

ТАБЛИЦА 2-3

Оптимальные величины A и ошибок для случая общей оптимизации других параметров

Тракт	A	Верхние частоты (Гц)					Нижние частоты (Гц)					Ошибки	
		158	225	380	630	1020	630	780	1260	2040	3120	Станд. отклон.	IRS
802, передача	38,03	−0,3	−0,6	−0,2	−0,2	−0,6	2,2	0,7	−0,2	−0,4	−0,5	0,9	−0,4
802, прием	38,62	−0,6	0,1	0,3	0,6	0,9	0,0	−0,8	−0,1	−0,5	−0,1	0,5	0,2
"Флип-фоун", передача	36,82	0,0	0,0	−0,2	0,0	−0,8	0,3	0,2	0,4	−0,3	0,5	0,4	−1,6
"Флип-фоун", прием	38,95	0,3	0,0	−0,3	0,9	−0,3	−0,3	−0,5	0,5	0,5	−0,7	0,5	0,5
807, передача	38,42	−0,4	−0,2	−0,3	−0,5	−1,9	1,2	1,1	0,6	0,5	0,1	0,9	−0,1
807, прием	38,84	−0,2	−0,2	0,1	0,2	0,2	−0,3	0,1	0,5	−0,1	−0,5	0,3	0,4
Командер T210, передача	37,27	−0,3	0,2	0,5	0,7	−1,0	0,8	−0,1	−0,3	−0,2	−0,3	0,6	−1,2
Командер T210, прием	37,30	0,0	0,4	0,2	1,3	0,9	−1,0	−1,4	−0,1	−0,3	−0,1	0,8	−1,2
Сименс Транс. Кур., передача	38,25	−0,1	−0,3	−0,1	0,4	−0,9	1,5	0,4	−0,6	−0,1	0,0	0,7	−0,2
Сименс Транс. Кур., прием	40,53	1,0	0,0	0,1	−0,2	−0,8	−0,3	0,0	0,1	−0,2	0,2	0,5	2,1
Коррекция IRS, плоская	38,89	−0,5	0,0	−0,9	−0,7	−1,1	1,0	0,9	1,2	0,5	−0,4	0,8	0,4
Коррекция IRS, падающая	39,37	0,1	0,1	−0,1	−0,1	−2,2	0,1	1,0	0,8	0,6	−0,3	0,9	0,9
Коррекция IRS, растущая	37,39	0,8	1,2	2,1	3,8	5,4	−7,1	−4,2	−1,8	0,0	−0,2	3,7	−1,1
"Фитерсет", передача	35,47	−0,3	−0,3	0,0	−0,4	−1,4	1,6	0,8	0,6	0,4	−1,0	0,9	−3,0
"Фитерсет", прием	45,31	0,2	0,0	0,2	0,3	−1,5	−0,1	0,8	0,3	0,2	−0,3	0,6	6,9
LST, передача	34,81	−0,2	−0,3	0,3	0,9	0,9	−0,1	−0,7	0,2	−0,8	0,0	0,6	−3,6
LST, прием	16,07	−0,4	−0,5	−0,6	0,3	0,0	−0,4	0,9	0,9	0,4	−0,4	0,6	−22,3

ТАБЛИЦА 2-4

Ошибки для алгоритма D4

Тракт	Верхние частоты (Гц)					Нижние частоты (Гц)					Ошибки	
	158	225	380	630	1020	630	780	1260	2040	3120	Средняя	Станд. отклон.
802, передача	−0,7	−1,0	−0,6	−0,7	−1,0	1,8	0,3	−0,7	−0,8	−0,9	−0,4	0,9
802, прием	−0,4	0,2	0,5	0,7	1,1	0,2	−0,6	0,1	−0,3	0,1	0,2	0,5
"Флип-фоун", передача	−1,6	−1,7	−1,9	−1,6	−2,4	−1,4	−1,4	−1,2	−1,9	−1,1	−1,6	0,4
"Флип-фоун", прием	0,8	0,5	0,2	1,4	0,2	0,2	0,0	1,0	1,0	−0,2	0,5	0,5
807, передача	−0,5	−0,3	−0,4	−0,5	−2,0	1,1	1,0	0,5	0,4	0,1	−0,1	0,9
807, прием	0,2	0,2	0,5	0,6	0,6	0,1	0,5	0,9	0,3	−0,1	0,4	0,3
Командер T210, передача	−1,4	−0,9	−0,7	−0,5	−2,1	−0,4	−1,3	−1,5	−1,4	−1,4	−1,2	0,5
Командер T210, прием	−1,1	−0,8	−1,0	0,2	−0,2	−2,1	−2,5	−1,2	−1,5	−1,2	−1,1	0,8
Сименс Транс. Кур., передача	−0,3	−0,5	−0,3	0,2	−1,1	1,3	0,2	−0,8	−0,3	−0,2	−0,2	0,7
Сименс Транс. Кур., прием	3,1	2,1	2,1	1,9	1,2	1,8	2,1	2,2	1,9	2,3	2,1	0,5
Коррекция IRS, плоская	0,0	0,4	−0,4	−0,2	−0,6	1,4	1,4	1,7	1,0	0,0	0,5	0,8
Коррекция IRS, падающая	1,0	1,0	0,8	0,8	−1,3	1,1	1,9	1,7	1,6	0,6	0,9	0,9
Коррекция IRS, растущая	−0,3	0,1	1,1	2,7	4,3	−8,2	−5,2	−2,8	−1,1	−1,3	−1,1	3,7
"Фитерсет", передача	−3,2	−3,3	−3,0	−3,4	−4,4	−1,4	−2,1	−2,4	−2,6	−4,0	−3,0	0,9
"Фитерсет", прием	7,0	6,9	7,0	7,1	5,4	6,7	7,7	7,1	7,1	6,6	6,9	0,6
LST, передача	−3,9	−3,9	−3,3	−2,8	−2,7	−3,8	−4,4	−3,4	−4,4	−3,7	−3,6	0,6
LST, прием	−22,8	−22,9	−23,0	−22,1	−22,3	−22,8	−21,5	−21,5	−22,0	−22,8	−22,4	0,6

2.8 *Сравнение с другими алгоритмами*

В таблице 2-5 алгоритм D4 сравнивается с другими алгоритмами. D2 представляет собой алгоритм, основанный на предварительной работе, в которой m = 0,2976 и весовая функция определяется при A = 40,50, B = 9,867 и C = 0,423. P.79 – это действующая Рекомендация, в то время как P.XXE является проектом, на котором она основана. Следует иметь в виду, что проект Рек. P.XXE, опубликованный в [2], содержит ошибку. На стр. 178 указывается, что среднее значение L_{RME} = –4,72 дБ, однако фактически оно должно быть –0,1 дБ. Таким образом, в случае использования данных, внесенных в таблицу, величину 4,6 дБ следует вычесть. Zw является сложным алгоритмом, основанным на работе E. Zwicker и опубликованным как Рек. R532B ISO.

Представлены тракты, о которых говорилось выше, за исключением того, что первый пункт представляет собой набор из 14 характеристик местного эффекта, о которых шла речь в более ранней работе [3].

Групповые средние ошибки для телефонов с микротелефонной трубкой весьма малы для всех алгоритмов, однако групповое стандартное отклонение для P.79 примерно вдвое больше остальных. Следует обратить внимание на то, что сложный метод Zw, по всей вероятности, не обладает значительным преимуществом, а наоборот, дает довольно большие ошибки для соединений IRS + IRS + корректор. Как и следовало ожидать, D4 дает обоснованно хороший результат, так как величина была оптимизирована для этих условий.

Величины $W_{oi}m$ как функция частоты для алгоритмов P.XXE, P.79, D2 и D4 приведены на рис. 2-1. Отметим, что P.XXE и D4 очень сходны между собой и что P.79 показывает на низких частотах значительно меньший (отрицательный) вес.

ТАБЛИЦА 2-5

Сравнение ошибок для пяти алгоритмов

Тракт	D2		D4		P.79		P.XXE		Zw	
	Средняя величина	Станд. отклон.	Средняя величина	Станд. отклон.	Средняя величина	Станд. отклон.	Средняя величина	Станд. отклон.	Средняя величина	Станд. отклон.
Местный эффект [3]	–1,2	0,5	–1,2	0,7	1,9	1,4	–0,8	0,6	–0,6	0,7
802, передача	–0,7	0,9	–0,4	0,8	–1,4	3,4	–1,0	1,2	–0,4	1,8
802, прием	–0,4	1,5	0,2	0,5	0,1	2,2	–0,1	0,5	0,6	0,9
"Флип-фоун", передача	–2,2	1,0	–1,6	0,4	–1,9	3,0	–1,9	0,7	–1,1	1,7
"Флип-фоун", прием	0,1	1,6	0,5	0,5	–0,5	2,6	0,2	0,5	1,3	1,3
807, передача	–0,6	0,5	0,0	0,9	–0,5	3,6	–0,3	1,1	0,7	2,1
807, прием	–0,2	1,2	0,4	0,3	–0,3	2,6	0,0	0,3	1,0	1,4
Командер T210, передача	–1,6	1,4	–1,2	0,5	–2,7	2,5	–1,6	0,8	–0,6	1,7
Командер T210, прием	–2,1	1,7	–1,2	0,8	–1,3	1,8	–1,5	0,6	–0,7	1,0
Сименс Транс. Кур., передача	–0,9	1,0	–0,2	0,6	–0,6	3,1	–0,6	1,0	0,0	2,1
Сименс Транс. Кур., прием	1,1	1,0	2,1	0,4	2,1	2,7	1,8	0,8	2,8	1,3
Коррекция IRS, плоская	0,0	0,4	0,4	0,8	3,2	3,6	0,5	0,9	1,4	2,1
Коррекция IRS, падающая	0,1	0,5	0,9	0,8	4,7	3,8	0,9	1,2	2,1	2,2
Коррекция IRS, растущая	–1,1	4,7	–1,1	3,5	0,3	1,5	–1,0	3,4	–0,5	2,5
"Фитерсет", передача	–3,3	0,8	–3,0	0,8	–4,1	3,1	–3,3	1,0	–2,4	2,0
"Фитерсет", прием	6,2	1,1	6,9	0,6	5,0	2,5	6,3	0,8	7,2	1,6
LST, передача	–4,4	1,6	–3,6	0,6	–4,3	1,8	–4,0	0,5	–3,3	0,9
LST, прием	–23,4	0,7	–22,4	0,5	–22,0	2,5	–22,7	0,6	–21,9	1,0
Телефон с микротелефонной трубкой	–0,61	0,95	–0,09	1,02	–0,09	2,09	–0,35	1,06	0,51	1,19

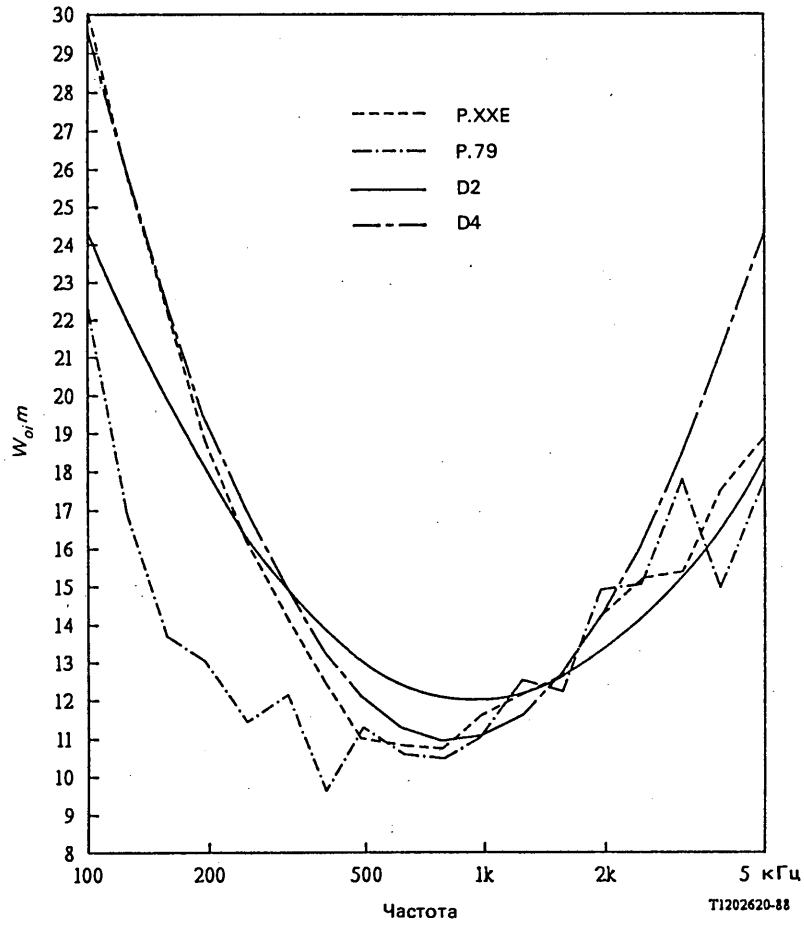


РИСУНОК 2-1

Весовые функции громкости $W_{oi}m$ как функция частоты

2.9 *Проверка правильности нового алгоритма*

В таблице 2-6 приводятся субъективно-объективные ошибки для результатов испытаний, которые не используются при получении D4. Каждый из двух экземпляров телефона типа 802 (местное обозначение 82/YZ и 82/IA) был укомплектован одним из четырех бесконтактных микрофонов 20E (обозначенных 101, 165, 310 и 313) для измерений на передаче. Для каждого телефона было произведено только одно измерение на приеме. Использовались три линии, а именно: ноль, 1,6 км и 4,2 км при кабеле с жилами диаметром 0,4 мм.

Наблюдается одна закономерная тенденция, что при увеличении протяженности линии ошибки становятся более положительными и колеблются от 0,6 дБ для D2 до 0,9 дБ для D4, P.XXE и Zw, а для P.79 – до 1,2 дБ. Одной из возможных причин этой тенденции является прогрессирующее затухание на высоких частотах, имеющее место с увеличением протяженности линии, и, в конечном счете, неадекватность моделей громкости. Это также закономерно для ошибок, касающихся результатов коррекции системы IRS в таблице 2-5, где падающая характеристика дает наибольшую положительную ошибку, а растущая характеристика – наибольшую отрицательную ошибку из трех коррекций.

ТАБЛИЦА 2-6

Ошибки для телефонов типа 802 (бесконтактные микрофоны 20Б) плюс линии для пяти алгоритмов

Алгоритм	Линия (км)	82/YA					82/1A					Средняя величина	Станд. отклон.
		Передача				Прием	Передача				Прием		
		Микрофон					*Микрофон*						
		101	165	310	313		101	165	310	313			
D2	Ноль	0,2	0,0	−0,4	−0,5	−0,1	0,1	−0,1	−0,9	−0,1	−0,5	−0,2	0,3
	1,6	−0,2	0,1	0,3	−0,1	−0,3	0,8	−0,3	−0,1	0,6	0,5	0,1	0,4
	4,2	0,8	0,7	0,6	0,5	0,2	0,4	−0,1	0,1	0,6	0,0	0,4	0,3
D4	Ноль	0,8	0,6	0,2	0,0	−0,3	0,7	0,6	−0,2	0,5	−0,6	0,2	0,5
	1,6	0,5	0,8	1,0	0,5	−0,4	1,5	0,4	0,7	1,2	0,5	0,7	0,5
	4,2	1,7	1,6	1,5	1,3	0,5	1,3	0,9	1,1	1,4	0,2	1,1	0,5
P.79	Ноль	1,1	1,0	0,5	0,2	0,1	1,1	0,9	0,2	0,8	−0,2	0,6	0,4
	1,6	0,9	1,2	1,4	0,8	0,2	1,9	0,8	1,1	1,5	1,1	1,1	0,4
	4,2	2,3	2,2	2,1	1,7	1,3	1,9	1,5	1,7	2,0	1,1	1,8	0,4
P.XXE	Ноль	0,5	0,4	−0,1	−0,4	−0,3	0,4	0,3	−0,6	0,1	−0,6	0,0	0,4
	1,6	0,2	0,5	0,6	0,1	−0,4	1,2	0,2	0,3	0,8	0,5	0,4	0,4
	4,2	1,4	1,3	1,1	0,9	0,4	1,0	0,6	0,7	1,1	0,2	0,9	0,4
Zw	Ноль	0,2	0,1	−0,4	−0,7	0,0	0,1	0,1	−0,8	−0,2	0,0	−0,2	0,3
	1,6	0,0	0,3	0,3	−0,2	−0,2	1,0	−0,1	0,0	0,5	1,0	0,3	0,4
	4,2	1,2	1,1	0,9	0,6	0,5	0,8	0,4	0,5	0,8	0,5	0,7	0,3

2.10 *Попытки снижения величин ошибок*

Для того чтобы определить, даст ли другая весовая функция одновременно небольшие ошибки только для телефона типа 802 как с фильтрами, так и с линиями, приведенные выше данные для типа 802 + линии комбинировались с данными для типа 802 + фильтр, описанными ранее. Затем новая весовая функция была оптимизирована при величине A, обеспечивающей ошибку 0 дБ для LR системы IRS. Однако было обнаружено, что оптимальные параметры ненамного отличались от параметров в D4 и что диапазон ошибок в зависимости от длины линии был сужен на 0,1 дБ – 0,8 дБ.

Можно предположить, что на этот слабый результат могла частично повлиять полиномиальная аппроксимация весовой функции, поэтому была применена кусочно-линейная весовая функция при частотах стыков отдельных участков с i = 4, 7, 10 и 13 (f = 250, 500, 1000 и 2000 Гц соответственно). Было отмечено, что диапазон ошибок в зависимости от длины линии остается неизменным на уровне 0,8 дБ. Таким образом, форму весовой функции не следует считать ошибочной.

Упрощение, присущее всем алгоритмам от P.XXE до D4, состоит в том, что весовая функция не приводит к маскировке частотных полос, в то время как при описании этих моделей предполагается, что громкость определяется только теми полосами, громкость в пределах которых превышает порог. Поэтому основная формула была изменена, чтобы в большей степени учесть порог, а не весовую функцию. Суммируются только полосы, которые превышают порог. Недостаток данного алгоритма заключается в том, что при этом не представляется возможным определить показатель громкости по этой формуле; следовательно, необходима итеративная аппроксимация. Была применена параболическая функция порога, при этом диапазон ошибок в зависимости от длины линии был сужен всего лишь на 0,1 дБ до уровня 0,7. Это незначительное улучшение не оправдывает излишней сложности этого метода.

И наконец, влияние маскирования частоты было учтено в результате исследований, позволивших установить, что наиболее рациональным в данном случае является использование алгоритма громкости по Цвикеру. Кроме чувствительности слуха, включенной в алгоритм Цвикера, в алгоритм LR должны также быть включены спектральная плотность и уровень речевого сигнала, потери из-за утечки между телефоном и ушной раковиной и потери в соединениях, чтобы обеспечить такую же громкость через тракт IRS + IRS, какая обеспечивается системой NOSFER при 25 дБ затухания в ее тракте. Эти факторы можно объединить и создать дополнительную функцию, аналогичную сигналу на входе телефонного тракта, где выход обеспечивается алгоритмом громкости Цвикера. При использовании параболической формы этой вспомогательной функции было обнаружено, что диапазон ошибок среднего значения в зависимости от длины линии равен 0,8 дБ, и, таким образом, эта величина сопоставима с величинами предыдущих алгоритмов, таких как D4.

Неудачу всех методов снижения ошибок до низких и случайных величин (то есть исключения зависимости от протяженности линии) можно обосновать тем, что субъекты испытания изменяли свои базы прослушивания речевых сигналов путем переключения фильтра из одного положения в следующее. Они могли не слушать сигнал как целое, но основывали свое сравнение на более узкой полосе или полосах, в которых сосредоточена основная энергия (форманты). Расположение полосы или полос может меняться в зависимости от частот среза фильтров. Цвикер основывал свой метод на субъективных данных, собранных в результате прослушивания неречевых сигналов, однако известно, что восприятие речи людьми всегда индивидуально, что может влиять на оценку громкости. В процессе испытаний возможны другие источники противоречий, включая изменения в составе группы испытателей "голос–ухо".

2.11 *Дополнительная информация относительно поправочного коэффициента для громкоговорящего телефона на приеме*

Поправочный коэффициент на приеме, первоначально выведенный для комбинации громкоговорителя и усилителя, равнялся приблизительно –22,4 дБ, однако в последующем наблюдались колебания этой величины. Происходило ли это из-за установившихся ошибок, неисправностей оборудования или в результате изменения баз показателей громкости, измеряемой группой "голос–ухо", установить не удалось. В результате последующих испытаний, повторивших испытания, описанные выше, и другие, был выведен поправочный коэффициент приблизительно –14,0 дБ, который считается более точным. (При повторных испытаниях алгоритм громкости D4 оставался постоянным при стандартном отклонении 0,7 дБ в диапазоне частот фильтров.)

2.12 *Выводы*

Был найден уточненный алгоритм, который очень близок к алгоритму в проекте Рекомендации, на основе которой была создана нынешняя Рекомендация P.79. Использование любого из этих методов дает примерно половину величины стандартного отклонения от разницы между субъективными и объективными измерениями, которые могли быть получены по Рек. P.79. Ожидается, что будет получена общая точность примерно ± 2 дБ, которая имеет тот же порядок, что и точность, полученная в результате субъективных испытаний, но лучшую надежность и небольшую стоимость.

