

Объективная оценка качества передачи речи

E-модель, R-фактор



Субъективная оценка QoS речи

Субъективный метод оценки — Mean Opinion Score (MOS):

- Рекомендация МСЭ Р.800.
- Среднее значение экспертной оценки (0-5) качества речи, переданной по сети связи по нескольким критериям.
- Недостатки: субъективная, необходим функционирующий участок сети.

Для использования рекомендуется **MOS=3,5 и выше**.

MOS=3,0-3,5 приемлемо в некоторых условиях.

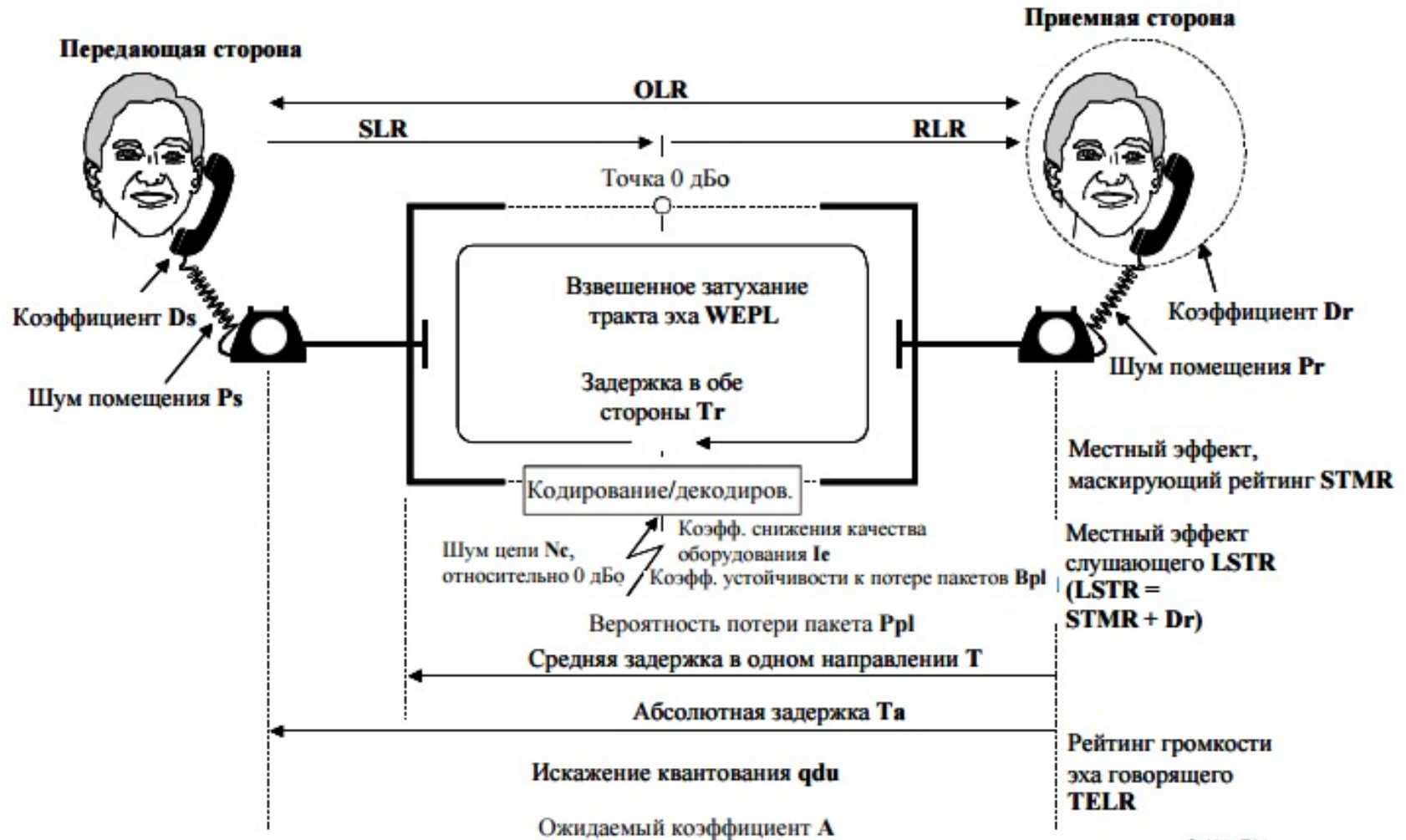
MOS=2,5-3,0 соответствует синтезированному звуку (неприемлемо).