Несмотря на то что предположительно для телефонов с микротелефонной трубкой и громкоговорящих телефонов понадобится другая весовая функция, было отмечено, что практически для каждого типа тракта нужна будет только постоянная коррекция. В частности, к расчетным LR следует добавлять следующие поправки:

Телефон с микротелефонной трубкой

Передача: –3,0 дБ
Прием: 6,9 дБ (только для встроенных телефонов)

Громкоговорящий телефон

Передача: –3,6 дБ
Прием: –14,0 дБ

Что касается пересмотра Рек. P.79, то возможны два варианта. Предпочтительно:

i) собрать все данные, имеющиеся в мире, и рассчитать общую среднюю величину с использованием вышеизложенных принципов

или альтернативно

ii) возвратиться к весовым функциям алгоритмов проекта Рек. P.XXE.

3 Единые алгоритмы для вычисления эквивалентов R25 и показателей громкости (вклад министерства почт и электросвязи Китайской Народной Республики)

3.1 *Введение*

После 1985 года группа субъективных испытаний лаборатории МККТТ претерпела изменения. В отчетах лаборатории МККТТ о периодических проверках стабильности отмечается, что новое, субъективно определенное значение x_2 (см. Рекомендацию Р.78), равное примерно 18 дБ, близко к значению, полученному в других лабораториях, и отличается от ранее определенного значения в 12 дБ. Кроме того, значения SR25E и RR25E телефонных систем, рассчитанные недавно лабораторией МККТТ, на несколько децибелов ниже результатов, полученных ранее, и приближаются к величинам, полученным в других лабораториях.

В этой связи появляется возможность использования единого алгоритма, подобного простому алгоритму в Рекомендации Р.79, для расчета эквивалентов R25 и показателей громкости при значениях для параметра крутизны m и G-функций, отличающихся от величин, приведенных в Рекомендации Р.79.

Для получения подходящего алгоритма и соответствующих параметров были использованы четыре различных алгоритма с тем, чтобы рассчитать значения R25E и LR с последующим сравнением полученных результатов. Три из этих алгоритмов подобны алгоритмам, используемым для расчета показателей громкости, приведенных в Рекомендации Р.79, за исключением того, что для параметра крутизны m и G-функций использовались другие величины.

Эти величины:

- взяты из проекта Рекомендации Р.XXE [2];
- соответствуют расчетам китайской испытательной группы;
- соответствуют расчетам прежней испытательной группы лаборатории МККТТ, но при L_E, скорректированной в приемной части системы NOSFER.

Четвертым используемым алгоритмом был алгоритм ISO-532B (Цвикера).

3.2 *Сравнение различных алгоритмов*

Приведенные здесь четыре алгоритма определены как алгоритмы Р.XXE, китайский алгоритм, скорректированный алгоритм Р.79 и алгоритм ISO-532B.

3.2.1 *SFC эталонной системы*

3.2.1.1 Частотные характеристики чувствительности (SFC) передающей и приемной частей (без учета утечки) системы NOSFER взяты из Рекомендации Р.42 (Красная книга). При расчетах потери связи в приемной части системы NOSFER включены в частотные характеристики чувствительности на приеме.

Несколько лет назад Администрация Китая отмечала, что данные SFC приемной части системы NOSFER, измеренные при помощи искусственного уха IEC 318 с плоской пластиной, значительно отличаются от данных, полученных при помощи уха оператора, а измеренные величины L_E соответствуют величинам, полученным при помощи камеры искусственного уха типа DR-701, используемого китайской испытательной группой в приемной части системы NOSFER.

Эта точка зрения была принята многими администрациями и в общем принята XII-й Исследовательской комиссией МККТТ. Используемые здесь величины L_E соответствуют величинам, рассчитанным испытательной группой лаборатории МККТТ, как и величины, представленные Администрацией Франции (Вклад ИК XII-111, 1985–1988 гг.) (см. таблицу 3-1).

3.2.1.2 Данные SFC системы IRS взяты из Рекомендации Р.48, и величины SFC приемной системы корректируются с использованием величины L_E Рекомендации Р.79.

3.2.2 *Параметр крутизны m и G-функций*

Методы определения m и G описаны во Вкладе ИК XII-3 и ИК XII-10 (1981–1984 гг.).

3.2.2.1 *Скорректированный алгоритм Р.79 (m = 0,175)*

Величины параметра крутизны m и G-функций в Рекомендации Р.79 получены по результатам испытаний фильтра потерь громкости прежней испытательной группой лаборатории МККТТ; утечка между ухом оператора и головным телефоном системы NOSFER не учитывалась. Поэтому величины G-функций, данные в Рекомендации Р.79, должны быть скорректированы. В таблице 3-2 приводятся результаты G-функций с коррекцией L_E.

ТАБЛИЦА 3-1

Акустические потери связи L_E, используемые при расчетах

Частота	L_E NOSFER	L_E P.79
100	0,9	20,0
125	0,2	16,5
160	–0,6	12,5
200	–1,6	8,4
250	–2,9	4,9
315	–4,2	1,0
400	–5,3	–0,7
500	–5,4	–2,2
630	–4,9	–2,6
800	–4,6	–3,2
1000	–4,6	–2,3
1250	–3,9	–1,2
1600	–4,6	–0,1
2000	–3,3	3,6
2500	–3,2	7,4
3150	–3,3	6,7
4000	–3,7	8,8
5000	–2,9	10,0
6300	–0,8	12,5
8000	–0,8	15,0

ТАБЛИЦА 3-2

$10 \log_{10} G$ различных алгоритмов

Частота	P.79 корр.	P.XXE	Китайский алгоритм
100	–31,86	–35,90	–30,67
125	–28,58	–34,11	–30,63
160	–27,14	–32,94	–30,68
200	–28,13	–31,50	–30,81
250	–28,48	–30,96	–31,02
315	–31,22	–31,21	–31,35
400	–30,10	–31,15	–31,79
500	–33,02	–30,97	–32,33
630	–33,46	–32,13	–33,00
800	–34,34	–33,05	–33,83
1000	–35,51	–34,50	–34,74
1250	–37,97	–35,91	–35,78
1600	–38,60	–37,14	–37,10
2000	–41,22	–38,50	–38,46
2500	–41,66	–39,66	–39,96
3150	–45,77	–41,11	–41,70
4000	–43,54	–43,45	–43,68
5000	–47,03	–45,37	–45,71
6300	–48,03		–48,01
8000	–46,32		–50,60

3.2.2.2 *Алгоритм P.XXE (m = 0,225)*

Величины параметра крутизны m и G-функций взяты из таблицы 1, стр. 185 ИК XII-1 [2]. См. также таблицу 3-2 данного дополнения.

3.2.2.3 *Китайский алгоритм (m = 0,2)*

Используются результаты гладких G-функций [см. Вклад ИК XII-233 (1981–1984 гг.)]. Величины также приводятся в таблице 3-2.

При определении G-функций потери связи телефона системы NOSFER не учитываются, однако это почти не влияет на результаты, полученные с использованием G-функций.

3.2.3 *Весовые коэффициенты W для расчета R25E*

Методы получения весовых коэффициентов W описаны во вкладах ИК XII-3 и ИК XII-10 (1981–1984 гг.).

3.2.3.1 *Скорректированный алгоритм P.79*

Весовые коэффициенты берутся из данных SFC системы NOSFER, описанных в § 3.2.1.1, и данных для m и G-функций, приведенных в § 3.2.2.1.

3.2.3.2 *Алгоритм P.XXE*

Весовые коэффициенты W берутся из данных SFC системы NOSFER, описанных в § 3.2.1.1, и данных для m и G-функций, приведенных в § 3.2.2.2. В данном вкладе при отсутствии полного набора данных для G-функций на высоких и низких частотах необходимо было выбирать ряд произвольных значений.

3.2.3.3 *Китайский алгоритм*

Весовые коэффициенты W берутся из данных SFC системы NOSFER, описанных в § 3.2.1.1, и данных для m и G-функций, приведенных в § 3.2.2.3.

Весовые коэффициенты W, выведенные из трех алгоритмов, описанных выше, для расчета R25E перечислены в таблице 3-3.

3.2.4 *Весовые коэффициенты W для расчета величин LR*

Методы расчета весовых коэффициентов W для трех алгоритмов идентичны методам, описанным в § 3.2.3, исключая тот случай, когда данные SFC системы IRS (при L_E по P.79) используются вместо данных SFC системы NOSFER.

Весовые коэффициенты W, выведенные из трех алгоритмов, описанных выше, для расчета LR перечислены в таблице 3-4.

3.2.5 *Источник данных для SFC телефонных систем и субъективно определенных величин R25E и LR*

При сопоставлении субъективно полученных результатов с расчетными могут использоваться лишь данные, относящиеся к телефонным аппаратам с субъективно определенными величинами, установленными новой испытательной группой МККТТ, и соответствующие величинам SFC.

3.2.5.1 *Для SR25E*

Имеется только шесть наборов данных SFC передающей части, полученных от трех линейных телефонных установок при линейных условиях 0/L (то есть с линиями или при их отсутствии). Эти данные взяты из Технического отчета 808 лаборатории МККТТ (Временный документ 84, Рабочая группа XII/1, апрель 1987 г.); другой комплект субъективно определенных величин взят из Технического отчета 797 лаборатории МККТТ (Временный документ 78, Рабочая группа XII/1, апрель 1987 г.).

3.2.5.2 *Для RR25E*

Субъективно определенные величины RR25E некоторых телефонных систем взяты из Технического отчета 797 лаборатории МККТТ, а относящиеся к ним данные SFC предоставлены начальником лаборатории МККТТ в октябре 1986 г.

ТАБЛИЦА 3-3

Весовые коэффициенты W для расчета R25E

	P.79 корр.		P.XXE		Китайский алгоритм	
Частота	W_S	W_R	W_S	W_R	W_S	W_R
100	109,6	116,6	106,9	113,9	92,2	99,2
125	82,4	89,8	92,1	99,5	84,5	91,9
160	67,2	75,2	81,2	89,2	78,5	86,5
200	66,6	76,3	69,5	79,2	73,4	83,1
250	60,6	72,7	60,4	72,5	67,2	79,3
315	67,6	82,2	54,3	68,9	61,0	75,6
400	53,8	70,2	47,9	64,3	56,6	73,0
500	63,5	80,8	41,3	58,6	52,9	70,2
630	60,5	75,5	42,4	57,4	51,5	66,5
800	60,8	74,3	42,9	56,4	51,6	65,1
1000	62,6	75,1	45,5	58,0	51,9	64,4
1250	70,5	81,9	47,2	58,6	51,9	63,3
1600	67,3	79,9	47,1	59,7	52,3	64,9
2000	78,4	90,1	50,3	62,0	55,8	67,5
2500	74,8	86,6	50,6	62,4	57,9	69,7
3150	93,2	102,1	53,5	62,4	62,3	71,2
4000	76,7	84,6	61,3	69,2	69,2	77,1
5000	88,8	103,3	63,2	77,7	72,2	86,7
6300	84,9	110,0	92,2	117,3	74,9	100,0
8000	80,4	99,1	102,7	121,4	93,8	112,5
	m = 0,175		m = 0,225		m = 0,2	

3.2.5.3 *Для SLR и RLR*

Субъективно определенные величины взяты из Технического отчета 771 лаборатории МККТТ (Временный документ 42, Рабочая группа XII/1, май 1986 г.), а относящиеся к ним данные SFC [данные на передаче, измеренные в положении LRGP (положении защитного кольца, соответствующем измерениям показателя громкости)] также были предоставлены лабораторией МККТТ.

3.2.6 *Метод расчета*

3.2.6.1 Для алгоритмов P.79 скорректированного, P.XXE и китайского алгоритма при расчете SR25E, RR25E, SLR и RLR использовались следующие уравнения:

$$SR25E = -\frac{10}{m}\log_{10}\sum_{i}^{N} 10^{m(S_{UMJ} - W_S)/10}$$

$$RR25E = -\frac{10}{m}\log_{10}\sum_{i}^{N} 10^{m(S_{UJE} - W_R)/10}$$

$$SLR = -\frac{10}{m}\log_{10}\sum_{i}^{N} 10^{m(S_{UMJ} - W_S)/10}$$

$$RLR = -\frac{10}{m}\log_{10}\sum_{i}^{N} 10^{m(S_{UJE} - W_R)/10}$$

ТАБЛИЦА 3-4

Весовые коэффициенты W для расчета LR

	P.79 корр.		P.XXE		Китайский алгоритм	
Частота	W_S	W_R	W_S	W_R	W_S	W_R
100	149,3	147,6	150,0	150,0	135,7	134,0
125	111,4	112,2	150,0	150,0	117,2	118,0
160	85,3	87,6	150,0	150,0	100,3	102,5
200	74,4	82,5	82,5	90,6	85,0	93,1
250	61,5	73,6	66,7	78,8	71,9	84,0
315	62,2	79,2	54,0	71,0	59,3	76,3
400	46,0	65,0	45,1	64,1	52,4	71,4
500	54,6	75,0	37,4	57,8	47,6	68,0
630	49,4	70,0	36,1	56,7	44,2	64,8
800	48,2	68,6	35,5	55,9	42,6	63,0
1000	50,6	69,2	38,8	57,4	43,6	62,2
1250	59,0	75,0	41,0	57,0	44,2	60,2
1600	57,3	71,0	42,3	56,0	45,8	59,5
2000	71,5	80,7	48,6	57,8	52,5	61,7
2500	71,8	75,7	52,7	56,6	58,8	62,7
3150	88,5	92,6	54,0	58,1	61,5	65,6
4000	116,7	113,5	106,5	103,3	112,7	109,5
5000	155,9	143,2	150,0	150,0	143,0	130,3
6300	170,0	163,6	150,0	150,0	163,8	157,4
8000	180,0	165,0	150,0	150,0	196,7	181,7
	$m = 0{,}175$		$m = 0{,}225$		$m = 0{,}2$	

Следует иметь в виду, что:

– для трех различных алгоритмов, перечисленных выше, используются различные величины m и весовых коэффициентов W;

– величины W_S, используемые для расчета SR25E, отличаются от величин, используемых для расчета SLR с тем же алгоритмом. Это же правило применяется к W_R для расчета RR25E и RLR;

– S_{UMJ} представляют собой величины SFC передающей части телефонных систем, в которых проводятся измерения в RESP (в эталонной эквивалентной точке речи), и RGP для расчета SR25E и SLR соответственно; и

– величины L_E, внесенные в Рекомендацию P.79, используются для корректировки телефонных приемных систем при расчетах RR25E и RLR.

3.2.6.2 *Метод, использующий алгоритм ISO-532B*

a) Входной сигнал: используется долговременный речевой спектр в третьоктавных полосах, приведенных в Рекомендации P.50.

b) Эталонная система: *передающая часть NOSFER + 25 дБ + приемная часть NOSFER* для R25E; и *передающая* часть *IRS + 18 дБ + приемная часть IRS* для LR.

c) Испытуемая система: изменяется в зависимости от задач. Например, для SR25E – передающая часть испытуемой системы + переменный аттенюатор (X) + приемная часть NOSFER.

Последовательность расчета следующая:

1) Рассчитать громкость эталонной системы, используя для этой цели алгоритм ISO-532B на основе выходных уровней в третьоктавных полосах эталонной системы.

2) Рассчитать громкость испытуемой системы, используя для этой цели алгоритм ISO-532B на основе выходных уровней в третьоктавных полосах испытуемой системы; изменять величину ослабления X переменного аттенюатора до тех пор, пока расчетная громкость не станет такой же, как громкость в эталонной системе.

3) Затем:

$$R25E = 25 - X$$

$$LR = 18 - X.$$

При расчете R25E и LR с алгоритмом ISO-532B данные SFC эталонных систем и телефонных систем те же, что и данные, используемые в других алгоритмах, описанных выше.

3.2.7 *Результаты расчетов*

Субъективно определенные величины SR25E, RR25E, SLR и RLR, результат, полученный при использовании различных алгоритмов, и различия между субъективно определенными величинами и результатами расчетов приведены в таблицах 3-5 a) –3-5 d).

В целях сравнения средние результаты, рассчитанные при помощи четырех алгоритмов, объединены в таблице 3-6.

3.3 *Обсуждение вопроса*

Перед тем как анализировать результаты расчетов, следует учесть влияние дифракции, создаваемой головой человека, и реверберации испытательного помещения на SFC передающей части системы NOSFER. В результате этого влияния разность в чувствительности частотной характеристики (SFC) на передаче между эталонной точкой рта системы NOSFER и точкой, находящейся в 140 мм перед губами оператора, составляет менее 13,46 дБ в идеальных условиях, то есть с виртуальным источником звука, расположенным на 6 мм позади плоскости губ, принимаемым за действительный источник человеческого голоса, причем предполагается, что звук передается в открытом пространстве. В китайском помещении для субъективных испытаний эта разность была измерена со средней коррекцией от 1 до 1,5 дБ для каждой частоты (см. вклад ИК XII-209 (1985–1988 гг.)). Этот эффект не был включен ни в один из четырех перечисленных выше алгоритмов.

3.3.1 Результаты расчетов SR25E и RR25E с использованием скорректированного алгоритма P.79 примерно на 1,5–2 дБ выше субъективно определенных величин. Это понятно, так как величины параметра крутизны m и G-функций определялись на основе результатов испытаний фильтров, проведенных прежней испытательной группой МККТТ.

3.3.2 При расчете R25E и LR можно использовать в качестве единственного алгоритма как алгоритм P.XXE, так и китайский алгоритм. Величина SR25E, рассчитанная в соответствии с алгоритмом P.XXE, примерно на 1 дБ ниже результата субъективных испытаний, но после коррекции на дифракцию, создаваемую головой человека, и реверберацию испытательной камеры (см. § 3.3) может установиться хорошее соответствие между субъективными и объективными величинами и SR25. Принимая во внимание тот факт, что некоторые значения на высоких и низких частотах G-функций и весовых коэффициентов W, используемых в алгоритме P.XXE, выбираются произвольно и что следует вводить коррекцию в SFC передающей части системы NOSFER, китайский алгоритм может оказаться лучше, чем используемый алгоритм P.XXE.

3.3.3 Результаты, рассчитанные с использованием алгоритма ISO-532B, совпадают с соответствующими результатами субъективных испытаний. Однако было отмечено, что стандартное отклонение для средних величин разности SR25, SLR и RLR больше отклонений при других алгоритмах. Более того, алгоритм ISO-532B намного сложнее других алгоритмов. Поэтому данный алгоритм не может быть лучшим выбором.

3.3.4 Разность в результате SLR и RLR, рассчитанных при помощи скорректированного алгоритма P.79 и первоначального алгоритма P.79 соответственно, в общем меньше 0,1 дБ.

3.3.5 Нежелательно использовать скорректированный алгоритм P.79 для расчета величин R25E из-за значительного расхождения между расчетными величинами и субъективно определенными величинами.

Разница между субъективно определенными величинами SR25E для телефонного аппарата, полученными прежней и нынешней испытательными группами, составляет примерно от 4 до 6 дБ соответственно, в то время как разница, рассчитанная при помощи скорректированного алгоритма P.79 и китайского алгоритма, равна примерно 2 дБ.

Величина R25E, рассчитанная при помощи скорректированного алгоритма P.79, также не согласуется с величиной, субъективно определенной прежней испытательной группой.

3.4 *Выводы*

Для расчета величин R25E и LR может использоваться в качестве стандартного алгоритма более простой алгоритм, такой как китайский алгоритм. Результаты расчетов и результаты, субъективно определенные новой испытательной группой лаборатории МККТТ, почти совпадают.

Положение, появившееся в некоторых Рекомендациях относительно того, что простой алгоритм не может быть использован для сравнения громкости широкополосных систем, следует пересмотреть.

4 **Коэффициенты показателей громкости, полученные в результате субъективных измерений речи, ограниченной фильтрами верхних (HP) и нижних (LP) частот** (Вклад от ELLEMTEL, Швеция)

4.1 *Введение*

При вычислении величин LR для обычных плановых оценок точная форма взвешивания алгоритма показателя громкости (LR) по частоте не является решающим фактором. Однако объективные реалистичные величины коэффициентов необходимы при более подробном анализе, например, амплитудно-частотных искажений и влияний ограничения ширины полосы частот.

Параметры показателей громкости могут извлекаться при помощи известной статистики спектра "средней" мощности речевого сигнала и кривых частотной характеристики "усредненного" порога слышимости.

Альтернативный прямой путь заключается в том, чтобы извлечь пользу из субъективных испытаний влияния переменных фильтров нижних и верхних частот при прослушивании в системе типа NOSFER. Ранее такие измерения выполнялись многократно. В данном разделе используются четыре набора данных, причем три из них взяты из STL [4], а один – из предложений Китайской Народной Республики [5].

Хорошо известно, что субъективная оценка громкости имеет свои недостатки. Первое требование заключается в том, что в испытательную группу должны входить "обычные люди", то есть люди с нормальными речью и слухом. Кроме того, группа должна специально оценивать "влияние громкости", а не "влияние качества" ограничения ширины полосы. Испытательная группа МККТТ, по-видимому, не выполнила этих критериев во время измерений с целью получения алгоритма P.79.

4.2 *Вывод коэффициентов показателей громкости*

Для сложных шумов спектров стационарного во времени характера следует рассматривать эффекты маскировки между полосами частот, то есть для оценки громкости необходимо использовать алгоритм Цвикера. Однако реальная необходимость в этом сложном методе (или даже его правильность) для измерения речевых сигналов несколько сомнительна. Вместо этого будет опробована более простая обычная модель "физиологического влияния на громкость" для интерпретирования субъективных результатов.

Будет представлено выражение для потерь громкости A, создаваемых фильтром, введенным в электрическую часть тракта передачи речевых звуков от рта до уха. Для обеспечения математической трактовки обычное последовательное суммирование по всем третьоктавным полосам заменяется непрерывным интегрированием по логарифмической частотной шкале.

ТАБЛИЦА 3-5

а) **Сравнение субъективных и расчетных результатов с использованием скорректированного алгоритма P.79**

SR25E

Аппарат	Субъективная величина 1	Субъективная величина 2	Расчетная величина	Разность 1	Разность 2
F6/0	+3,35	+2,45	+ 4,37	+1,02	+1,92
F6/L	+10,97	+10,93	+ 13,29	+2,32	+2,36
Q1/0	+5,62	+5,33	+ 6,52	+0,90	+1,19
Q1/L	+15,72	+14,85	+16,01	+0,29	+1,16
E5/0	+11,23	+11,23	+13,39	+2,16	+2,16
E5/L	+20,85	+20,85	+23,52	+2,67	+2,67
Средняя величина				+1,56 дБ	+1,91 дБ
Стандартное отклонение				0,87 дБ	0,57 дБ

RR25E

Аппарат	Субъективная величина	Расчетная величина	Разность
D3/0	–5,45	–2,37	+3,08
D3/L	+0,15	+2,35	+2,20
E5/0	–4,98	–2,97	+2,01
E5/L	+1,58	+2,49	+0,91
F6/0	–1,55	+1,80	+3,35
F6/L	+7,00	+9,47	+2,47
G5/0	–6,67	–5,59	+1,08
G5/L	–0,23	+0,43	+0,66
Q1/0	–2,35	–1,12	+1,23
Q1/L	+6,48	+6,87	+0,39
R2/0	–8,80	–6,95	+1,85
R2/L	–1,13	+0,43	+1,56
T1/0	–2,98	–0,44	+2,54
T1/L	+1,88	+3,82	+1,94
U1/0	–5,25	–2,54	+2,71
U1/L	–1,03	+0,37	+1,40
V1/0	–8,95	–7,25	+1,70
V1/L	–1,75	+0,09	+1,84
Средняя величина			+1,83 дБ
Стандартное отклонение			0,79 дБ

SLR

Аппарат	Субъективная величина	Расчетная величина	Разность
D3/0	+4,45	+3,11	–1,34
D3/L	+5,75	+4,16	–1,59
D4/0	+2,55	+2,28	–0,27
D4/L	+3,65	+3,42	–0,23
F6/0	–0,55	+0,64	+1,19
F6/L	+8,95	+9,26	+0,31
F7/0	+1,10	+0,83	–0,27
F7/L	+10,20	+9,59	–0,61
T1/0	+7,80	+8,40	+0,60
T1/L	+12,00	+12,25	+0,25
T2/0	+10,45	+9,12	–1,33
T2/L	+15,00	+13,09	–1,91
U1/0	+5,55	+5,52	–0,03
U1/L	+10,30	+10,02	–0,28
Средняя величина			–0,39 дБ
Стандартное отклонение			0,85 дБ

RLR

Аппарат	Субъективная величина	Расчетная величина	Разность
D3/0	–6,85	–6,31	+0,54
D3/L	–1,45	–1,41	+0,04
D4/0	–9,15	–6,98	+2,17
D4/L	–3,75	–2,08	+1,67
F6/0	–2,45	–2,76	–0,31
F6/L	+5,55	+5,04	–0,51
F7/0	–1,50	–2,88	–1,38
F7/L	+6,05	+4,95	–1,10
T1/0	–5,55	–4,17	+1,38
T1/L	–0,30	+0,12	+0,42
T2/0	–3,75	–4,05	–0,30
T2/L	+2,25	+0,78	–1,47
U1/0	–6,85	–6,65	+0,20
U1/L	–2,30	–3,52	–1,22
Средняя величина			+0,01 дБ
Стандартное отклонение			1,11 дБ

ТАБЛИЦА 3-5 *(продолжение)*

b) Сравнение субъективных и расчетных результатов с использованием скорректированного алгоритма P.XXE

SR25E

Аппарат	Субъективная величина 1	Субъективная величина 2	Расчетная величина	Разность 1	Разность 2
F6/0	+3,35	+2,45	+0,92	–2,43	–1,53
F6/L	+10,97	+10,93	+10,61	–0,36	–0,32
Q1/0	+5,62	+5,33	+4,33	–1,29	–1,00
Q1/L	+15,72	+14,85	+14,02	–1,70	–0,83
E5/0	+11,23	+11,23	+9,54	–1,69	–1,69
E6/L	+20,85	+20,85	+19,84	–1,01	–1,01
Средняя величина				–1,41 дБ	–1,06 дБ
Стандартное отклонение				0,64 дБ	0,45 дБ

RR25E

Аппарат	Субъективная величина	Расчетная величина	Разность
D3/0	–5,45	–4,79	+0,66
D3/L	+0,15	+0,68	+0,53
E5/0	–4,98	–5,87	–0,89
E5/L	+1,58	–0,08	–1,66
F6/0	–1,55	–1,58	–0,03
F6/L	+7,00	+6,69	–0,31
G5/0	–6,67	–7,34	–0,67
G5/L	–0,23	–1,00	–0,77
Q1/0	–2,35	–3,08	–0,73
Q1/L	+6,48	+5,00	–1,48
R2/0	–8,80	–8,87	–0,07
R2/L	–1,13	–1,10	+0,03
T1/0	–2,98	–2,91	+0,07
T1/L	+1,88	+1,91	+0,03
U1/0	–5,25	–5,11	+0,14
U1/L	–1,03	–1,43	–0,40
V1/0	–8,95	–9,35	–0,40
V1/L	–1,75	–1,79	–0,04
Средняя величина			–0,33 дБ
Стандартное отклонение			0,60 дБ

SLR

Аппарат	Субъективная величина	Расчетная величина	Разность
D3/0	+4,45	+3,81	–0,64
D3/L	+5,75	+4,64	–1,11
D4/0	+2,55	+3,08	+0,53
D4/L	+3,65	+3,95	+0,30
F6/0	–0,55	+0,09	+0,64
F6/L	+8,95	+9,46	+0,51
F7/0	+1,10	+0,29	–0,81
F7/L	+10,20	+9,80	–0,40
T1/0	+7,80	+9,02	+1,22
T1/L	+12,00	+13,38	+1,38
T2/0	+10,45	+9,70	–0,75
T2/L	+15,00	+14,13	–0,87
U1/0	+5,55	+6,16	+0,61
U1/L	+10,30	+11,32	+1,02
Средняя величина			+0,12 дБ
Стандартное отклонение			0,82 дБ

RLR

Аппарат	Субъективная величина	Расчетная величина	Разность
D3/0	–6,85	–5,61	+1,24
D3/L	–1,45	–0,01	+1,44
D4/0	–9,15	–6,22	+2,93
D4/L	–3,75	–0,53	+3,22
F6/0	–2,45	–2,77	–0,32
F6/L	+5,55	+5,69	+0,14
F7/0	–1,50	–2,86	–1,36
F7/L	+6,05	+5,54	–0,51
T1/0	–5,55	–3,63	+1,92
T1/L	–0,30	+1,25	+1,55
T2/0	–3,75	–3,42	+0,33
T2/L	+2,25	+2,01	–0,24
U1/0	–6,85	–6,06	+0,79
U1/L	–2,30	–2,18	+0,12
Средняя величина			+0,80 дБ
Стандартное отклонение			1,27 дБ

ТАБЛИЦА 3-5 *(продолжение)*

c) **Сравнение субъективных и расчетных результатов с использованием китайского алгоритма**

SR25E

Аппарат	Субъективная величина 1	Субъективная величина 2	Расчетная величина	Разность 1	Разность 2
F6/0	+3,35	+2,45	+1,78	–1,57	–0,67
F6/L	+10,97	+10,93	+11,52	+0,55	+0,59
Q1/0	+5,62	+5,33	+5,00	–0,62	–0,33
Q1/L	+15,72	+14,85	+14,82	–0,90	–0,03
E5/0	+11,23	+11,23	+10,37	–0,86	–0,86
E5/L	+20,85	+20,85	+20,85	+0,00	+0,00
Средняя величина				–0,57 дБ	–0,22 дБ
Стандартное отклонение				0,68 дБ	0,48 дБ

RR25E

Аппарат	Субъективная величина	Расчетная величина	Разность
D3/0	–5,45	–3,89	+1,56
D3/L	+0,15	+1,54	+1,39
E5/0	–4,98	–4,72	+0,26
E5/L	+1,58	+1,16	–0,42
F6/0	–1,55	–0,44	+1,11
F6/L	+7,00	+7,91	+0,91
G5/0	–6,67	–6,33	+0,34
G5/L	–0,23	+0,07	+0,30
Q1/0	–2,35	–2,18	+0,17
Q1/L	+6,48	+6,01	–0,47
R2/0	–8,80	–8,02	+0,78
R2/L	–1,13	–0,11	+1,02
T1/0	–2,98	–2,10	+0,88
T1/L	+1,88	+2,75	+0,87
U1/0	–5,25	–4,17	+1,08
U1/L	–1,03	–0,47	+0,56
V1/0	–8,95	–8,41	+0,54
V1/L	–1,75	–0,67	+1,08
Средняя величина			+0,67 дБ
Стандартное отклонение			0,54 дБ

SLR

Аппарат	Субъективная величина	Расчетная величина	Разность
D3/0	+4,45	+3,72	–0,73
D3/L	+5,75	+4,61	–1,14
D4/0	+2,55	+3,01	+0,46
D4/L	+3,65	+3,96	+0,31
F6/0	–0,55	+0,12	+0,67
F6/L	+8,95	+9,55	+0,60
F7/0	+1,10	+0,28	–0,82
F7/L	+10,20	+9,83	–0,37
T1/0	+7,80	+9,02	+1,22
T1/L	+12,00	+13,44	+1,44
T2/0	+10,45	+9,71	–0,74
T2/L	+15,00	+14,21	–0,79
U1/0	+5,55	+6,08	+0,53
U1/L	+10,30	+11,31	+1,01
Средняя величина			+0,12 дБ
Стандартное отклонение			0,83 дБ

RLR

Аппарат	Субъективная величина	Расчетная величина	Разность
D3/0	–6,85	–5,82	+1,03
D3/L	–1,45	–0,26	+1,19
D4/0	–9,15	–6,42	+2,73
D4/L	–3,75	–0,77	+2,98
F6/0	–2,45	–2,83	–0,38
F6/L	+5,55	+5,70	+0,15
F7/0	–1,50	–2,90	–1,40
F7/L	+6,05	+5,56	–0,49
T1/0	–5,55	–3,90	+1,65
T1/L	–0,30	+1,00	+1,30
T2/0	–3,75	–3,71	+0,04
T2/L	+2,25	+1,75	–0,50
U1/0	–6,85	–6,24	+0,61
U1/L	–2,30	–2,34	–0,04
Средняя величина			+0,63 дБ
Стандартное отклонение			1,21 дБ

ТАБЛИЦА 3-5 *(окончание)*

d) **Сравнение субъективных и расчетных результатов с использованием алгоритма ISO -532B**

SR25E

Аппарат	Субъективная величина 1	Субъективная величина 2	Расчетная величина	Разность 1	Разность 2
F6/0	+3,35	+2,45	+0,33	–3,02	–2,12
F6/L	+10,97	+10,93	+10,62	–0,35	–0,31
Q1/0	+5,62	+5,33	+4,87	–0,75	–0,46
Q1/L	+15,72	+14,85	+14,79	–0,93	–0,06
E5/0	+11,23	+11,23	+9,74	–1,49	–1,49
E5/L	+20,85	+20,85	+20,49	–0,36	–0,36
Средняя величина				–1,15 дБ	–0,06 дБ
Стандартное отклонение				0,92 дБ	1,05 дБ

RR25E

Аппарат	Субъективная величина	Расчетная величина	Разность
D3/0	–5,45	–4,33	+1,12
D3/L	+0,15	+1,14	+0,99
E5/0	–4,98	–5,14	–0,16
E5/L	+1,58	+0,70	–0,88
F6/0	–1,55	–1,61	–0,06
F6/L	+7,00	+6,95	–0,05
G5/0	–6,67	–6,78	–0,11
G5/L	–0,23	–0,35	–0,12
Q1/0	–2,35	–2,28	+0,07
Q1/L	+6,48	+5,78	–0,70
R2/0	–8,80	–8,35	+0,45
R2/L	–1,13	–0,54	+0,59
T1/0	–2,98	–2,39	+0,59
T1/L	+1,88	+2,45	+0,57
U1/0	–5,25	–4,45	+0,80
U1/L	–1,03	–0,75	+0,28
V1/0	–8,95	–8,83	+0,12
V1/L	–1,75	–1,16	+0,59
Средняя величина			+0,23 дБ
Стандартное отклонение			0,52 дБ

SLR

Аппарат	Субъективная величина	Расчетная величина	Разность
D3/0	+4,45	+4,13	–0,32
D3/L	+5,75	+5,03	–0,72
D4/0	+2,55	+3,36	+0,81
D4/L	+3,65	+4,34	+0,69
F6/0	–0,55	–0,86	–0,31
F6/L	+8,95	+9,21	+0,26
F7/0	+1,10	–0,70	–1,80
F7/L	+10,20	+9,56	–0,64
T1/0	+7,80	+9,15	+1,35
T1/L	+12,00	+13,72	+1,72
T2/0	+10,45	+9,89	–0,56
T2/L	+15,00	+14,53	–0,47
U1/0	+5,55	+5,79	+0,24
U1/L	+10,30	+11,48	+1,18
Средняя величина			+0,10 дБ
Стандартное отклонение			0,93 дБ

RLR

Аппарат	Субъективная величина	Расчетная величина	Разность
D3/0	–6,85	–5,87	+0,98
D3/L	–1,45	+0,04	+1,49
D4/0	–9,15	–6,37	+2,78
D4/L	–3,75	–0,37	+3,38
F6/0	–2,45	–3,51	–1,06
F6/L	+5,55	+5,51	–0,04
F7/0	–1,50	–3,60	–2,10
F7/L	+6,05	+5,36	–0,69
T1/0	–5,55	–4,03	+1,52
T1/L	–0,30	+1,26	+1,56
T2/0	–3,75	–3,67	+0,08
T2/L	+2,25	+2,16	–0,09
U1/0	–6,85	–5,88	+0,97
U1/L	–2,30	–1,66	+0,64
Средняя величина			+0,67 дБ
Стандартное отклонение			1,42 дБ

ТАБЛИЦА 3-6

Суммарные результаты, показывающие средние разности и стандартные отклонения между субъективными и расчетными величинами R25E и LR с использованием различных алгоритмов

	SR25E		RR25E		SLR		RLR	
	Средняя разность [a)]	Станд. отклон. [a)]	Средняя разность	Станд. отклон.	Средняя разность	Станд. отклон.	Средняя разность	Станд. отклон.
Китайский	–0,57 –0,22	0,68 0,48	+0,67	0,54	+0,12	0,83	+0,63	1,21
P.XXE	–1,41 –1,06	0,64 0,45	–0,33	0,60	+0,12	0,82	+0,80	1,27
P.79 корр.	+1,56 +1,91	0,87 0,57	+1,83	0,79	–0,39	0,85	+0,01	1,11
ISO-532*B*	–1,15 –0,06	0,92 1,05	+0,23	0,52	+0,10	0,93	+0,67	1,42

[a)] В каждом блоке две величины соответствуют субъективным результатам испытаний, взятым из различных технических отчетов лаборатории МККТТ.

Таким образом, потери громкости представляются формулой:

$$A = -\frac{10}{m}\log_{10}\int_{-\infty}^{\infty} K(X)\cdot 10^{-0{,}1mL(X)}\,dX, \tag{4-1}$$

где:

m – коэффициент роста громкости;

X – $\log_{10}\{F/F_0\}$; $F_0 = 1$ кГц; (4-2)

$K(X)$ – весовые коэффициенты громкости;

$L(X)$ – затухание фильтра;

Для $K(X)$ оговорено, что

$$\int_{-\infty}^{\infty} K(X) = 1. \tag{4-3}$$

В противном случае $K(X)$ по-прежнему будет определяться так же, как и величина m. [Однако в уравнении (4-1) точное значение m оказывает влияние только второго порядка, как было отражено в других вкладах.]

Для фильтра *верхних частот* с весьма незначительными потерями в полосе пропускания и крутизной среза при $F = F_c(X=X_c)$ мы получаем:

$$A_H = -\frac{10}{m}\log_{10}\int_{X_c}^{\infty} K(X)\,dX. \tag{4-4}$$

Аналогично для фильтра *нижних частот*

$$A_L = -\frac{10}{m}\log_{10}\int_{-\infty}^{X_c} K(X)\,dX. \tag{4-5}$$

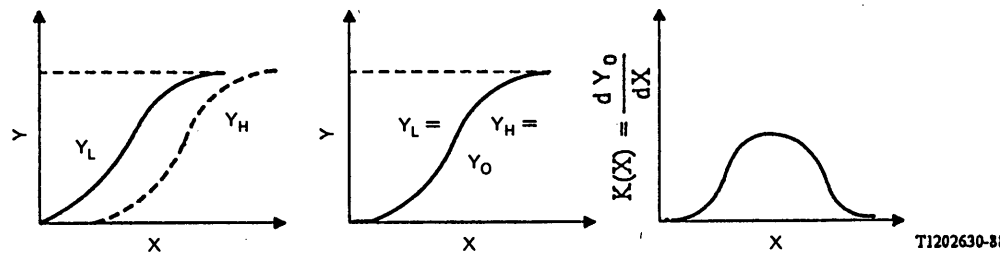
Используя уравнение (4-3), имеем:

$$Y = \int_{-\infty}^{X_c} K(X)\,dX = 10^{-0,1mA_L(X_c)} = 1 - 10^{-0,1mA_H(X_c)} \tag{4-6}$$

Для выбранного значения m сейчас мы можем записать как функцию X_c

$$\left.\begin{aligned} Y_L &= 10^{-0,1mA_L(X_c)} \\ Y_H &= 1 - 10^{-0,1mA_H(X_c)} \end{aligned}\right\}. \tag{4-7}$$

S-образные кривые имеют вид, показанный на рис. 4-1 a). Если две кривые более или менее совпадают, как это имеет место на рис. 4-1 b), может быть найдено "лучшее" значение m. Тогда подбирается математическое выражение для кривой Y_0, которое обеспечивает приемлемое совпадение обеих кривых. Производная Y_0 дает функцию $K(X)$.



a) Неоптимальная величина m *b) Оптимальная величина m* *c) Получение K (X)*

РИСУНОК 4-1

Графическое изображение весового коэффициента потерь громкости K(X)

Конечно, кривые S-образной формы можно описать с помощью неопределенного числа математических функций. Однако интеграл нормальной ошибки оказался удачным выбором. Изображение $Y(A)$ на "диаграмме нормального распределения" дает, по существу, прямые линии.

На рис. 4-2, 4-3 и 4-4 представлены результаты данных, приведенных в [4]. (Измерения проводились в STL в январе 1986 г., мае 1975 г. и феврале 1975 г.) Интересно отметить, что точки тесно группируются вокруг прямых линий, особенно на рис. 4-2. Соответствующие кривые $K(X)$ нанесены на рис. 4-5 вместе с кривой, заимствованной из [5], в том виде, как они представлены в [6].

4.3 *Рассуждения и выводы*

Знаменательно, что весовые кривые, показанные на рис. 4-5, почти совпадают несмотря на то, что они были получены совершенно разными испытательными группами.

Кривая 4 на рис. 4-5 использовалась как некий эталон при дальнейшем развитии "упрощенного" алгоритма P.79A. Измерения сигналов на верхних и нижних частотах по STL, видимо,подтвердят, что этот "весовой эталон" вполне приемлем. Таким образом, алгоритм P.79A даст объективную оценку влияния амплитудно-частотных искажений и ограничений ширины полосы частот.

Еще один вывод заключается в том, что потери громкости, вызванные амплитудно-частотными искажениями и ограничением ширины полосы частот, можно объяснить при помощи простой модели показателя громкости, не прибегая к алгоритму Цвикера.

Кривая 4 на рис. 4-5 использовалась для вычисления соответствующих 20 весовых коэффициентов для третьоктавных частот при последовательном суммировании для полосы 0,1–8 кГц, см. [6]. Это показано на рис. 4-6 вместе с эквивалентными величинами K_i для P.79. Как явствует из рисунка, кривая P.79 имеет некоторые ничем не оправданные пики и дает завышенные результаты для нижних частот и заниженные – для верхних частот. Итак, можно предположить, что при использовании P.79 недооценивается влияние крутизны затухания в зависимости от частоты на потери громкости соединения. Это положение, по-видимому, следует проверить экспериментально, как изложено в [7].

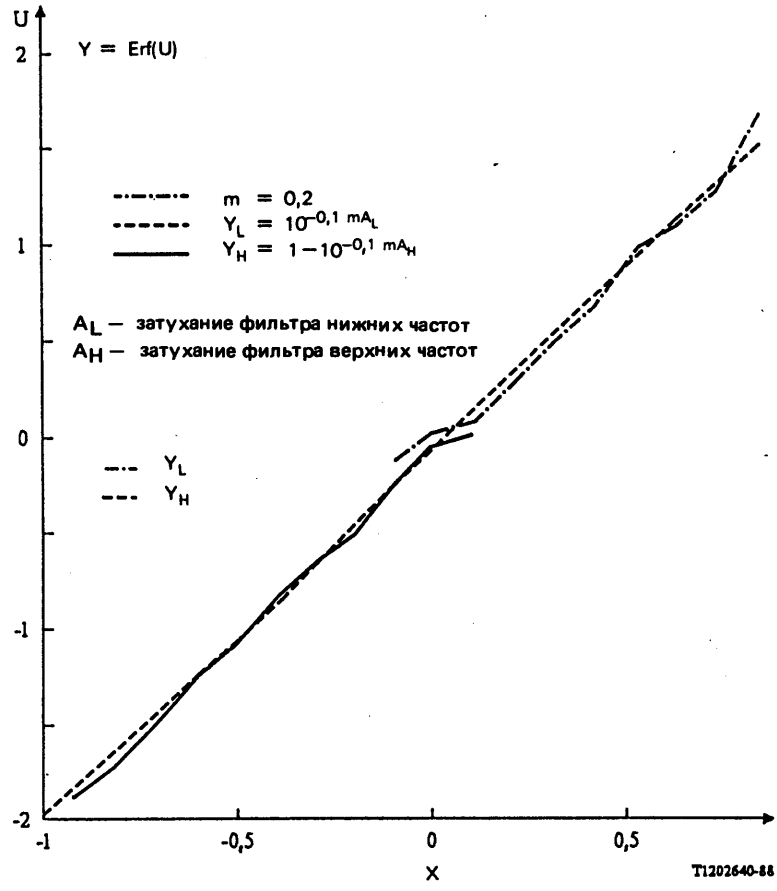


РИСУНОК 4-2

(От STL; январь 1986 г.)