Объективная оценка QoS речи

Объективный метод оценки — E-модель:

- Рекомендация МСЭ G.107.
- Вычислительная модель, более чем 20 параметров терминалов, линий связи, оборудования и условий разговора.
- Итог — R-фактор от 0 до 100 (иногда больше).
- Есть однозначное соответствие между R-фактором и MOS.

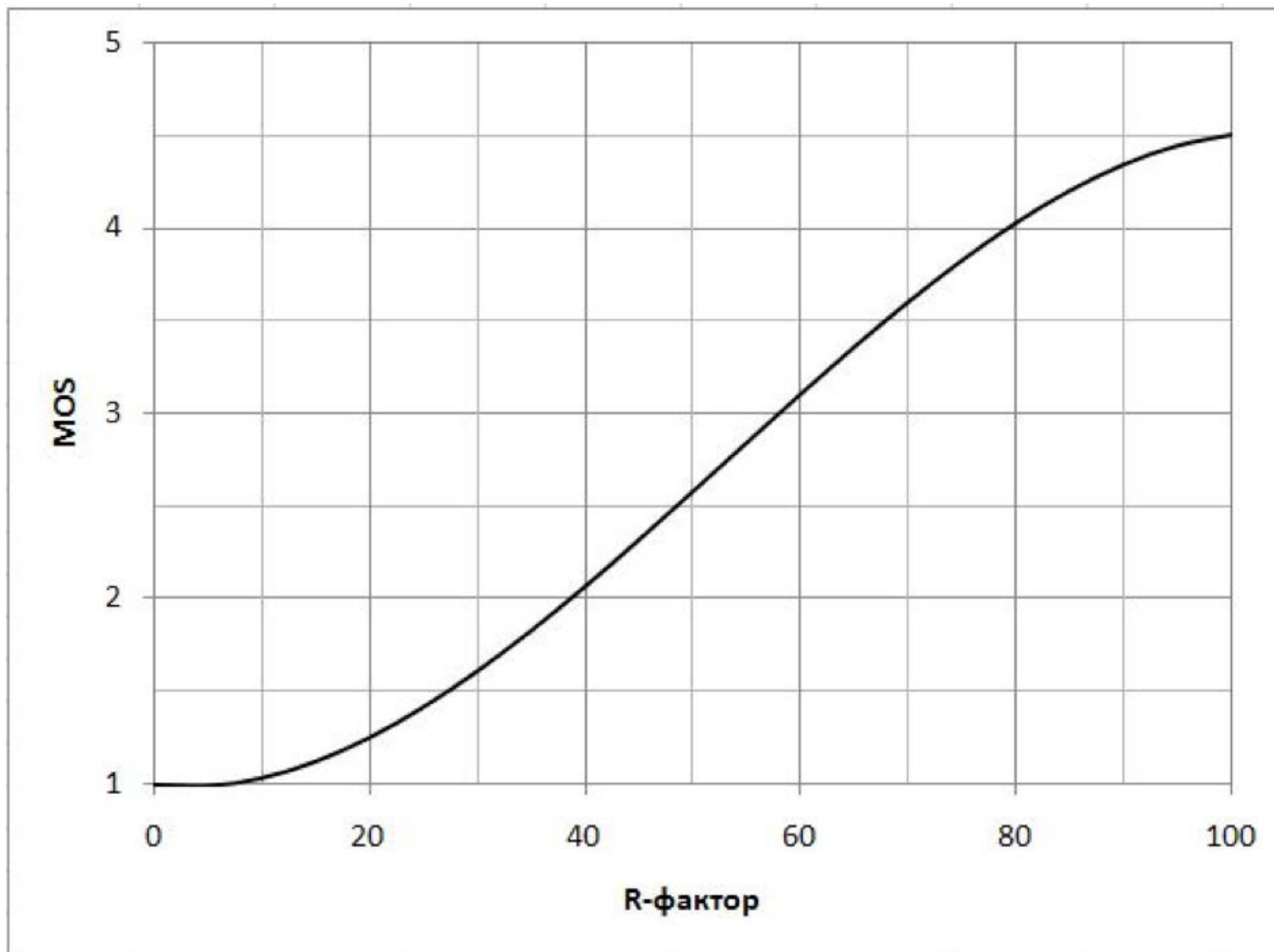
Эталонное соединение в E-модели



Оценка QoS на основе R-фактора и оценок MOS

Значение R-фактора	Категория качества и оценка пользователя	Значение оценки MOS
$90 < R < 100$	Самая высокая (отлично)	4,34 — 4,50
$80 < R < 90$	Высокая (хорошо)	4,03 — 4,34
$70 < R < 80$	Средняя (приемлемо: часть пользователей оценивает качество как неудовлетворительное)	3,60 — 4,03
$60 < R < 70$	Низкая (плохо: большинство пользователей оценивает качество как неудовлетворительное)	3,10 — 3,60
$50 < R < 60$	Неприемлемая (не рекомендуется)	2,58 — 3,10

Взаимосвязь оценок MOS и R-фактора



При расчете R-фактора учитываются 20 параметров, среди которых

- Однонаправленная задержка;
- Коэффициент потери пакетов;
- Потери данных из-за переполнения буфера джиттера;
- Искажения, вносимые при преобразовании аналогового сигнала в цифровой и последующем сжатии (обработка сигнала в кодеках);
- Влияние эхо и др.

Расчет R-фактора

R-фактор вычисляется по следующей формуле:

$$R = R_0 - I_s - I_d - I_{e\text{-eff}} + A$$

- где:
 - $R_0 = 93,2$ — исходное значение R-фактора;
 - I_s — коэффициент одновременного снижения качества (искажения, вносимые кодеками и шумами в канале);