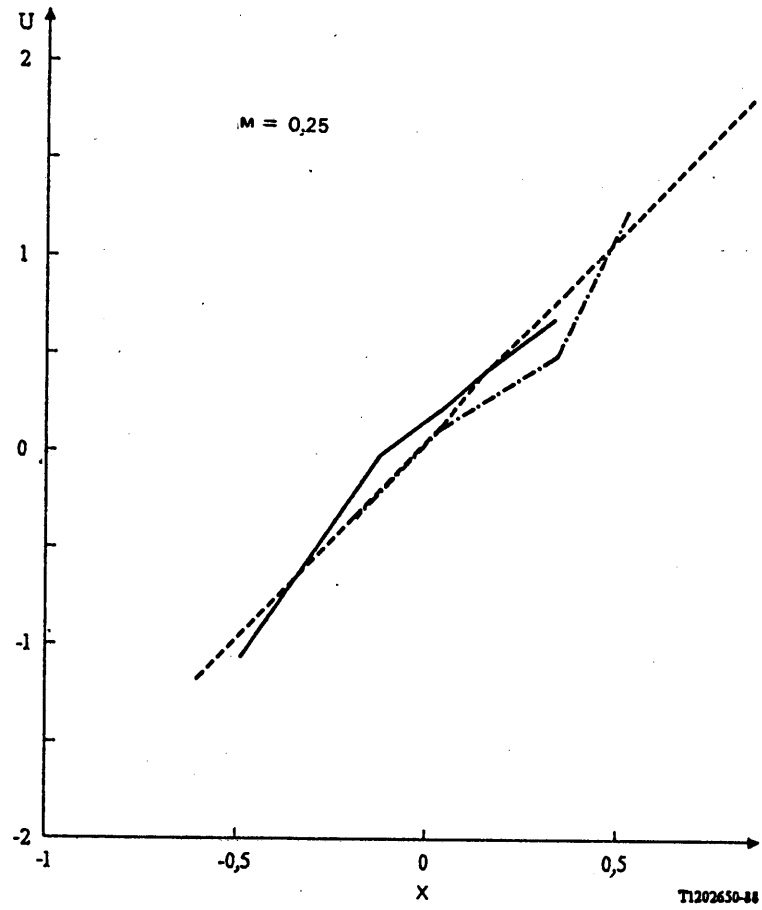


РИСУНОК 4-3

(От STL; май 1975 г.)

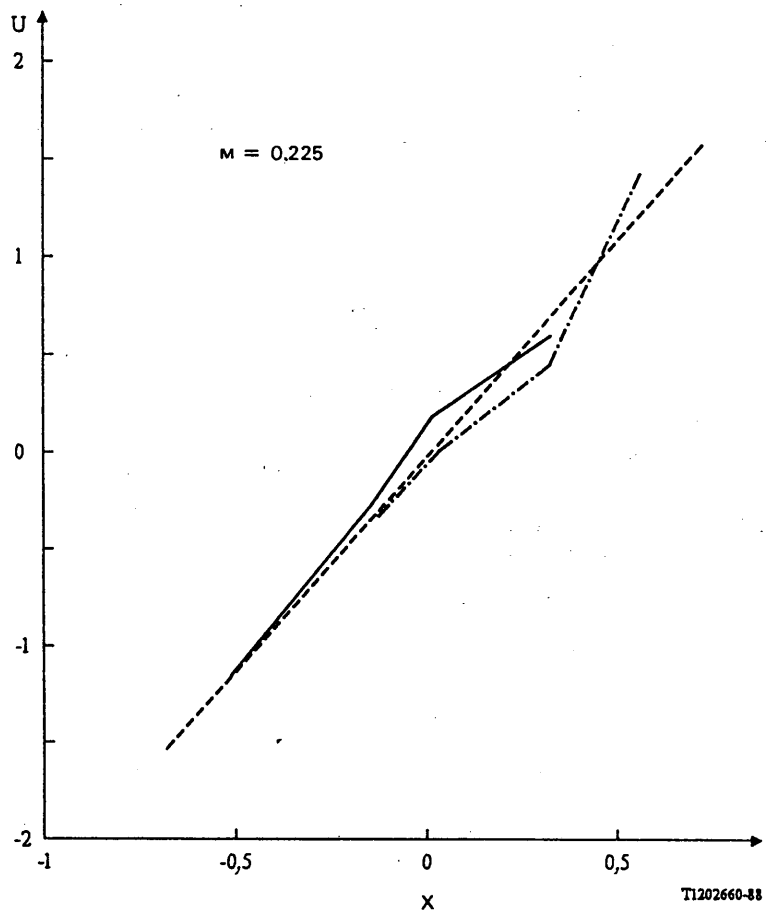
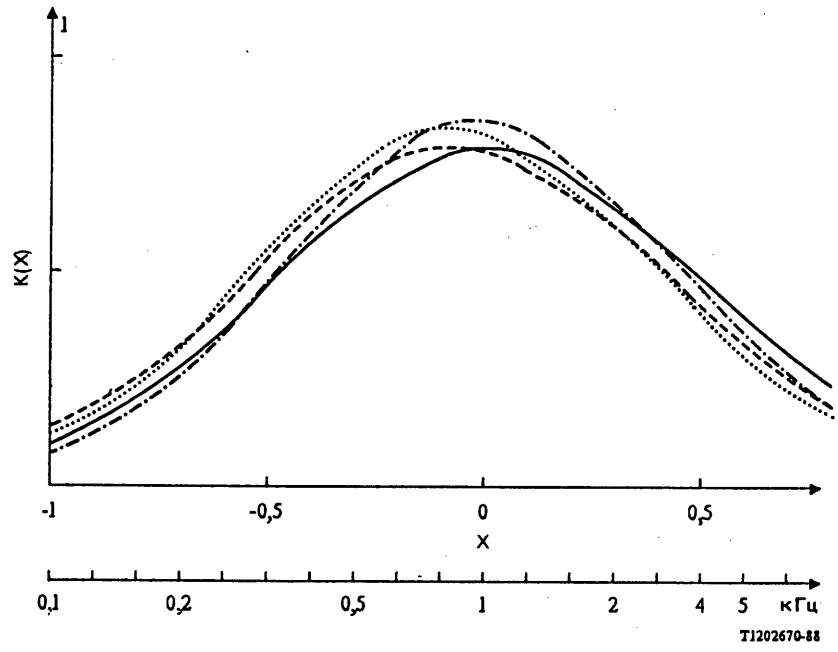


РИСУНОК 4-4

(От STL; февраль 1975 г.)



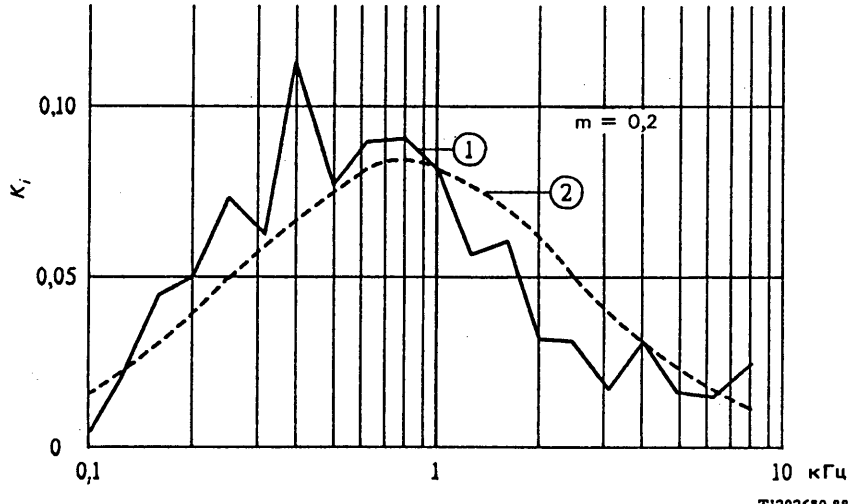
STL; январь 1986 г.

STL; май 1975 г.

STL; февраль 1975 г.

Китайская Народная Республика [5]

РИСУНОК 4-5



Кривая 1: P.79
Кривая 2: из рис. 4-5, кривая 4

РИСУНОК 4-6

Весовые коэффициенты K_i для LR на трехоктавных частотах в полосе 0,1–8 кГц

5 Показатели громкости и ширина полосы частот при планировании передачи (Вклад от ELLEMTEL, Швеция)

Ниже говорится о том, что показатели громкости могут играть роль "основных" параметров в "общей" полосе 0,3–3,4 кГц с добавлением *E*-фактора для границы полос вниз до 0,2 кГц и вверх до 4 кГц. *E*-фактор может быть определен численно в зависимости от величин затухания или на основании некоторых простых сетевых правил. Преимущество этого метода состоит в упрощении планирования передачи.

5.1 *Введение*

Многие администрации пытаются поддерживать хорошее качество передачи в телефонном канале в полосе 200–4000 Гц, по крайней мере в абонентской сети. В этих условиях представляется более реальным вычислять показатели громкости (LRs) с использованием параметров, установленных для этой полосы частот [8]. Поскольку в данном случае амплитудно-частотные искажения в пределах указанной полосы частот ограничены, свойство аддитивного сложения показателей громкости выполняется, то есть:

$$OLR = SLR + JLR + RLR.$$

Однако часто соединение может содержать тракты с ощутимыми амплитудно-частотными искажениями на краях полосы, что фактически ограничивает полосу частот соединения диапазоном 300–3400 Гц. (Это верно для многих международных вызовов.) Такое строгое ограничение полосы частот соответствует повышению LR на несколько децибелов. Если показатели громкости LRs вычисляются для полосы 0,1–8 кГц или даже 0,2–4 кГц, то их величины не могут просто суммироваться без ощутимых ошибок [9], которые, возможно, вызовут недоразумения при планировании передачи.

В принципе существует несколько вариантов решения этой дилеммы. Первый вариант просто игнорирует улучшение в несколько децибелов, которое может быть присуще некоторым "широкополосным" местным соединениям. Именно поэтому при вычислении (или измерениях) показателей громкости LRs в практике американского института IEEE для объективных показателей громкости используется полоса 0,3–3–4 кГц.

Второй метод заключается в применении поправочных коэффициентов полосы частот для LRs. Его можно сравнить с концепцией МККТТ "скорректированных эталонных эквивалентов", которая согласуется с реальным восприятием абонентом громкости. Канал с полосой частот 200–4000 Гц будет иметь меньшую величину CRE (скорректированного эталонного эквивалента), чем канал с полосой частот 300–3400 Гц, имеющий такое же затухание в средней части полосы. Эффект ограничения полосы частот учитывается коррекцией значений ширины полосы частот с использованием так называемых *D*-коэффициентов в соответствии с определенными правилами. [Однако величины *D*-коэффициентов МККТТ могут быть не совсем корректными, поскольку они были выведены на основании измерений с использованием фильтров SRAEN, которые являются характерными для современных каналов передачи [10].]

Учитывая современные тенденции улучшения характеристик низкочастотной части телефонных каналов, по-видимому, целесообразно при вычислениях показателя громкости LR использовать широкополосный метод с поправками.

Подобный метод будет описан ниже, он может быть применен при планировании передачи.

Показатели громкости LRs рассчитываются в основном для узкой "общей полосы" частот 0,3–3,4 кГц. Эти показатели можно суммировать без потери точности. Поправка, *E*-фактор, вычисляется на краях полосы передачи. Для получения "широкополосного" $OLR(W)$ *E*-фактор вычитается из OLR "общей полосы".

5.2 *E-фактор как поправка LR на краях полосы частот*

В общем в качестве показателя громкости можно принять "частотно-взвешенную среднюю величину" электроакустического затухания.

Согласно Рекомендации P.79 электроакустические характеристики должны определяться в полосе частот 0,1–8 кГц. По практическим соображениям вычисления часто ограничиваются полосой частот 0,2–4 кГц. (Весовые выборки W_i, таким образом, уменьшаются на 0,3 дБ.) Однако при всех условиях только в полосе частот 0,3–3,4 кГц можно реально гарантировать передачу сигналов. На краях полосы частот от 0,2 до 0,3 кГц и от 3,4 до 4 кГц затухание конкретной цепи в соединении может быть настолько сильным, что просто может произойти остановка связи. Это может привести к уменьшению на несколько децибелов субъективно измеренного показателя громкости речевого сигнала.

Для того чтобы надлежащим образом регулировать эту характеристику, следует определять электроакустические затухания отдельно для "общей полосы" 0,3–3,4 кГц и для краев полосы.

В общей полосе частот каждый тракт характеризуется взвешенным средним значением электроакустических потерь, то есть SLR, RLR или JLR, и LRs можно суммировать. Например, для цепи, приведенной на рис. 5-1 и состоящей из двух телефонных аппаратов, соединенных посредством нескольких трактов передачи, для любой точки стыка P между трактами справедливо следующее соотношение:

$$SLR_P = SLR_0 + \sum_{i=1}^{P} JLR_i$$
$$RLR_P = \sum_{i=P+1}^{P} JLR_i + RLR_0. \qquad (5\text{-}1)$$

(Любые виды затухания вследствие рассогласования в точках стыка следует рассматривать как особые формы JLRs.)

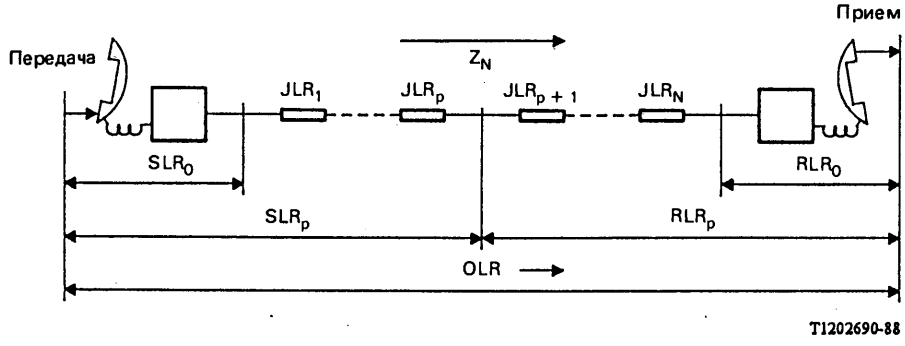


РИСУНОК 5-1

LRs при последовательном соединении трактов

На краях полосы частот соединение характеризуется его способностью передачи речевых сигналов, то есть E-фактором. Нулевым потерям на краях полосы частот соответствует E = 2,5 дБ. (Подробности см. ниже.)

Для полного соединения (рис. 5-1) общий показатель громкости таков:

В общей полосе 0,3–3,4 кГц $OLR = SLR + RLR$ (5-2)

В полной полосе 0,2–4 кГц $OLR(W) = OLR - E$ (5-3)

Ниже приводятся общие математические выражения для LRs и E-фактора. Там же показано, как применять их к телефонным аппаратам и различным трактам передачи.

E-фактор может обозначаться как "улучшение громкости".

5.3 *Общие математические выражения*

В общей полосе 0,3–3,4 кГц общий алгоритм LR можно записать так:

$$LR = L_0 + \bar{L} \qquad (5\text{-}4)$$

$$\bar{L} = -\frac{10}{m} \log_{10} \sum_{i=1}^{N} K_i \cdot 10^{-0,1mL_i} \qquad (5\text{-}5)$$

(суммирование производится для f_i = 0,315...3,15 третьоктавных частот, рекомендованных ISO),

где:

L_i – величины электроакустических потерь для рассматриваемого LR,

L_0, K_i, m – постоянные, описываемые ниже.

Примечание. – Уравнения 5-4 и 5-5 являются математическим эквивалентом "алгоритма W_i", как это объясняется в [11], однако они более удобны для использования в дальнейшем.

При умеренном расхождении между минимальным и максимальным значениями L_i может быть использовано следующее выражение для $\bar{L}$.

$$\bar{L} = \sum_{i=1}^{11} K_i L_i. \tag{5-6}$$

Общий показатель громкости в полной полосе частот 0,2–4 кГц дается уравнением 5-3, то есть:

$$OLR(W) = OLR - E.$$

Выражение для E-фактора:

$$E = C_1 \cdot 10^{-0,1m(L_{01} - \bar{L})} + C_2 \cdot 10^{-0,1m(L_{02} - \bar{L})} + C_3 \cdot 10^{-0,1m(L_{03} - \bar{L})}, \tag{5-7}$$

где:

L_{01}, L_{02}, L_{03} – потери на краях полосы частот при 0,2; 0,25 и 4 кГц соответственно.

C_1, C_2 и C_3 – постоянные, определяемые ниже (см. Дополнение А).

Постоянные уравнений 5-4 и 5-5 в принципе могут быть получены из любого из определенных алгоритмов LR. Однако Рекомендация P.79 менее подходит для использования в контексте планирования передачи вследствие недостаточной точности, как это обсуждается в [11] и [7]. Очень простой алгоритм, обозначенный "*C*" в [11], вероятно, будет таким же точным, как любой другой ранее исследованный алгоритм, и поэтому он здесь используется. (Если преимущество состоит также в том, что он напоминает объективный показатель громкости IEEE.)

Постоянные, используемые в уравнениях (5-4), (5-5), (5-6) и (5-7), приведены в таблицах 5-1 и 5-2.

ТАБЛИЦА 5-1

Постоянные, используемые в уравнениях (5-4), (5-5) и (5-6)

$K_i = 0,05$ для $f_i = 0,315$ и 3,15 кГц

$K_i = 0,1$ для $f_i = 0,4$; 0,5...2; 2,25 кГц

$m = 0,2$

LR	SLR	RLR	OLR	JLR
L_0	–3	12	9	0

ТАБЛИЦА 5-2

Постоянные, используемые в уравнении (5-7)

$C_1 = 0,5$	$C_2 = 1$	$C_3 = 1$

Таким образом, идеально плоская акустическая частотная характеристика "рот–ухо" в полосе частот 0,2–4 кГц будет выражаться как E = 0,5 + 1 + 1 = 2,5 дБ, то есть $OLR(W)$ на 2,5 дБ ниже, чем OLR для "плоского" канала в границах 0,3–3,4 кГц.

Далее, E-фактор вычисляется для некоторых случаев, включая "широкополосные" и "узкополосные" телефонные аппараты, в комбинации с различными типами трактов передачи. Из этого вытекает, что для приближенного определения E-фактора могут устанавливаться некоторые довольно простые правила.

5.4 *Телефонные аппараты*

Предположим, что канал передачи между телефонными аппаратами на передаче и приеме является "плоским" в пределах полосы частот 0,2–4 кГц. В этом случае E-фактор, коэффициент улучшения громкости, является оценкой ширины полосы частот аппаратов. Обозначим его E_T. В таблице 5-3 приводятся некоторые примеры. Следует отметить, что разброс значений E от средней величины 1,3 является умеренным.

ТАБЛИЦА 5-3

Примеры Е-факторов для некоторых телефонных аппаратов

Тип аппарата		E_T
1)	Угольный микрофон устаревшего типа	1,9
2)	Угольный микрофон устаревшего типа	1,5
3)	Угольный микрофон устаревшего типа	1,1
4)	Тип 500 W.E.	1,3
5)	Электретный микрофон	1,8
6)	Цифровой аппарат; новая спецификация	0,8
7)	Средняя величина для 90 типов аппаратов	1,3

5.5 *Тракты передачи*

Для того чтобы характеризовать улучшение уровня громкости в трактах передачи как таковых, предпочтительнее вычислять E-фактор при условии, что в полосе частот 0,2–4 кГц телефонные аппараты имеют плоскую амплитудно-частотную характеристику. Обозначим E-фактор этого канала передачи как E_C. В § 5.6 вычисленный E-фактор используется для различных типичных комбинаций E_T и E_C.

При последовательном соединении нескольких трактов передачи может иметь место рассогласование. Однако эти явления можно ослабить, используя для этого в абонентских сетях полные номинальные сопротивления, как это уже делают многие администрации.

В общем потери на рассогласование могут быть учтены с помощью вычисления их показателей $JLRs$.

В соответствии с уравнениями (5-4), (5-5) и таблицей 5-1 характеристика "общая полоса" определяется при помощи показателей $JLR=\overline{L}$. Поскольку большие амплитудно-частотные искажения внутри этой полосы не допускаются, для вычисления $\overline{L}$ можно использовать очень простое уравнение (5-6). (Интересно отметить, что фактически это соответствует усреднению затухания по логарифмической шкале частот f, методу, давно подтвержденному эмпирическим путем.)

Если несколько трактов соединены последовательно, то, естественно, величина E_C может быть вычислена исходя из общих потерь на краях полосы частот. Однако для комбинации индивидуальных E_C-факторов для JRL можно использовать некоторые простые приближенные правила.