 - I_d — искажения за счет суммарной сквозной задержки ("из конца в конец") в сети;
 - $I_{e\text{-eff}}$ — искажения, вносимые оборудованием, включая и потери пакетов;
 - A — так называемый фактор преимущества.
- Фактор R_0 представляет собой базовое отношение сигнал-шум, включающее в себя шумы от различных источников. Если все входные параметры E-модели равны своему значению по умолчанию, то $R=R_0=93,2$.

Коэффициент одновременного снижения качества (искажения вносимые кодеками и шумами в канале), I_s

Фактор I_s отражает ухудшение качества из-за факторов, которые могут произойти более или менее одновременно с передачей речи:

- тихий звук,
- неоптимальный местный эффект,
- шумы квантования

и вычисляется по формуле:

$$I_s = I_{olr} + I_{st} + I_q$$

Расчет I_s

$$I_s = I_{olr} + I_{st} + I_q$$

I_{olr} — снижение качества, вызванное слишком низкими значениями громкости сигнала.

I_{st} — снижение качества, вызванное неоптимальным местным эффектом.

I_q — снижение качества, вызванное искажениями квантования.

Искажения за счет суммарной сквозной задержки, I_d

Слагаемое I_d выражает ухудшение качества речи, вызванное большой задержкой и эффектами эха и вычисляется по формуле:

$$I_d = I_{dte} + I_{dle} + I_{dd}$$

Расчет I_d

$$I_d = I_{dte} + I_{dle} + I_{dd}$$

I_{dte} — снижение качества из-за эха говорящего.

I_{dle} — снижение качества из-за эха слушающего.

I_{dd} — снижение качества, вызванное длительной абсолютной задержкой, T_a .

Пример расчета I_{dd}

Определение I_{dd} :

T_a – абсолютная задержка передачи сигнала в сети при соединении без эха.

При $T_a \leq mT$ (100 мс) : $I_{dd} = 0$

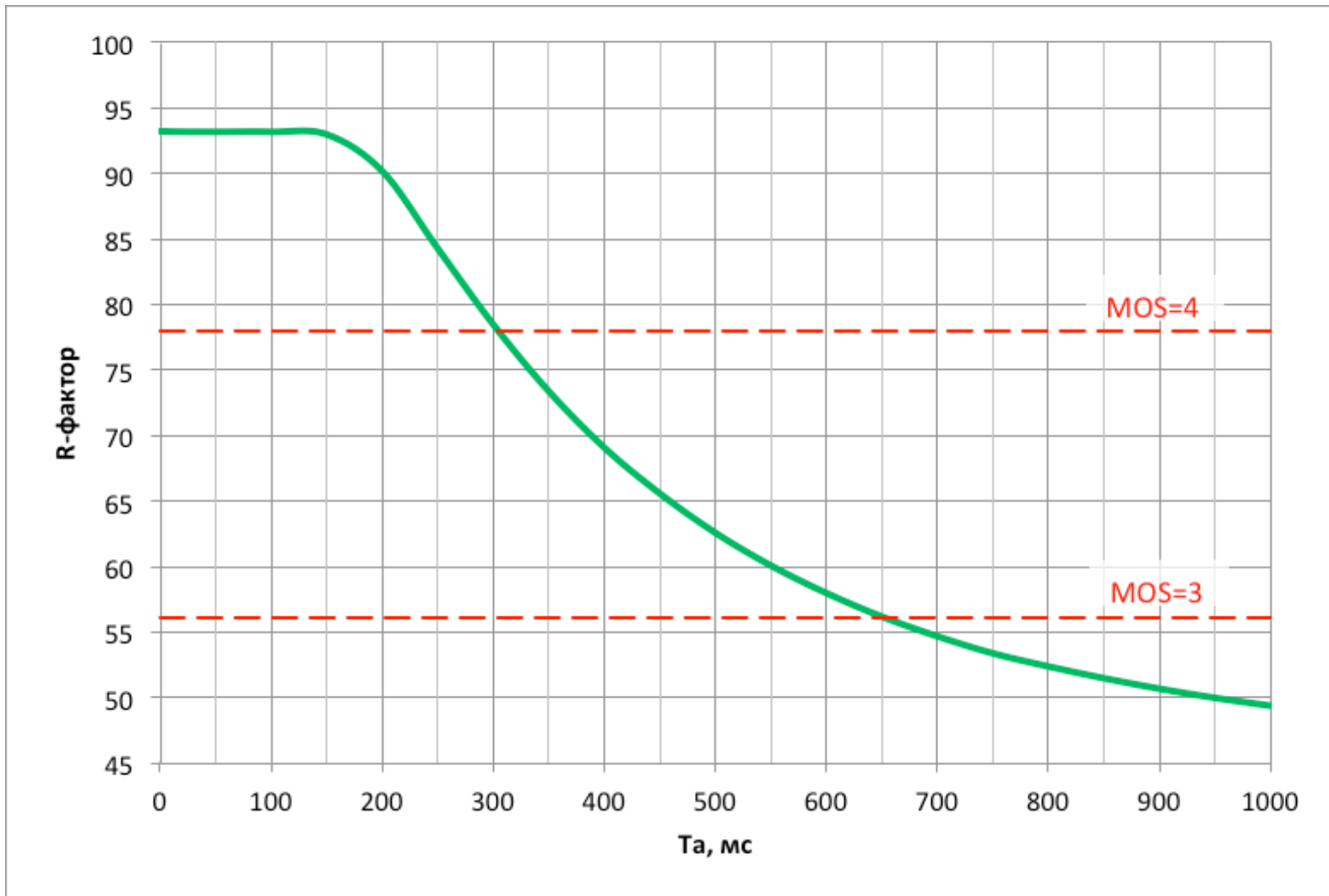
При $T_a > mT$ (100 мс) :

$$I_{dd} = 25 \left\{ \left(1 + X^{6 \cdot sT} \right)^{\frac{1}{6 \cdot sT}} - 3 \left(1 + \left[\frac{X}{3} \right]^{6 \cdot sT} \right)^{\frac{1}{6 \cdot sT}} + 2 \right\}$$

$$sT = 1$$

$$X = \frac{\log\left(\frac{T_a}{mT}\right)}{\log 2}$$

Зависимость R-фактора от абсолютной задержки



Искажения, вносимые оборудованием, I_{e-eff}

Коэффициент снижения эффективности оборудования I_{e-eff} отражает ухудшения качества, вызванные кодеками и потерей пакетов.

$$I_{e-eff} = I_e + (95 - I_e) \cdot \frac{P_{pl}}{\frac{P_{pl}}{BurstR} + B_{pl}}$$

Расчет I_e -eff

I_e – коэффициент снижения качества при отсутствии потерь пакетов.

B_{PI} – коэффициент устойчивости конкретного кодека к потерям пакетов.

P_{PI} – вероятность потери пакетов (в %),

BurstR – коэффициент всплеска, характеризующий характер потери пакетов:

- потери пакетов случайны $BurstR = 1$.
- потери пакетов происходит со всплесками $BurstR > 1$.