5.5.1 *Абонентские кабели*

Вызывает удивление, что кривая типичного затухания абонентского непупинизированного кабеля дает такое же улучшение громкости, как и канал с полной полосой частот, то есть E_C = 2,5 дБ. Это происходит от того, что на нижнем крае полосы частот затухание меньше средней величины $\overline{L}$; это затухание уравновешивается более высоким затуханием на верхнем крае полосы.

Если абонентский кабель соединяется последовательно с узкополосным устройством, для этого устройства применяется E_C-фактор.

5.5.2 *Оборудование ограничения полосы частот*

Ограничение полосы частот в телефонном соединении может быть вызвано абонентскими кабелями с сильной пупинизацией, оборудованием с частотным разделением каналов (FDM) и импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ). На рис. 5-2 приводятся некоторые идеализированные кривые затухания, для которых вычислены E_C-факторы.

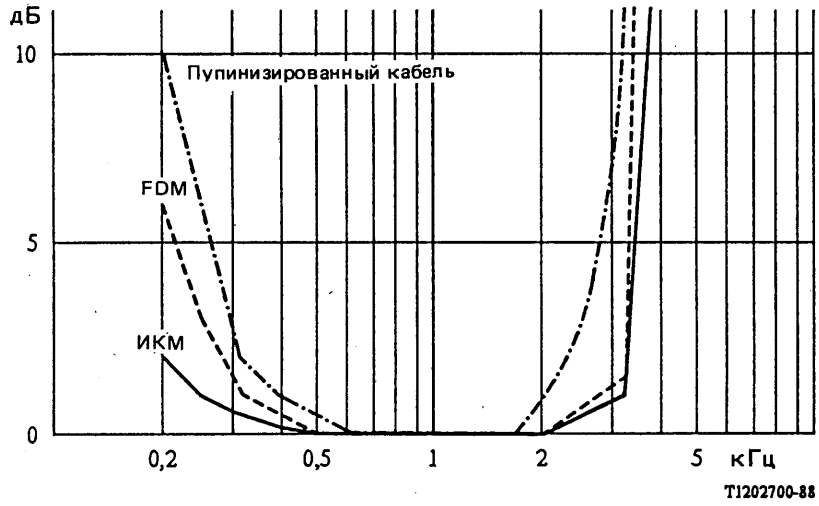


РИСУНОК 5-2

Примеры оборудования с ограничением полосы частот: идеализированные кривые затухания для ИКМ, FDM и абонентского кабеля с сильной пупинизацией

Для кривых затухания, представленных на рис. 5-2, были получены следующие величины E_C:

	E_C
Абонентский кабель с сильной пупинизацией	1,2 дБ
1 тракт с частотным разделением каналов (FDM)	1,4 дБ
1 тракт с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ)	1,9 дБ

Если несколько трактов с импульсно-кодовой модуляцией и частотным разделением каналов соединены последовательно, то получаются величины E_C, представленные в таблице 5-4.

5.6 *Полные соединения*

Улучшение громкости, *E*-фактор, был вычислен для некоторого числа комбинаций телефонных аппаратов и трактов передачи. Для каждой телефонной характеристики "общий" *E*-фактор наносился относительно "канального" E_C-фактора. Результаты представлены на рис. 5-3 и 5-4.

ТАБЛИЦА 5-4

E_C для последовательных соединений трактов с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ) и частотным разделением каналов (FDM)

Количество трактов ИКМ / Количество трактов FDM	0	1	2	3	4	5
0	2,5	1,9	1,6	1,4	1,3	1,2
1	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0
2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8
3	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7
4	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6
5	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5

Рис. 5-3 воспроизводит *E*-фактор для "средних" аналоговых и "цифровых" телефонных аппаратов. (Термин "средний" взят как средняя величина измерений 90 различных типов коммерческих телефонных аппаратов. Термин "цифровой" соответствует новой спецификации МККТТ для цифровых аппаратов.)

На рис. 5-4 показан разброс величин *E*-фактора для некоторого количества широко варьируемых характеристик аналоговых телефонных аппаратов. (Следует отметить, что, несмотря на это, разброс вполне умеренный.)

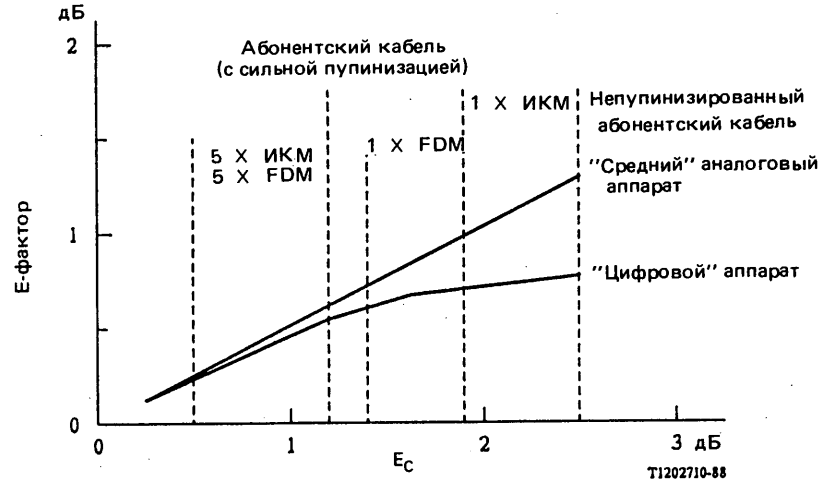


РИСУНОК 5-3

E-фактор в зависимости от канального E_C для "средних" аналоговых и цифровых аппаратов

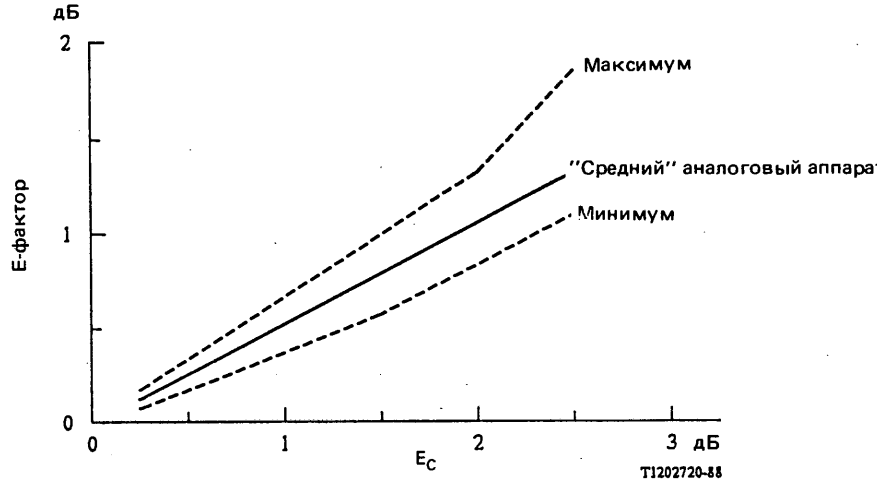


РИСУНОК 5-4

Е-фактор в зависимости от E_C-канала для "типичных" аналоговых аппаратов

При рассмотрении общих потребностей планирования передач едва ли есть необходимость в оценке точности величины улучшения громкости, *Е*-фактора, большей чем 0,5 дБ. Поэтому вместо расчета величины Е для каждого случая можно следовать правилам, приведенным в таблицах 5-5 и 5-6, для аналоговых и цифровых аппаратов соответственно.

ТАБЛИЦА 5-5

Е-фактор, аналоговые аппараты

Е	Последовательные соединения
1,5	Абонентский кабель, непупинизированный
1,0	1 × ИКМ, ..., 3 × ИКМ 1 × FDM
0,5	Абонентский кабель с сильной пупинизацией
	4 × ИКМ 2 × FDM
0	5 × ИКМ + 5 × FDM

Примечание. – Участки непупинизированного абонентского кабеля на *Е*-фактор не влияют.

ТАБЛИЦА 5-6

Е-фактор, цифровые аппараты

E	Последовательные соединения
1,0	Все цифровые соединения
0,5	От 1 соединения D/A–A/D до 6 D/A–A/D соединений
0	7 соединений D/A–A/D

5.7 *Выводы*

Лицо, планирующее передачу, может получить показатели громкости при помощи очень простых численных методов: вычислением и сложением отдельных LRs для "общей полосы" 0,3–3,4 кГц и внесением коррекции для передачи на краях полосы частот путем вычитания *E*-фактора. *E*-фактор определяется некоторыми несложными правилами.

Можно ожидать более точных результатов, чем расчеты, основанные на данных Рекомендации Р.79.

6 **Алгоритмы для планирования передачи** (вклад Ellemtel, Швеция)

В данном разделе сравниваются показатели громкости, рассчитанные при помощи алгоритмов в стандартах IEEE, OREM-8 и Рекомендации Р.79, с Р.79А, представляющей собой адаптацию к Рекомендации Р.79 для планирования передачи. Вычисления охватывали характеристики 71 телефонного аппарата различных типов и 27 случаев амплитудно-частотных искажений абонентского кабеля.

Результаты показывают, что в типичных ситуациях при планировании передачи показатели громкости, рассчитываемые при помощи Р.79А, непосредственно связаны с другими стандартами. Кроме того, Р.79А имеет наилучшую точность при аддитивном сложении и самую простую форму. Поэтому администрациям рекомендуется провести некоторые сравнительные исследования с использованием при планировании передачи этого алгоритма Р.79А.

6.1 *Введение*

В данном вкладе представлены некоторые предварительные сравнения различных методов определения потери громкости при планировании передачи в телефонных сетях (однако здесь не рассматриваются алгоритмы местного эффекта). Эти методы основываются на объективных измерениях с применением телефонных измерительных приборов.

Лица, планирующие передачу, должны руководствоваться некоторыми основополагающими требованиями:

1) получать значимый и надежный показатель качества передачи телефонных разговоров, касающийся акустического затухания между ртом говорящего абонента и ухом слушающего абонента;

2) оценивать отдельные участки соединения численными величинами таким способом, чтобы их сумма была равна акустическому затуханию полного соединения ;

3) обеспечивать надежное, недорогое определение числовых величин, соблюдая при этом достаточную точность измерений.

Третье требование означает, что для контроля качества и ежедневного использования следует рассматривать только объективные электроакустические измерения. Естественно, что ранее для установления общего уровня эталона субъективные измерения были абсолютно необходимы. Однако их проведение требует больших финансовых затрат и дает намного менее повторяющиеся результаты даже при благоприятных условиях. Например, начиная с последних месяцев 1981 года в лаборатории МККТТ периодически проводились субъективные эталонные эквивалентные измерения на одном и том же стабильном телефонном аппарате. Величины со временем имели, по-видимому, тенденцию к медленным колебаниям в пределах 3 дБ. См. [12].

6.2 *Различные методы определения громкости*

Объективные измерения электроакустических потерь (или чувствительности) являются основой для некоторых методов планирования, используемых администрациями для своих национальных сетей. Наиболее важные методы определения этих "показателей громкости" приводятся ниже в последовательности наиболее широкого их применения.

1) *Стандарт IEEE.* В настоящее время используется в США и Канаде. Хорошо документирован и обеспечен измерительными приборами (см. § 1 и [1]).

2) *Стандарт OREM-B* (в различных вариантах). В настоящее время одним из учреждений по стандартизации Федеративной Республики Германии тщательно пересматривается наиболее оптимальный вариант.

3) *Эталонные эквиваленты,* однако определяются объективно при помощи некоторых видов измерительных приборов. Следует отметить, что "эталонное затухание" в соединительной линии часто определяется как средняя величина в дБ по логарифмической частотной шкале.

4) Рекомендация P.79. Это "самый молодой" стандарт. В Соединенном Королевстве накоплен огромный опыт по его применению. С точки зрения лиц, планирующих передачу, этот метод следует несколько улучшить, и возможные пути его модификации рассматриваются в [13].

Несомненно, чтобы обеспечить качество громкости телефонных разговоров в международных соединениях, желательно, чтобы администрации использовали совместимые или преимущественно идентичные методы оценки показателей громкости. Цель этого положения состоит в том, чтобы показать, что для планирования передачи измененный, или дополненный, вариант Рекомендации P.79 совместим со стандартами IEEE, OREM-B и первоначальной Рек. P.79, а также с некоторыми аспектами применения эталонных эквивалентов. Кроме того, этот измененный алгоритм P.79 более прост при вычислениях. (Принципы вычисления приведены в [13] и в § 5.)

При планировании передачи самыми важными параметрами громкости являются показатели громкости передачи, приема и соединительной линии. Следует иметь в виду, что показатели громкости передачи и приема в целях планирования передачи *не следует* связывать исключительно с субъективными величинами, определяемыми путем сравнения с несколькими экземплярами эталонных телефонных систем. Важным аспектом этого является то, что сложение показателей громкости (передача + прием + соединительная линия) дает точно общий показатель громкости (OLR), который в свою очередь должен иметь хорошую корреляцию с субъективными измерениями. (Однако это не означает, что различные страны могут использовать различные показатели, которые подразделяют OLR иным способом!)

Какой порядок необходим для точности вычисления? По отношению к аддитивности показателей громкости, как и для установки ограничений в национальном плане передачи, точность в 0,5 дБ, возможно, будет достаточной. Для совместимости различных стандартов величина 1,5 дБ, по-видимому, будет достаточной. (Однако производственные допуски показателей громкости для телефонных аппаратов могут быть намного больше.)

6.3 *Основы методов расчета показателей громкости*

Физиологическая основа методов расчета показателей громкости заключается в следующем:

Ухо функционирует как банк узкополосных фильтров. (Примерно 64 эквивалентных фильтра с шириной полосы частот 50–500 Гц называются "критическими полосами частот".) Порция звуковой энергии, превышающей порог слышимости, поступает в мозг человека как раздражитель только в определенной полосе частот. Мозг синтезирует все сигналы с выходов фильтров в сложный звук (такой как человеческий голос), и создается ощущение громкости.

Вклад каждого фильтра пропорционален его выходной мощности в степени m, при величине m порядка 0,2–0,3 для нормальных уровней речи. При очень низких уровнях, приближающихся к порогу слышимости, так же как и при очень высоких уровнях, показатель m равен 1, соответственно сложению по мощности. Однако важно отметить, что более слабые спектральные составляющие нормальной телефонной речи делают больший вклад в общее ощущение громкости, чем если бы они складывались по мощности. Фактически они приблизительно складываются по линейной шкале дБ.

Более полная теория слуха, по Цвикеру, также учитывает некоторые маскирующие эффекты между раздражителями от различных полос частот. Однако для телефонной передачи метод Цвикера, по-видимому, не может дать более хорошее совпадение с результатами субъективных испытаний. См. [11] и [7].

В действующем телефонном соединении восприятие громкости слушающим зависит от кривой чувствительности по частоте его собственного слуха и речевого спектра говорящего. Таким образом, в общем показателе громкости должна учитываться статистическая средняя величина человеческого фактора.

Рассматриваемые алгоритмы показателя громкости могут быть выражены в следующей форме:

$$LR = L_0 + \overline{L} \tag{6-1a}$$

$$\overline{L} = -\frac{10}{m}\log_{10}\sum_{i=1}^{N} K_i \cdot 10^{-0,1mL_i} \tag{6-1b}$$

где:

$$\sum_{i=1}^{N} K_i = 1. \tag{6-2}$$

L_0, m и K_i – постоянные. Индекс "i" относится к частоте f_i.

L_i – соответствующие измеренные и/или вычисленные электроакустические потери в дБ для показателей громкости передачи, приема, общего и соединения соответственно.

Коэффициенты K_i зависят от "средних" характеристик речи и слуха, некоторых средних характеристик передачи типовой цепи, а также от разноса частот f_i. Таким образом, коэффициенты K_i в общем зависят от частоты и имеют пропорционально низкие значения на краях полосы частот. (Пример определения K_i приведен в [6].) Однако точная форма изменений K_i не является окончательной, что будет показано в дальнейшем.

Правильное представление математической сущности формулы показателя громкости можно получить на основании разложения в ряд Тейлора. Положим

$$L_m = \sum_{i=1}^{N} K_i \cdot L_i. \tag{6-3}$$

Уравнение (6-1b) может быть записано как

$$\overline{L} = L_m - a\sum_{i=1}^{N} K_i(L_i - L_m)^2 \tag{6-4}$$

без учета членов более высокого порядка. Имеем

$$a = \frac{m}{20}\ln(10) = 0,115\,m. \tag{6-5}$$

Коэффициент a мал, составляет 0,02–0,03 при m – в пределах 0,175–0,3.

Таким образом, точная величина m не является критичной, что будет численно показано ниже. Фактически вторым членом в уравнении (6-4) можно пренебречь, если величины L_i отклоняются от средней величины L_m лишь умеренно, что характерно для большинства телефонных характеристик передачи и приема.

Этим объясняется, почему для получения общего показателя громкости следует суммировать показатели громкости передачи, приема и соединительной линии, при условии, что резкое ограничение полосы не включается в диапазон частот.

Умеренные колебания коэффициентов K_i между различными алгоритмами могут, конечно, интерпретироваться как небольшие поправочные члены, суммируемые с L_i. Таким образом можно предположить, что результаты, полученные при различных алгоритмах, будут отличаться только некоторыми постоянными, совершенно независимыми от характеристик телефонных аппаратов.

И другие поправки, включая небольшую зависимость от частоты, также могут рассматриваться как константы, суммируемые с показателями громкости (например, акустическая утечка между раковиной микротелефонной трубки и ухом абонента, различия между измерительными приборами и т. д.).

На практике ширина полосы передачи в телефонном соединении, конечно, может быть различной в зависимости от типа включенных трактов. Рассуждения о практическом применении этого метода при определении показателя громкости приведены в [13] и в § 5, которые являются основой к изменениям Рек. 79.

Для исследования свойств различных алгоритмов показателя громкости полезно произвести расчеты характеристик некоторого количества типовых телефонных аппаратов. Для получения статистической картины использовались 71 значительно различающиеся характеристики. Подробности см. в Приложении В.

6.4 *Частные замечания относительно некоторых алгоритмов*

Алгоритмы рассматриваются только математически. Различия в процессе измерений здесь не рассматриваются. Статистические данные относятся к вычислениям с использованием 71 различных характеристик, как это отмечено выше. Вычисления проводились с точностью 0,01 дБ только для того, чтобы дать ясное представление о различиях. Конечно, применять на практике такую "точность" нет необходимости.

6.4.1 *Стандарт IEEE*

Вычисления производятся в диапазоне 0,3–3,4 кГц при $m = 0{,}22$. K_i-взвешивание является плоским при логарифмической частотной шкале, то есть все величины K_i равны, за исключением крайних точек, в которых они равны половине своей величины. (С физиологической точки зрения взвешивание на краях полосы должно несколько убывать.)

В приведенных здесь расчетах использовались 43 частотные точки.

6.4.2 *Стандарт OREM*

Измерения величин по OREM традиционно проводились с использованием специальных электроакустических приборов. Однако недавно компания FTZ в Федеративной Республике Германии нашла возможным рассчитывать величины OREM-B в соответствии с уравнением (6-1), используя для этого кривые измеренной чувствительности [14].

Вычисления производятся в диапазоне 0,2–4 кГц при $m = 0{,}3$. K_i-взвешивание является плоским при логарифмической частотной шкале, как и по методу IEEE, однако в уравнении (6-1) для показателей громкости передачи и общего затухание фильтра SFERT суммируется с величиной L_i. Использовались 53 частотные точки.

6.4.3 *Стандарт Рек. P.79*

При вычислениях чаще всего используется диапазон 0,2–4 кГц при $m = 0{,}175$. Постоянные L_0 и K_i трансформируются в так называемые W_i-веса, которые суммируются с величинами L_i. Акустическая утечка между раковиной микротелефонной трубки и ухом абонента L_E учитывается при расчетах RLR и OLR.

Величины W_i, разумеется, внесены в Рекомендацию P.79, а соответствующие величины K_i воспроизведены на схемах в [7]. Здесь использовались 14 частот, разнесенных на $^1/_3$ октавы.

Постоянные в Рек. P.79 использовались с целью согласования расчетных показателей громкости с соответствующими субъективными величинами, полученными *специальной* испытательной группой МККТТ несколько лет назад. Поэтому в некоторых отношениях Рек. P.79 не полностью отображает субъективные величины, полученные "обычными" людьми. В Рек. P.79 придается слишком большое значение нижним частотам и весовые коэффициенты имеют некоторые специфические неправильности. (См. в дискуссионном порядке [11] и [7].) Кроме того, если в каком-либо соединении содержатся тракты с различной шириной полосы частот, может возникнуть некоторая неоднозначность.

При практическом применении Рек. P.79 очень часто используются компьютерные программы. Входными данными являются кривые чувствительности телефонных аппаратов и цепочка матричных данных отдельных трактов, а показатели SLR и RLR вычисляются применительно к интерфейсу с оконечной нагрузкой 600 ом (которая, между прочим, может не являться номинальным сопротивлением в этой точке!). JLR рассчитывается редко.

6.4.4 *Улучшенный стандарт Рек. P.79: P.79A*

Детали этого предложения приведены в [13].

Используются 11 частот, разнесенных на $^1/_3$ октавы. Вычисление начинается с частоты 0,315 кГц и заканчивается частотой 3,15 кГц, фактически расширяя диапазон с 0,3 до 3,4 кГц.

Коэффициенты K_i равны 0,1, за исключением оконечных точек, в которых они равны 0,05. Таким образом, это трапецеидальное взвешивание до некоторой степени учитывает физиологические факторы речевого спектра и кривых чувствительности слуха.

Показатель громкости для последовательно соединенных трактов с шириной полосы частот большей, чем полоса 0,3–3,4 кГц, учитывается E-фактором "улучшения громкости", который вычитается из величины ORL.

При более "точном" варианте улучшения $m = 0{,}2$. Этот вариант определен здесь как "P.79A1".

При более простом подходе предположим, что $m = 0$, то есть используем средневзвешенное затухание в соответствии с уравнением (6-3). Этот вариант определен здесь как "P.79A".

В уравнении (6-1) постоянная L_0 равна:

для SLR: – 3,

для RLR: 12,

для OLR: 9,

для JLR: 0.

При использовании P.79A1 и P.79A нет большой необходимости в сложных компьютерных программах. Величины LRs отдельных трактов могут суммироваться с высокой точностью.

6.4.5 *Зависимость от величины m*

Обозначение "d" используется для иллюстрации изменения показателя громкости в зависимости от коэффициента m. "Нормальная" величина одного конкретного стандарта соответствует $d = 0$.

Из таблицы 6-1 явствует, что выбор величины m не является очень критичным. Это объясняет, почему P.79A1 при $m = 0{,}2$, а P.79A при $m = 0$ почти эквивалентны.

ТАБЛИЦА 6-1

Величины d (то есть изменения LR) в зависимости от m

(Статистические данные измерений характеристик 71 телефонного аппарата)

Стандарт	m	Передача		Прием	
		Среднее значение	Станд. отклон.	Среднее значение	Станд. отклон.
IEEE	0,175 0,2 0,22	–0,15 –0,05 0	0,05 0,02 0	–0,22 –0,08 0	0,02 0,01 0
OREM-B	0,175 0,2 0,3	–0,21 –0,13 0	0,13 0,10 0	–0,22 –0,14 0	0,11 0,08 0
P.79A1	0,02 0,175 0,2	0,33 0,05 0	0,21 0,03 0	0,07 0,01 0	0,07 0,01 0

6.4.6 *Аддитивные свойства*

Доказательством того, насколько хорошо некий алгоритм подходит для планирования, служит степень соответствия суммы показателей передачи, приема и соединения общему показателю. Разность между OLR и суммой SLR + JLR + RLR обозначается символом "D".

Особое внимание обращается на то, как рассматривать ширину различных полос трактов. В местных, аналоговых сетях диапазоном передачи может быть полоса 0,2–4 кГц. В сетях дальней связи (включая международные линии) полоса частот передачи не должна выходить за пределы 0,3–3,4 кГц. В современных системах импульсно-кодовой модуляции, цифровых коммутаторах и т. д. эффективная полоса ограничивается диапазоном от 0,2 до 3,4 кГц.

Стандарт IEEE использует только "узкую полосу" 0,3–3,4 кГц.

Для расчетов SLR, RLR и JLR улучшенный стандарт P.79 (P.79A1 и P.79A) использует эту же "узкую полосу". Если реальная полоса передачи шире, то сумма уменьшается на "коэффициент улучшения передачи" *E* с целью получения OLR, который имеет хорошую корреляцию с субъективным восприятием громкости. (См. [13] и § 5.)

Немодифицированный стандарт P.79 использует на практике диапазон 0,2–4 кГц. В зависимости от ширины полосы трактов и выбора интерфейса, которые используются при расчетах SLR и RLR, может возникать некоторая неоднозначность.

Величины *D* представлены в таблице 6-2, и в целях упрощения считается, что рассматриваемая соединительная линия имеет равномерную частотную характеристику по всей рассматриваемой полосе частот.

Следует иметь в виду, что при применении стандарта P.79 к "узкополосным" соединениям, которые имеют место, например, при международных разговорах, могут возникать большие ошибки.

Стандарт IEEE имеет вторую (по степени "наихудшести") характеристику аддитивности. (Однако практически эта характеристика, безусловно, вполне удовлетворительна.)

ТАБЛИЦА 6-2

Величина D = OLR-SLR-RLR; JLR = 0

(Статистические данные по измерениям характеристик 71 телефонного аппарата)

Алгоритм	Полоса (кГц)	D (среднее значение)	Стандартное отклонение	D (макс.)	D (мин.)
IEEE	0,3–3,4	0,84	0,24	1,42	0,08
OREM-B	0,2–4	0,19	0,24	0,62	– 0,48
P.79	0,2–4	– 0,48	0,19	– 0,11	– 0,98
P.79	0,2–3,4	– 0,12	0,13	0,17	0,56
P.79	0,3–3,4	– 1,78	0,09	– 1,60	– 2,09
P.79A1	0,3–3,4	– 0,06	0,20	0,45	– 0,70
P.79A	0,3–3,4	0	0	0	0

6.5 *Численное сравнение показателей громкости различных стандартов*

6.5.1 *Алгоритм P.79*

С точки зрения лиц, планирующих передачу, использование простого алгоритма P.79A показателя громкости кажется привлекательным. Сравнение с результатами, полученными при применении "нормального" алгоритма P.79, вызывает, таким образом, особый интерес.

В таблице 6-3 представлена разница между SLR, RLR и OLR для соединений, имеющих различную ширину полос. (Предполагается, однако, что в пределах полосы пропускания частотная характеристика будет равномерной.)

ТАБЛИЦА 6-3

Величины D = LR(P.79)-LR(P.79A)

(Статистические данные по измерениям характеристик 71 телефонного аппарата)

LR	Полоса (кГц)	D (среднее значение)	Стандартное отклонение	D (макс.)	D (мин.)
SLR	0,2–4 0,2–3,4 0,3–3,4	– 1,12 – 0,93 1,0	0,53 0,55 9,38	0,15 0,32 1,68	– 2,61 – 2,47 – 0,03
RLR	0,2–4 0,2–3,4 0,3–3,4	– 0,65 – 0,46 1,52	0,46 0,47 0,31	0,43 0,61 2,06	1,95 – 1,73 0,55
OLR	0,2–4 0,2–3,4 0,3–3,4	– 0,85 – 0,77 0,75	0,69 0,71 0,54	0,58 0,72 1,78	– 2,57 – 2,54 – 0,59

Как видно из таблицы 6-3, алгоритмы P.79 и P.79A примерно равноценны, принимая во внимание неоднозначность ширины полосы частот при P.79. Возможно, при этих алгоритмах мы получим те же числовые величины (в их среднем значении) для соединения, имеющего более узкую эффективную полосу, чем полоса 0,2–3,4 кГц, но шире полосы 0,3–3,4 кГц, то есть случай, часто встречающийся на практике.

Как отмечалось ранее, при практическом применении алгоритма P.79 JLR (показатель громкости соединительной линии) не имеет большого значения. Фактически JLR (P.79) может дать до некоторой степени ошибочные результаты из-за особеностей алгоритма при измерениях по краям полосы, что отмечалось выше.

Величины JLR, рассчитанные при помощи алгоритмов P.79A1 и P.79A, более полезны для проектировщиков сетей по нескольким причинам. Характеристики аддитивности имеют лучшие показатели, и некоторые предыдущие исследования показали их хорошую согласованность с субъективными измерениями потерь громкости (см. [15]). (Фактически Шведская Администрация использует подобные алгоритмы в течение 20 лет.)

Можно смело предположить, что более "полный" алгоритм P.79A1 может дать теснейшее согласование с субъективными измерениями JLR. Для планирования передачи будет интересно провести сравнение с:

a) результатами JLR при использовании еще более простого алгоритма P.79A;

b) потерями в цепи, определенными разностью между относительными уровнями (= L_1).

При равномерной частотной характеристике все эти величины, несомненно, идентичны. Однако типовой непупинизированный абонентский кабель является причиной возникновения в телефонном канале бóльших искажений затухания. Было проведено 27 экспериментов, включая различные диаметры кабеля, сопротивление постоянному току (длины) и оконечные нагрузки.

Исходные данные кабеля при этих экспериментах следующие: емкость – 45 нФ/км; диаметры – 0,4; 0,5; 0,7 мм; длины, соответствующие сопротивлениям постоянному току, 300, 600 и 1200 ом. Нагрузочные сопротивления равнялись 600, 900 ом и представляли собой типовое комплексное полное сопротивление (200 ом последовательно с параллельным соединением сопротивления 820 ом и емкости 115 нФ).

Разность при расчете JLR с использованием двух алгоритмов представлена на рис. 6-1 в зависимости от частотных искажений за счет затухания в кабеле, то есть разность между затуханием на частотах 4 кГц и 0,2 кГц. (При такой же длине кабеля комплексное полное сопротивление дает наибольшие искажения. На практике искажений, превышающих примерно 15 дБ, следует избегать по разным причинам.)

Как видно из рис. 6-1, алгоритм P.79A достаточно точен и может использоваться для расчетов JLR при разностях менее 0,3 дБ для искажений до 15 дБ.

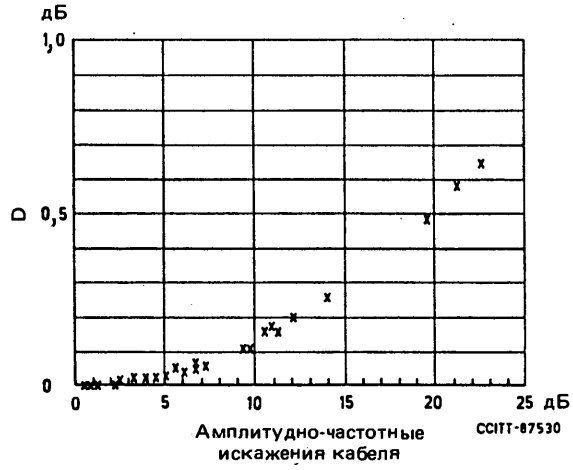


РИСУНОК 6-1

D = JLR(P.79A) – JLR(P.79A1) для абонентских кабелей

В соответствии с определением МККТТ (даже для полного оконечного сопротивления) затухание абонентского кабеля, обозначенное через L_1, являющееся разностью относительных уровней, представляет собой (составное) затухание на частоте 1 кГц. На рис. 6-2 показано, что разность для "истинной" величины JLR всегда меньше 1 дБ и, вероятно, менее 0,5 дБ в большинстве практических случаев.

Таким образом, разность относительных уровней L_1 также может быть использована с хорошей степенью точности в качестве критерия изменений показателя громкости, JLR. Это облегчает задачу при планировании сети.

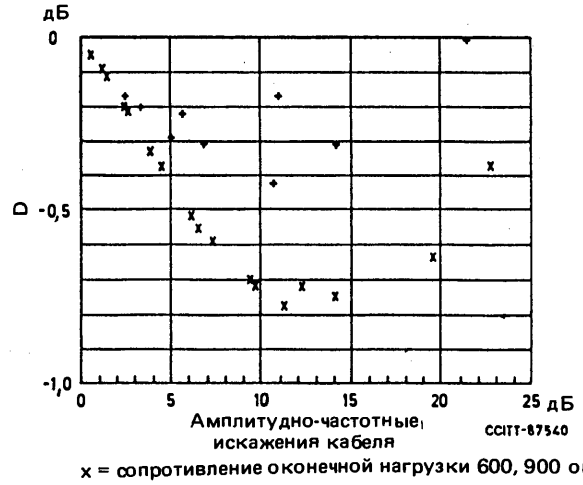


РИСУНОК 6-2

D = L_1 – JLR(P.79A1) для абонентских кабелей.
L_1, разница в относительных уровнях, равна затуханию на частоте 1 кГц

6.5.2 *Алгоритмы IEEE и OREM-B*

До какой степени можно будет производить простые преобразования между стандартами P. 79A, IEEE и OREM-B? То есть какова разность

$$D = LR - LR(\text{P.79A})? \tag{6-6}$$

Представляют интерес средняя величина D (средн.) и стандартное отклонение для характеристик типовых телефонных аппаратов. Поскольку возможные различия в измерениях установок пока еще не исследованы, в настоящее время следует изучить только стандартные отклонения.

Результаты вычислений представлены в таблице 6-4. Стандартные отклонения очень невелики, и это говорит о том, что в действительности будет вполне вероятно произвести простые преобразования.

ТАБЛИЦА 6-4

Стандартное отклонение [LR-LR(P.79A)]

(Статистические данные по измерениям характеристик 71 телефонного аппарата)

Стандарт	LR	Полоса (кГц)	Стандартное отклонение
IEEE	На передаче На приеме Общий	0,3–3,4	0,31 0,1 0,4
OREM-B	На передаче На приеме Общий	0,2–4	0,52 0,38 0,5

6.6 *Выводы*

Было изучено и признано адекватным для целей планирования передачи предложенное изменение, P.79A, к Рекомендации P.79 относительно показателей громкости. (В основном алгоритм P.79A соответствует средневзвешенной величине в дБ по логарифмической шкале частот.) См. § 6.4.4 и [13].

Алгоритм P.79A предназначен для того, чтобы обеспечивать с достаточной точностью величины, численно равные значениям в соответствии с алгоритмом P.79, в типичных ситуациях планирования передачи. Можно предположить с полным основанием, что алгоритм P.79A больше подойдет для вычисления субъективных величин, чем P.79.

Также представляется возможным произвести простые преобразования показателей громкости по алгоритмам P.79A, IEEE и OREM-B.

Алгоритм P.79A как простейшая форма имеет наилучшую аддитивную точность.

Поэтому администрациям настоятельно предлагается провести некоторые сравнительные исследования, используя при планировании передачи этот алгоритм P.79A.

7 **Информация относительно метода Цвикера по вычислениям показателя громкости, применяемого Французской Администрацией** (Вклад Французской Администрации)

7.1 *Введение*

Метод, рекомендуемый для оценки качества связи по громкости, называется методом показателя громкости (LR). Субъективное определение этих эквивалентов описано в Рекомендации P.78, а объективное определение – в Рекомендации P.79.

Однако используются и другие параметры (например, R25E), и для преобразования этих параметров в LR единой формулы не существует. Поэтому будет полезно представить описание, каким образом обе величины (то есть R25E и LR) могут быть объективно измерены для какого-либо конкретного оборудования.

В данном разделе описан метод объективной оценки потерь громкости (эквиваленты R25 и показатели громкости), используемый Французской Администрацией, как было отмечено в Отчете Исследовательской комиссии XII/3 в Boglarlelle, май 1987 г. (пересмотренный TD64).

7.2 *Характеристики метода*

Вычисление уровня громкости сигналов стационарного оборудования с использованием алгоритма Цвикера, при объективных измерениях эквивалентов R25 и LR, дает результаты, близкие к полученным при использовании соответствующих методов субъективной оценки [16].

Одной из специфических характеристик этого алгоритма является возможность его использования для сравнения громкости систем, в которых ширина частоты передачи не находится в пределах 300–3400 Гц.

Адаптация алгоритма Цвикера к монауральному и бинауральному режимам прослушивания соответственно используется для оценки различных типов оконечных устройств: телефонов с микротелефонной трубкой [16], головных телефонов оператора [17] и громкоговорящих телефонов [18].

Для измерения сигналов в нелинейных системах важно использовать "сложные" голоса в соответствии с Рекомендацией P. 51. При оценке громкоговорящих телефонов (без микротелефонной трубки) [19] и использовании таких голосов на входе этот алгоритм дал удовлетворительные результаты.

7.3 *Принцип алгоритма Цвикера при расчете громкости*

Метод основан на использовании метода в ISO Рек. 532 (метод Цвикера).

7.3.1 *Основные факторы, принимаемые во внимание при расчете громкости*

Алгоритм устанавливает взаимосвязь между раздражителем (физический фактор) и восприятием аудитора (психоакустический фактор). Громкость составляется из трех основных явлений: критических полос, маскирующего эффекта и уровней равной громкости.

7.3.1.1 *Критические полосы*

В человеческом ухе широкополосные звуки кажутся более громкими, чем чистые или узкополосные звуки с теми же самыми уровнями акустического давления. Можно также доказать, что на данной частоте и при постоянном уровне акустического давления громкость остается постоянной, пока ширина полосы частот звука не превышает величины, называемой критической полосой. Если ширина полосы звука превышает эту величину, может отмечаться явное повышение громкости. В этом случае ухо разделяет диапазон звуковых частот на 24 критические полосы, внутри которых любое возбуждение интегрируется без взвешивания. Поэтому измерение громкости основывается на спектральном анализе звука.

7.3.1.2 *Маскирующий эффект*

Маскирующий эффект заключается в повышении уровня (эталонного) звукового порога слышимости при передаче постороннего (маскирующего) звука на нижней частоте (или на верхней частоте, но в меньшей пропорции). Это можно объяснить через понятие удельной громкости.

7.3.1.2.1 *Удельная громкость*

Узкая полоса шума или чистого звука, спектральная энергия которого концентрируется в одной конкретной точке частотного диапазона, вызывает вибрацию большей части основной (базилярной) мембраны (одного из основных органов слуха человека). Это вызывает не только возбуждение центра, но и возбуждение сторон, что особенно важно в частотных зонах, находящихся выше зоны частоты сигнала. Эффект возбуждения этих сторон проявляется через маскирующий эффект. Возбуждение центра и сторон представляет собой удельную громкость сигнала.

7.3.1.2.2 *Маскированная или частично маскированная громкость*

Если слабый звук попадает в зону самых высоких частот, как это представлено выше, он полностью или частично маскируется боковыми возбуждениями и поэтому удельной громкости не производит.

7.3.1.3 *Уровни равной громкости*

Ухо по-разному воспринимает различные частоты; кривые одинаковых уровней громкости дают возможность сравнить громкость звуков, создаваемую звуками различных частот при условии, что уровни сигналов были физически измерены. Как показано на диаграмме "уровень акустического давления в зависимости от частоты", эти кривые связывают точки, которые соответствуют равному ощущению громкости звука, включая и те, которые определены на пороге слышимости.

7.3.2 *Суммарная громкость сложного звука*

Метод Цвикера [20] с применением спектрального анализа в третьоктавных полосах частот[1)] используется для расчета громкости постоянных сигналов при следующей двойной коррекции:

- преобразованием уровня давления в каждой третьоктавной полосе частот в удельную громкость;
- суммированием удельной громкости, взвешенной с учетом маскирующего эффекта.

7.3.3 *Измерение громкости с помощью компьютера*

Этот вид измерений возможен, поскольку уровень акустического давления для каждой третьоктавной полосы частот известен. Программа FORTRAN, обеспечивающая измерение громкости, описана в [21].

Примечание. – Алгоритм Цвикера включает два варианта: первый вариант предусматривает прослушивание в свободном поле, второй – в диффузионном поле. Результаты, приведенные в [16], [17], относятся к первому варианту. При определении R25 и LR применение обоих вариантов дает удовлетворительные величины.

7.4 *Применение метода Цвикера для измерения потерь громкости (LL): эквиваленты R25 (R25E) и показатели громкости (LR)*

7.4.1 *Основной принцип объективного метода измерений LL*

Принципы, на которых основан описываемый ниже метод измерения, соответствуют субъективным методам определения эквивалентов R25 и величин LR и приведены на рис. 7-1 и 7-2. По этому методу:

a) Речевые сигналы заменяются искусственным акустическим голосом, спектральные характеристики которого даются в Рекомендации P. 51.

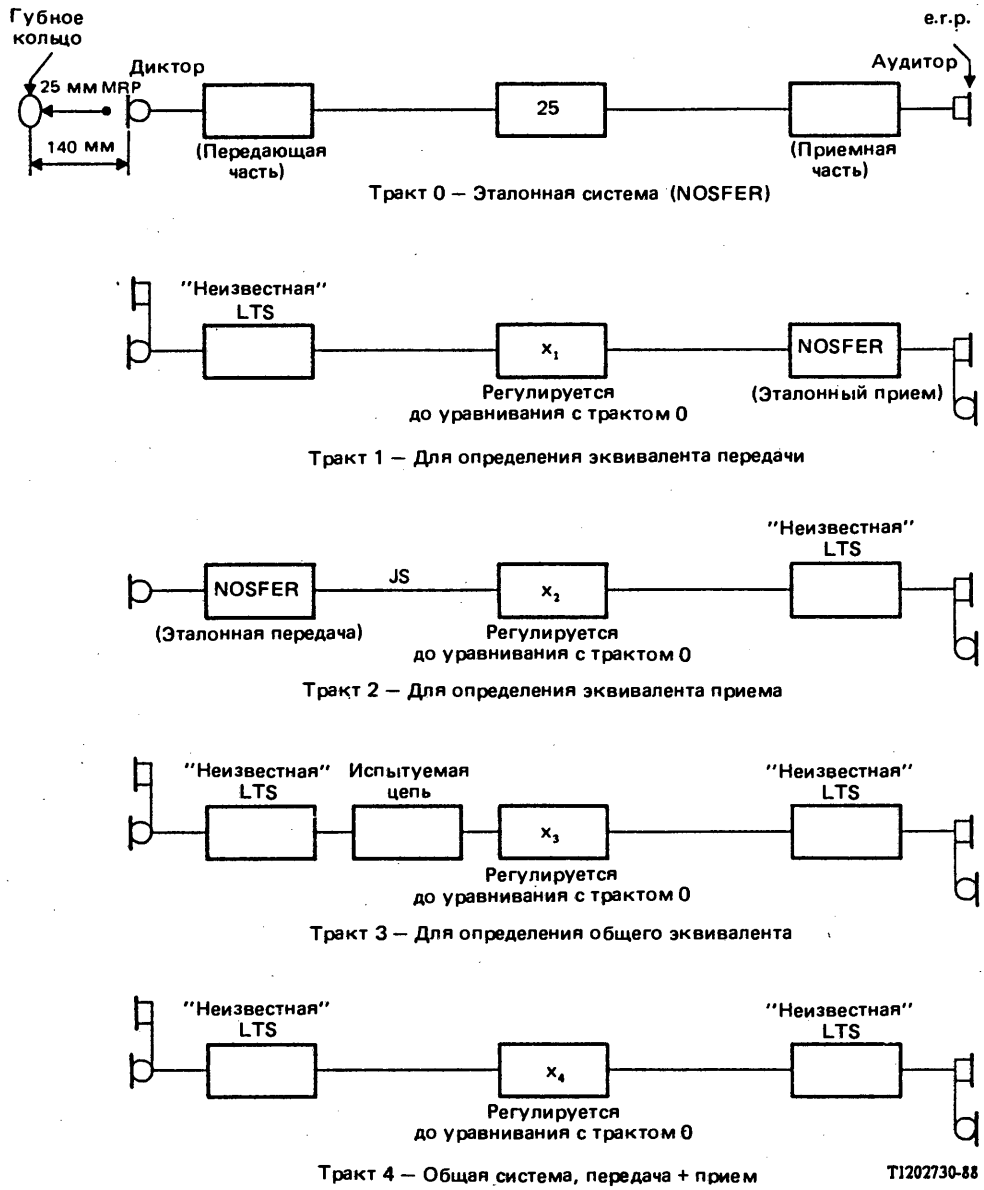
b) Эталонные параметры и сигналы рассчитываются на основе номинальных эффективных характеристик в зависимости от частоты NOSFER и IRS, определенных в P.42 (*Красная книга*) и P.48. Таковыми являются:

   - искусственные электрические голоса, возникающие в результате передачи искусственного акустического голоса через эталонные системы передачи;
   - эталонная громкость (RL) в системе NOSFER;
   - потери x_2 как результат уравнивания и коррекции громкости в трактах NOSFER и IRS.

c) Величины "*LE*", относящиеся к акустической утечке, используются как поправочные члены отношения искусственное ухо/естественное ухо.

d) Оценка оператора громкости звука заменяется расчетом громкости стационарного шума, принятого стандартизованным искусственным ухом, и выполняется в соответствии с алгоритмом Цвикера.