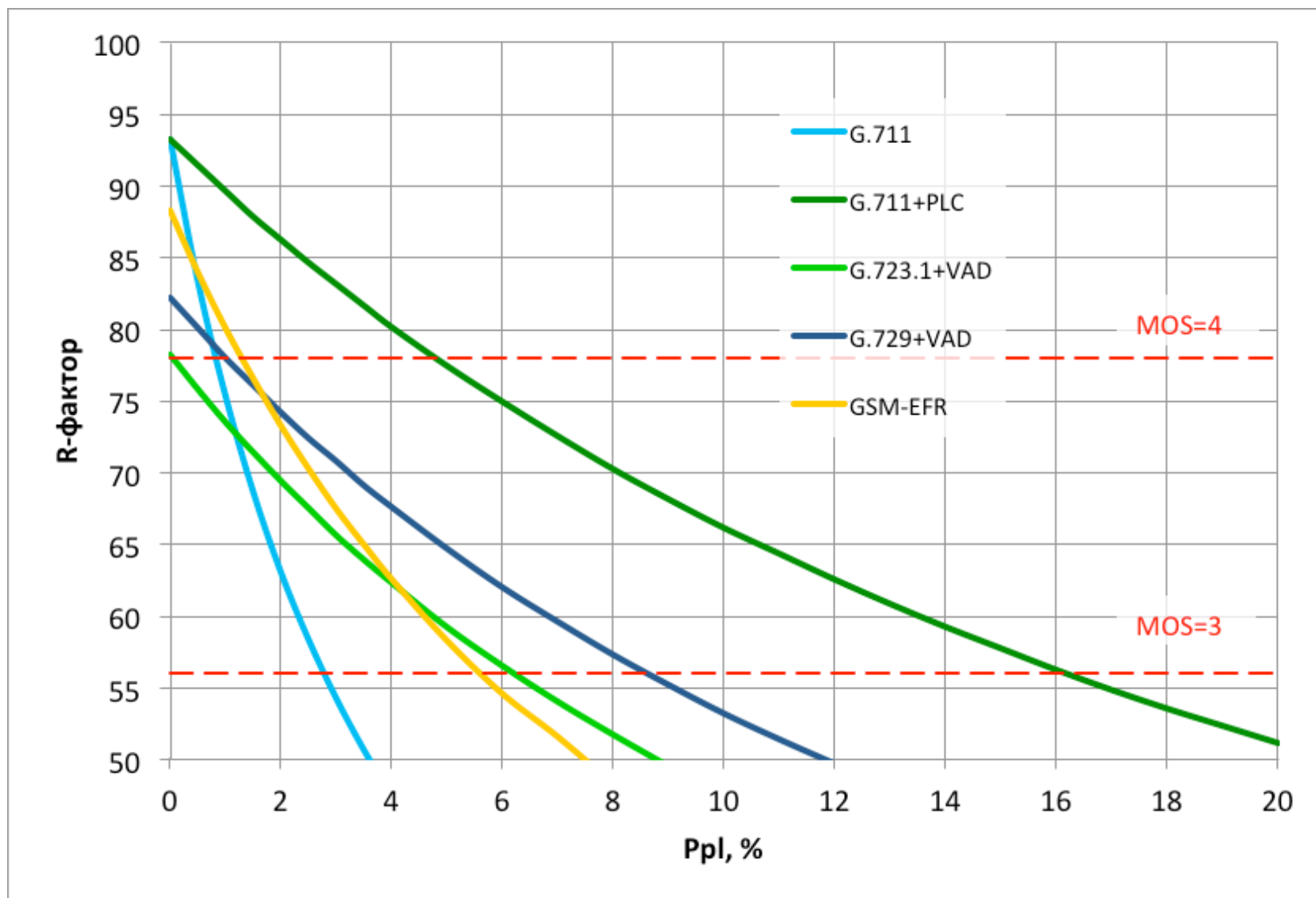
Показатель I_e -eff для кодеков

Кодек	MOS	Коэффициент I_e	Коэффициент B_{pl}
G.711	4,2	0	4,3
G.711+PLC	4,2	0	25,1
G.723.1+VAD (6,3)	3,9	15	16,1
G.723.1+VAD (5,3)	3,62	19	16,1
G.729A+VAD	3,92	11	19,0
GSM-EFR	3,8	5	10,0