[1)] Третьоктавные полосы частот являются хорошей аппроксимацией критических полос при условии, что полосы ниже 280 Гц соответствующим образом собраны вместе.

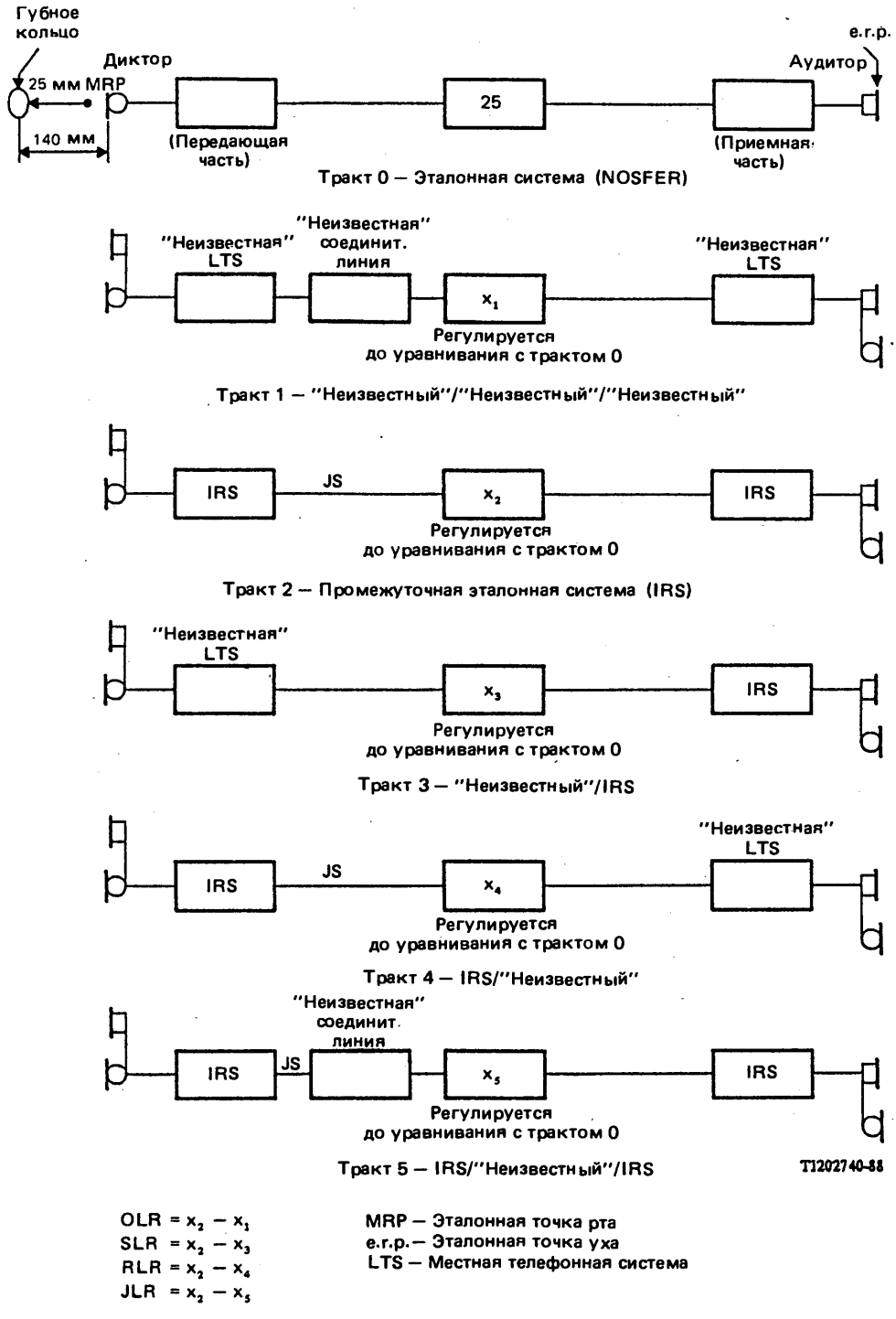


SR25E = 25 — x_1
RR25E = 25 — x_2
OSR = 25 — x_3
OVE = 25 — x_4

LTS — Местная телефонная система
MRP — Эталонная точка рта
e.r.p. — Эталонная точка уха

РИСУНОК 7-1

Тракты для субъективного метода определения эквивалентов R25 согласно Рек. P.72 (Красная книга)



$OLR = x_2 - x_1$
$SLR = x_2 - x_3$
$RLR = x_2 - x_4$
$JLR = x_2 - x_5$

MRP — Эталонная точка рта
e.r.p. — Эталонная точка уха
LTS — Местная телефонная система

РИСУНОК 7-2

Тракты для субъективного метода определения показателей громкости согласно Рек. P.78 (Красная книга)

7.4.2 *Характеристики эталонных сигналов и параметров*

В настоящем параграфе дается определение эталонных сигналов и параметров, которые объективно отражают речевую связь на рис. 7-1 и 7-2.

Примечание. – Независимо от того, касается это естественных или искусственных ртов и ушей, определение эталонных точек рта и уха (MRP и ERP) не изменяется (Приложение A, Рекомендация P.64), и стандартизованные разговорные положения идентичны.

– *Акустический искусственный голос:* определяется в эталонной точке рта. Спектральные характеристики приведены в таблице 2/P.51.

– *Электрические искусственные голоса:* эти голоса заменяют в точках JS на рис. 7-1 и 7-2 естественный голос в системах NOSFER или IRS. Спектральные характеристики приводятся в таблицах 7-1 и 7-2 (колонки N_T и N_S соответственно).

– *Эталонная громкость (RL):* громкость акустического сигнала в эталонной точке уха "тракта 0", когда акустический искусственный голос приложен к эталонной точке рта.

$$RL = 21{,}1 \text{ сон.}$$

– x_2: потери, рассчитанные в соответствии с блок-схемой рис. 7-4 для получения одинаковой громкости для трактов 0 и 2 (рис. 7-2).

$$x_2 = 21{,}5 \text{ дБ.}$$

– *Акустическая утечка "LE"* определяется в двух случаях:

i) для приемной части телефонного аппарата (таблица 4/P. 79);

ii) для приемной части системы NOSFER (таблица 7-3, LE_R).

ТАБЛИЦА 7-1

Электрический искусственный голос NOSFER

(выход передающей части системы NOSFER)

Частота (Гц)	N_T (дБВ)	Частота (Гц)	N_T (дБВ)
100	– 29,7	1000	– 20,3
125	– 24,7	1250	– 22,1
160	– 21,4	1600	– 24,3
200	– 19,2	2000	– 26,0
350	– 18,6	2500	– 27,8
315	– 18,4	3150	– 28,1
400	– 18,7	4000	– 29,9
500	– 18,7	5000	– 34,8
630	– 18,8	6300	– 42,7
800	– 19,4	8000	– 46,4

ТАБЛИЦА 7-2

Электрический искусственный голос IRS

(выход передающей части системы IRS)

Частота (Гц)	N_S (дБВ)	Частота (Гц)	N_S (дБВ)
100	– 68,9	1000	– 22,6
125	– 55,3	1250	– 23,3
160	– 42,0	1600	– 23,6
200	– 33,6	2000	– 24,8
250	– 27,7	2500	– 25,1
315	– 23,8	3150	– 26,8
400	– 21,7	4000	– 67,0
500	– 21,0	5000	– 82,8
630	– 21,5	6300	– 104,5
800	– 21,9	8000	– 120,5

ТАБЛИЦА 7-3

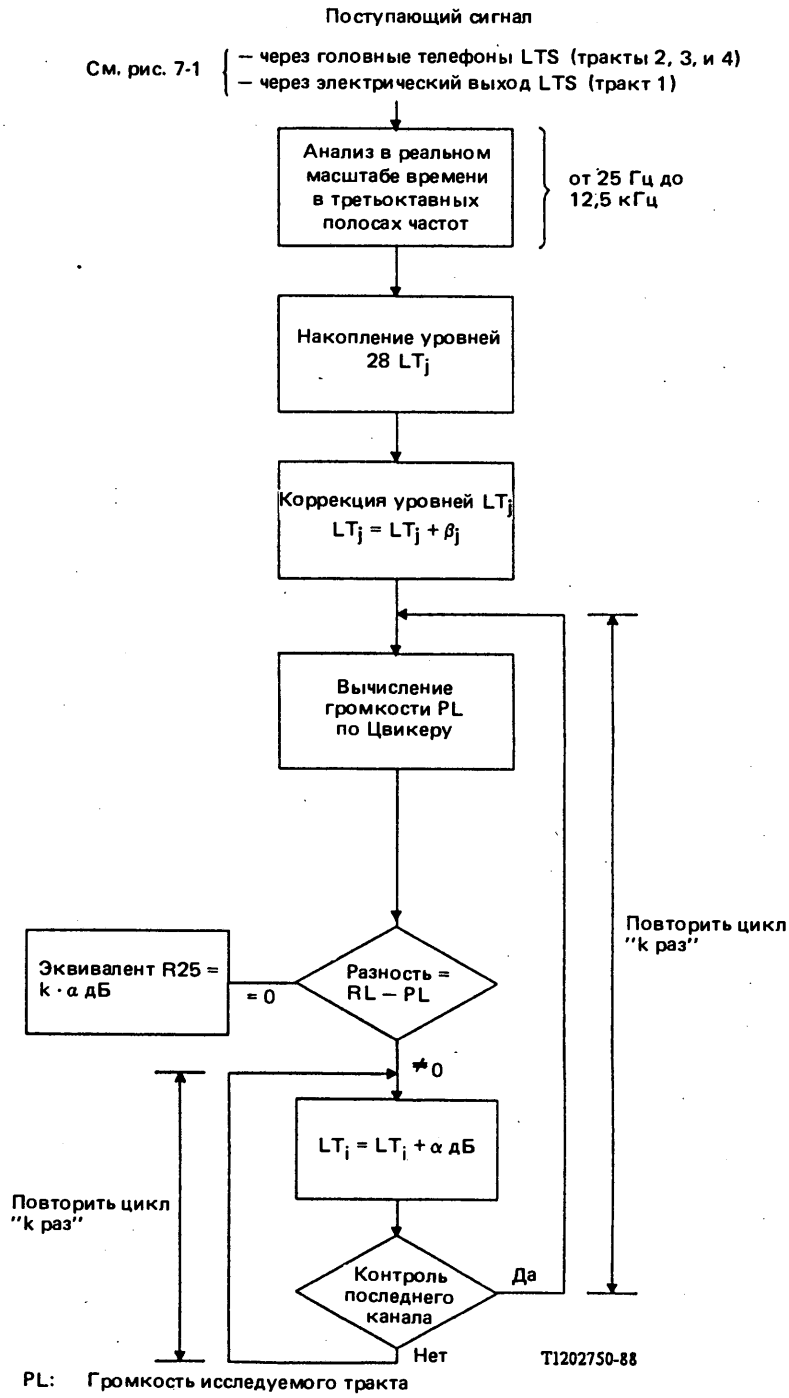
Акустическая утечка приемной части NOSFER

Частота (Гц)	LE_R (дБ)	Частота (Гц)	LE_R (дБ)
100	0,9	1000	– 4,5
125	0,2	1250	– 3,9
160	– 0,6	1600	– 4,6
200	– 1,6	2000	– 3,3
250	– 2,9	2500	– 3,2
315	– 4,2	3150	–3,3
400	– 5,3	4000	– 3,7
500	– 5,4	5000	– 2,9
630	– 4,9	6300	– 0,8
800	– 4,6	8000	– 0,8

7.4.3 *Вычисление потерь громкости*

Процесс измерения состоит в общем из уравнивания и установки эталонной громкости (RL), равной громкости различных испытуемых трактов (рис. 7-1 и 7-2). Однако, принимая во внимание структурные изменения этих трактов (см. § 7.4.2), аналогия между субъективным и объективным методами возможна только в том случае, если сигналы, характеризующие эти тракты, скорректированы (член β_i на рис. 7-3 и 7-4: акустическая утечка, номинальная чувствительность в зависимости от частоты в эталонных приемных системах) перед расчетом их громкости и уравниванием их с эталоном.

Поэтому эквиваленты R25 и LR рассчитываются в соответствии с блок-схемами на рис. 7-3 и 7-4.



PL: Громкость исследуемого тракта

RL: Эталонная громкость

j: Изменяется от 1 до 28

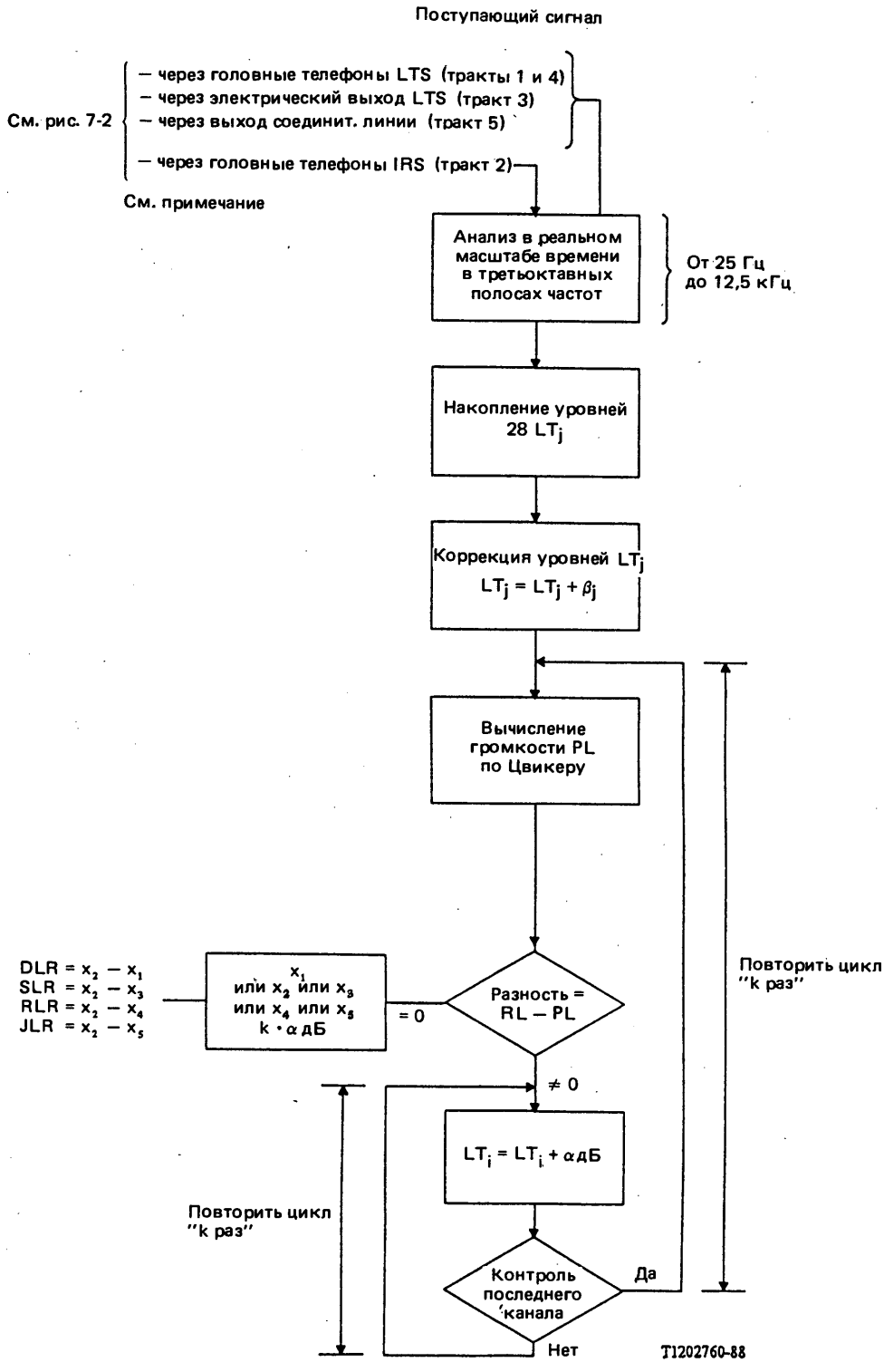
α дБ: Шаги изменения в дБ уровней LT_j (положительные или отрицательные)

k: Количество последовательностей пропорционально эквиваленту R25

β_j : { громкость на приеме и общая: утечки LE_S (Рек. P.79)
на передаче: утечки LE_R в приемной части системы NOSFER
чувствительность системы NOSFER: 25 дБ

РИСУНОК 7-3

Блок-схема для расчета эквивалентов R25



PL: Громкость исследуемого тракта

LR: Эталонная громкость

j: Изменяется от 1 до 28

α дБ: Шаги изменения в дБ уровней LT_j (положительные или отрицательные)

k: Количество последовательностей пропорционально величине x_j

β_j: { громкость на приеме и общая: утечки LE (Рек. P.79)
на передаче и для соединительной линии: утечки LE (Рек. P.79), чувствительность приемной части IRS

Примечание. – Процедура расчета x_2 дается в качестве примера. x_2 = постоянная = 21,5 дБ.

РИСУНОК 7-4

Блок-схема для расчета показателей громкости

7.5 *Общая структура аппарата CERF Французской Администрации*

На схеме рис. 7-5 показаны основные элементы измерительного прибора, при помощи которого выполняется описанная выше операция. В [22] дается подробное описание функций и характерных особенностей устройства.

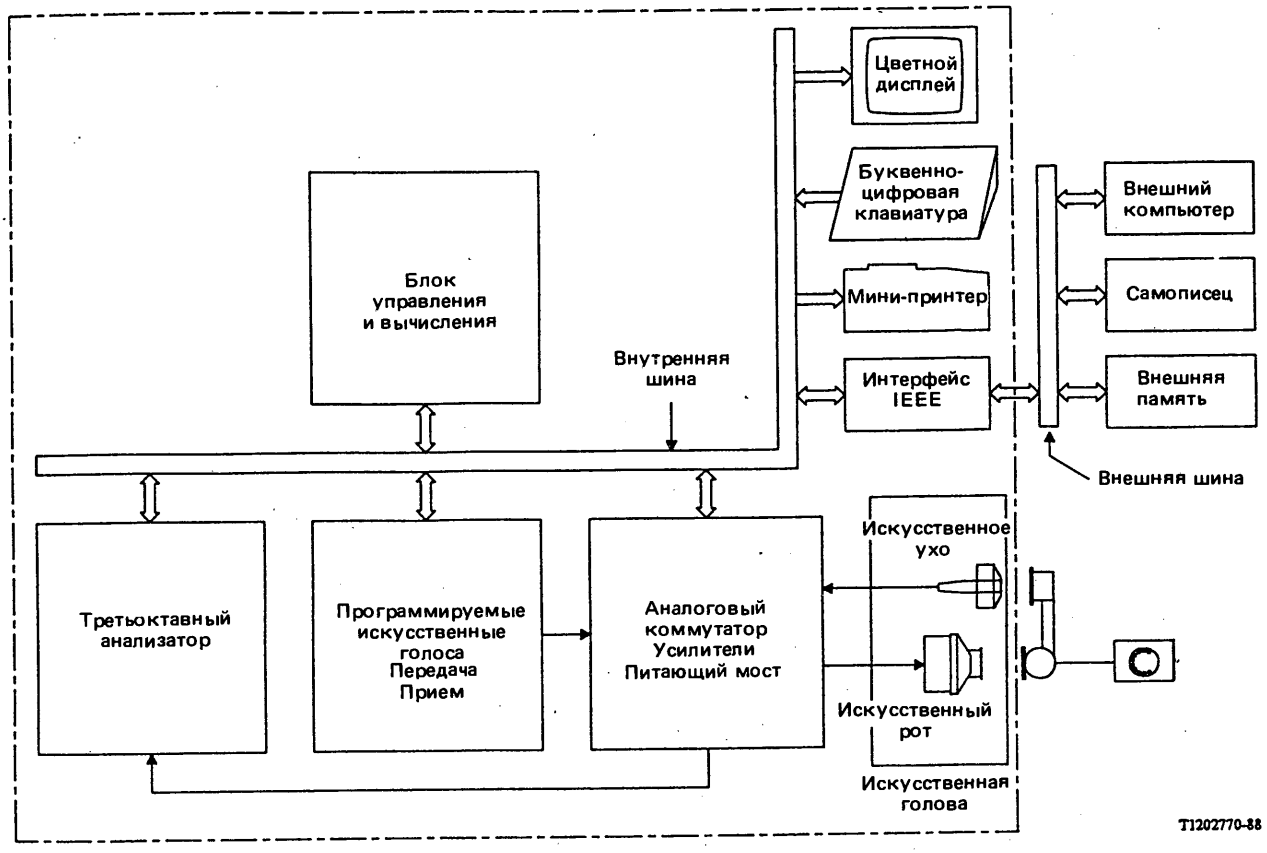


РИСУНОК 7-5

Блок-схема системы CERF Французской Администрации

8 Информация относительно метода измерения потерь громкости OREM-B, применяемого Администрацией Федеративной Республики Германии (Вклад Администрации Федеративной Республики Германии)

8.1 *Определение*

Немецкая почта производит измерения показателей громкости в соответствии со стандартом DIN 44013 "Устройство для объективного измерения эталонного эквивалента OREM-B, конфигурация и применение".

8.1.1 *Показатели громкости согласно OREM-B, BD*

По определению, громкость BD равна нулю, если звуковое давление 1,6 Па составляет на микрофоне SFERT в ухе Брауна 1,07 Па при условиях измерения, указанных в стандарте DIN 44013.

8.1.2 *Громкость OREM-B на передаче, SBD*

Громкость на передаче, определяемая при работе исследуемого оборудования (например, телефонного аппарата с питающим мостом, а также, возможно, с соединительными линиями и другим оборудованием) в качестве электрического передатчика путем уравнивания напряжения, измеряемого на оконечном сопротивлении 600 ом, с опорным напряжением.

По определению, "SBD" равно нулю, если выходное напряжение в микрофоне SFERT при звуковом давлении 1,07 Па равно 285 мВ (см. рис. 8-1).

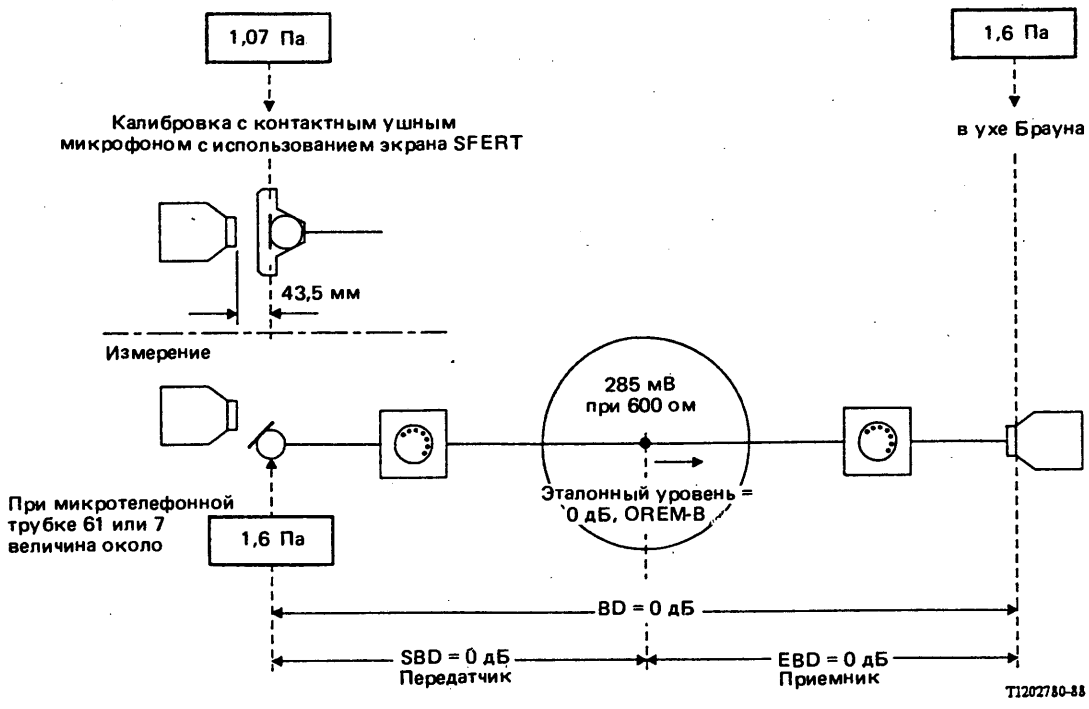


РИСУНОК 8-1

Блок-схема аппаратуры OREM-B

8.1.3 *Громкость OREM-B на приеме, EBD*

Громкость на приеме, определяемая при работе исследуемого оборудования (например, телефонного аппарата с питающим мостом и, возможно, с соединительными линиями и другим оборудованием) в качестве электрического приемника путем уравнивания звукового давления, измеряемого в ухе Брауна, с эталонным звуковым давлением.

По определению, "EBD" равно 0, если звуковое давление, измеренное при напряжении холостого хода передатчика, равном 570 мВ (внутреннее сопротивление: 600 ом), составляет 1,6 Па (см. рис. 8-1).

8.1.4 *Общая громкость OREM-B, OBD*

(Общая громкость (OBD) телефонного соединения): Эталонный эквивалент, определяемый путем уравнивания полного телефонного соединения, возможно, вместе с промежуточными линиями и другим оборудованием, с эталонными передатчиком и приемником OREM-B (см. рис. 8-1).

8.1.5 *Громкость местного эффекта в OREM-B, RBD*

Громкость местного эффекта определяется уравниванием – при передачах от микрофона к мембране приемного устройства этого же исследуемого оборудования (например, телефонного аппарата с определенным полным сопротивлением) – звукового давления приемного устройства с эталонным звуковым давлением.

По определению, эта громкость равна нулю, если звуковое давление, измеренное в ухе Брауна, равно 1,6 Па при звуковом давлении 1,07 Па в микрофоне SFERT.

8.2 *Условия измерений, отличающихся от Рек. P.64*

- Вместо положения микротелефонной трубки в соответствии с Приложением А Рек. P.76 [положение ограничительного кольца при измерениях показателей громкости (LRGP)] используется положение в соответствии с Рек.72 [эталонное эквивалентное разговорное положение (RESP) (*Красная книга*)].

- Вместо элемента связи IEC используется устройство Брауна.

- Искусственный рот используется в соответствии с Рек.51.

- Калибровка искусственного рта производится не в условиях свободного поля, а при помощи экрана SFERT. Звуковое давление, создаваемое в экране SFERT, компенсируется адекватным фильтром в генераторной части. У микрофонной мембраны в экране SFERT (см. рис. 8-2), находящейся на расстоянии 43,5 мм от плоскости губ, устанавливается звуковое давление 1,07 Па (уровень звукового давления – 94,6 дБ). В полосе от 200 до 4000 Гц звуковое давление должно быть, по возможности, частотно-независимым.

- Посредством петли управления звуковое давление поддерживается постоянным, равным значению при калибровке (независимо от испытуемого прибора).

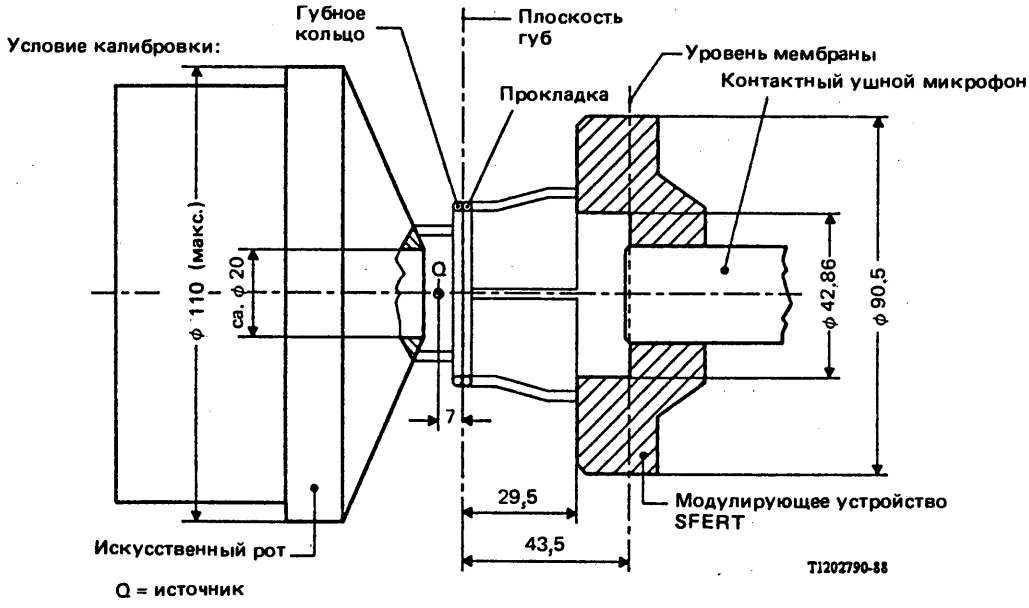


РИСУНОК 8-2

Искусственный рот с условиями калибровки

8.3 *Алгоритм*

Последовательные значения напряжений U_1, U_2 ... U_n синусоидального сигнала качающейся частоты суммируются согласно следующему закону:

$$U^m = (U_1^m \cdot t_1 + U_2^m \cdot t_2 + U_3^m \cdot t_3 + \dots U_n^m \cdot t_n) \cdot \frac{1}{\Sigma t_i}$$

для t_i, близкого к 0:

$$U^m = (1/T) \int_0^T [U(t)]^m \, dt$$

Показатель степени m равен 0,6.

Время установления индикатора равно 3,5 с.

Качание частот 200 ... 4000 ... 200 Гц во времени происходит по логарифмическому закону, причем полный цикл развертки занимает 1 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(К Дополнению 19 – ссылка на § 5.3)

Коэффициенты Е-фактора

Величины затухания L_i даются для "широкой полосы" $f_1 \ldots f_N$. "Широкая полоса" $LR(W)$ вычисляется с применением следующего алгоритма:

$$\left.\begin{aligned} LR(W) &= L_0(W) + L_m(W) \\ L_m(W) &= -(1/b)\log_{10} \sum_{i=1}^{N} K_{wi}\, 10^{-bL_i} \end{aligned}\right\} . \qquad \text{(A-1)}$$

Для краткости используем следующую запись:

$$b = m/10. \qquad \text{(A-2)}$$

"Общая" полоса LR вычисляется в более узком диапазоне:

$$f_{N1} \ldots f_{N2} \qquad f_{N1} > f_1;\ f_{N2} < f_N$$

$$\left.\begin{aligned} LR &= L_0 + L_m \\ L_m &= -(1/b)\log_{10} \sum_{i=N1}^{N2} K_i\, 10^{-bL_i} \end{aligned}\right\} . \qquad \text{(A-3)}$$

В соответствии с определением коэффициентов K_i мы имеем:

$$\left.\begin{aligned} \sum_{i=1}^{N} K_{wi} &= 1 \\ \sum_{i=N1}^{N2} K_i &= 1 \end{aligned}\right\} . \qquad \text{(A-4)}$$

Взаимосвязь между двумя алгоритмами определяется следующим образом:

Для системы с точно ограниченной полосой, то есть где $L_1 \ldots L_{N1} = \infty$, мы допускаем:

$$LR(W) = LR. \qquad \text{(A-5)}$$

И далее:

$$K_{wi}/K_i = D;\ \text{константа}. \qquad \text{(A-6)}$$

Таким образом, мы получаем

$$D = \sum_{i=N1}^{N2} K_{wi} \qquad \text{(A-7)}$$

и

$$L_0 = L_0(W) - (1/b)\log_{10} D. \qquad \text{(A-8)}$$

Мы будем пользоваться следующей формулой:

$$\Sigma' = \sum_{i=1}^{N1-1} + \sum_{i=N2+1}^{N} . \qquad \text{(A-9)}$$

В общем мы получаем:

$$LR(W) = L_0(W) - (1/b)\log_{10}\left\{ \sum_{i=N1}^{N2} K_{wi}\ 10^{-bL_i} + \Sigma' K_{wi}\ 10^{-bL_i} \right\}, \qquad \text{(A-10)}$$

что приводит к следующему уравнению:

$$LR(W) = LR - (1/b)\log_{10}\{ 1 + \Sigma' (K_{wi}/D)\, 10^{-bL_i} \} . \qquad \text{(A-11)}$$

Если члены суммы Σ' в уравнении (A-11) невелики, можно использовать приближение: $\ln(1+x) \approx x$. Таким образом:

$$LR(W) = LR - \Sigma' C_i\ 10^{-bL_i}, \qquad \text{(A-12)}$$

где

$$C_i = K_{wi}/(bD \ln 10). \qquad \text{(A-13)}$$

Последний член в уравнении (A-12) означает улучшение громкости, E-фактор.

$$E = \Sigma' C_i\ 10^{-bL_i} . \qquad \text{(A-14)}$$

В данном случае "широкая полоса" может использоваться для охвата диапазона от f_1 = 200 Гц до f_{14} = 4000 Гц, а "общая полоса" – от f_3 = 315 Гц до f_{13} = 3150 Гц. Частоты 200, 250 и 4000 Гц являются частотами "границ полосы".

Коэффициенты C_i были рассчитаны для некоторых рассматриваемых здесь алгоритмов LR с использованием для OLR величин K_i, как это представлено в таблице A-1. (Подробности относительно алгоритмов приводятся в [11] и [7], так же как и метод, используемый для преобразования весовых коэффициентов W_i в весовые коэффициенты K_i.) Величины C_i приведены в таблице A-2.

Алгоритм P.79 или его вариант P.79/S непригодны для характеристики с резким ограничением полосы частот, анализ их частотного взвешивания показал их меньшую точность (слишком велико предыскажение на нижних частотах, [7]).

Как явствует из таблицы A-2, коэффициенты C_i трех алгоритмов отличаются ненамного. Поскольку характеристики естественной речи и прослушивания на границах полосы частот могут значительно колебаться, реальные величины C_i не могут быть критическими. Поэтому предпочтительнее использовать "округленные" величины:

$$C(0{,}2) = 0{,}5; \quad C(0{,}25) = 1; \quad C(4) = 1 \text{ дБ} \qquad \text{(A-15)}$$

и установить, что $m = 0{,}2$.

Какой алгоритм следует использовать при вычислении LR "общей" полосы? В работах [11] и [7] указывается, что существует несколько алгоритмов, которые практически одинаково совпадают с результатами субъективных измерений. Поэтому как самый простой выбран алгоритм *"C"*.

ТАБЛИЦА А-1

Алгоритм	m	K_{wi}		
		0,2 кГц	0,25 кГц	4 кГц
P. XXE	0,225	0,0227	0,0389	0,0292
CH	0,2	0,0306	0,0439	0,0324
B	0,2	0,031	0,042	0,042
P.79/S	0,175	0,0536	0,0765	0,0243

ТАБЛИЦА А-2

Алгоритм	C_i			ΣC_i
	0,2 кГц	0,25 кГц	4 кГц	
P.XXE	0,48	0,83	0,62	1,93
CH	0,74	1,06	0,79	2,59
B	0,76	1,03	1,03	2,82
Mean	0,66	0,97	0,81	2,45

ПРИЛОЖЕНИЕ B

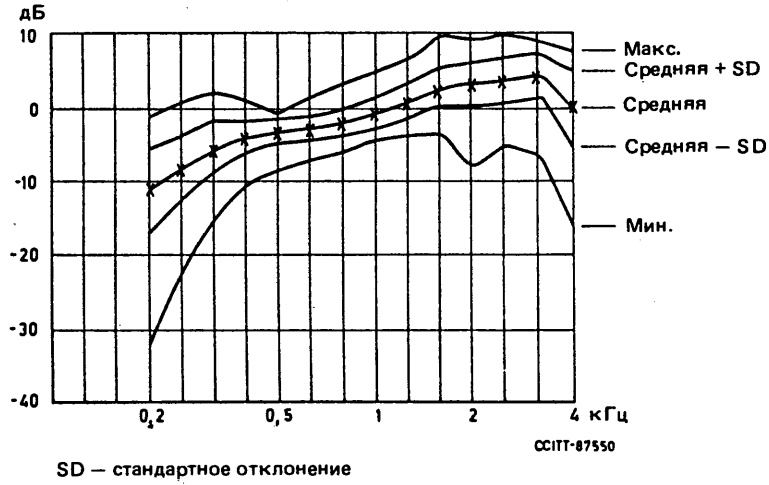
(к Дополнению 19 – ссылка на § 6.3)

В результате испытаний телефонных аппаратов получена семьдесят одна характеристика, из которых:

a) тринадцать – от МККТТ, ИК XII-№ 164 (1977–1980 гг.) и

b) пятьдесят восемь – от Barnes по частным линиям связи.

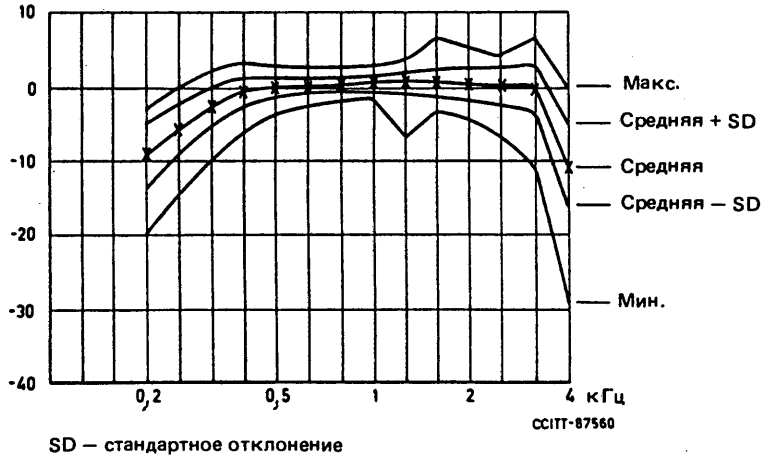
Статистика кривых чувствительности на передаче и приеме показана на рис. B-1 и B-2. Кривые нормализованы вычитанием "средней" чувствительности, рассчитанной при помощи уравнения (6-1b).



SD – стандартное отклонение

РИСУНОК B-1

Статистика для нормализованных кривых на передаче



SD – стандартное отклонение

РИСУНОК B-2

Статистика для нормализованных кривых на приеме

Библиография

[1] IEEE Standard 661-1979, *Standard method for determining objective loudness ratings of telephone connections, IEEE,* New York.

[2] Проект Рекомендации МККТТ P.XXE. Вопрос 15/XII, Приложение 2 (II) Вклада ИК XII-№ 1, Исследовательский период 1977–1980 гг., Женева, 1976 г.

[3] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 160, "Использование метода Цвикера для расчета показателей громкости" (Австралия), Исследовательский период 1981–1984 гг., Женева, 1983 г.

[4] BARNES (J.): Private Communication, STL.

[5] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 10 (Китайская Народная Республика), Исследовательский период 1981–1984 гг.

[6] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 55 (ELLEMTEL), Исследовательский период 1981–1984 гг.

[7] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 194 (ELLEMTEL), Исследовательский период 1981–1984 гг.

[8] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 98, "Расчет показателей громкости для полос частот различной ширины" (British Telecom), Исследовательский период 1981–1984 гг., Женева, 1982 г.

[9] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 78, "Сложение показателей громкости" (ELLEMTEL), Исследовательский период 1981–1984 гг., Женева, 1982 г.

[10] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 111, "Выбор амплитудно-частотных характеристик электрических элементов" (ITT/STL), Исследовательский период 1981–1984 гг., Женева, 1983 г.

[11] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 176, "Некоторые публикации, касающиеся алгоритмов показателей громкости" (ELLEMTEL), Исследовательский период 1981–1984 гг., Женева, 1984 г.

[12] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 4, "Стабильность испытательной бригады МККТТ". Некоторые комментарии. (ELLEMTEL), Исследовательский период 1985–1988 гг., Женева, 1985 г.

[13] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 1, Вопрос 15/XII (Приложение 2), "Адаптация показателей громкости для целей планирования передачи", Исследовательский период 1985–1988 гг.

[14] Private Communication from FTZ (Federal Republic of Germany).

[15] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 15, "Объективное измерение и расчет затухания местных кабелей" (Швеция), Исследовательский период 1964–1968 гг.

[16] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 111, "Субъективное и объективное сравнение результатов, касающихся показателей громкости (LR) и эквивалентов R25 (R25E)", Исследовательский период 1985–1988 гг.

[17] МККТТ – Вклад ИК XII-№ 58, "Определение показателей громкости и эквивалентов R25 для головных телефонов оператора с учетом акустической утечки", Исследовательский период 1985–1988 гг.

[18] CCITT Contribution COM XII-D.44 – WPXII/2 – Shangaï, 12-16 October 1987, Status Report of Question 17: "Loudspeaking telephones" (см. ИК XII-R 20, Исследовательский период 1985–1988 гг.).

[19] МККТТ – Вклад ИК XII-235, "Объективные измерения на передаче телефонов без микротелефонной трубки. Влияние характеристик искусственных голосов", Исследовательский период 1985–1988 гг.

[20] ZWICKER, FELDTKELLER: Das Ohr als Nachrichtenempfänger, *S. Hirzel Verlag,* Stutgart.

[21] PAULUS (E.) and ZWICKER (E.): Computer programmes for calculating loudness from third-octave band levels or from critical band levels, *Acustica,* 1972, Vol. 27, pp. 253-266.

[22] CCITT Handbook on telephonometry (CERF: an equipment for the objective measurement of various sorts of loudness used by the French Postal and Telecommunication Administration), ITU, Geneva, 1987.

Printed in RUSSIAN FEDERATION • 1992 – ISBN 92-61-03444-6