Типы кодеков и их характеристики

Кодек	Скорость передачи, кбит/с	Длительность датаграммы, мс	Задержка пакетизации, мс	Полоса пропускания для двунаправленного соединения, кГц	Задержка в буфере джиттера	Теоретическая максимальная оценка MOS
G.711u	64	20	1	174,4	2 дейтаграммы, 40 мс	4,4
G.711a	64	20	1	174,4	2 дейтаграммы, 40 мс	4,4
G.726-32	32	20	1	110,4	2 дейтаграммы, 40 мс	4,22
G.729	8	20	25	62,4	2 дейтаграммы, 40 мс	4,07
G.723m	6,3	30	67,5	43,73	2 дейтаграммы, 60 мс	3,87
G.723a	5,3	30	67,5	41,6	2 дейтаграммы, 60 мс	3,69

Зависимость R-фактора от потерь



Коэффициент A

Коэффициент выигрыша **A** введен в E-модель для компенсации коэффициентов ухудшений:

Пример системы связи	Максимальное значение A
Обычная (проводная)	0
Мобильная связь в здании	5
Мобильная связь в удаленном районе или в транспортном средстве	10
Связь в труднодоступном месте, например спутниковая	20

Значения основных параметров E-модели (1)

Параметр	Аббрев.	Единицы	Значение по умолчанию	Разрешенный диапазон	Замечание
Рейтинг громкости передачи	SLR	дБ	+8	0 ... +18	(Прим. 1)
Рейтинг громкости приема	RLR	дБ	+2	-5 ... +14	(Прим. 1)
Рейтинг маскировки местного эффекта	STMR	дБ	15	10 ... 20	(Прим. 2)
Рейтинг местного эффекта слушающего	LSTR	дБ	18	13 ... 23	(Прим. 2)
Значение D телефона на передающей стороне	Ds	-	3	-3 ... +3	(Прим. 2)
Значение D телефона на приемной стороне	Dr	-	3	-3 ... +3	(Прим. 2)
Рейтинг громкости эха говорящего	TELR	дБ	65	5 ... 65	
Взвешенное затухание канала эха	WEPL	дБ	110	5 ... 110	
Средняя задержка канала эха в одном направлении	T	мс	0	0 ... 500	
Задержка в двух направлениях в 4-проводной замкнутой цепи	Tr	мс	0	0 ... 1000	
Абсолютная задержка в соединениях, свободных от эха	Ta	мс	0	0 ... 500	

Значения основных параметров E-модели (2)

Число устройств с искажением квантования	qdu	–	1	1 ... 14	
Коэффициент снижения качества оборудования	Ie	–	0	0 ... 40	
Коэффициент устойчивости к потере пакетов	Bpl	–	1	1 ... 40	(Прим. 3)
Вероятность случайной потери пакетов	Ppl	%	0	0 ... 20	(Прим. 3)
Коэффициент всплеска	BurstR	–	1	1 ... 2	(Прим. 3)
Шум цепи относительно точки 0 дБ _о	Nc	дБм _{0п}	–70	–80 ... –40	
Пороговый шум на стороне приема	Nfor	дБмп	–64	–	(Прим. 3)
Шум помещения на стороне передачи	Ps	дБ(А)	35	35 ... 85	
Шум помещения на стороне приема	Pr	дБ(А)	35	35 ... 85	
Коэффициент выигрыша	A	–	0	0 ... 20	

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Общие величины между микрофоном или приемником и точкой 0 дБ_о.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Постоянное отношение: $LSTR = STMR + D$.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – В настоящее время изучается.

Калькулятор R-фактора

Онлайн-калькулятор R-фактора + перевод в MOS:

<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com12/emodelv1/calcul.php>

Google: «ITU R Value Calculation»

<http://www.voiptroubleshooter.com/diagnosis/emodel.html>

Parameter	ID	Default	Value	Dimension
Electric Circuit Noise	Nc	(-70)	<input type="text" value="-70"/>	dBm0p
Noise Floor	Nfor	(-64)	<input type="text" value="-64"/>	dBmp
Room Noise (Send)	Ps	(35)	<input type="text" value="35"/>	dB(A)
Room Noise (Receive)	Pr	(35)	<input type="text" value="35"/>	dB(A)
Send Loudness Rating	SLR	(8)	<input type="text" value="8"/>	dB
Receive Loudness Rating	RLR	(2)	<input type="text" value="2"/>	dB
Sidetone Masking Rating	STMR	(15)	<input type="text" value="15"/>	dB
D-factor (Receive)	Dr	(3)	<input type="text" value="3"/>	
Listener's Sidetone Rating	LSTR	STMR+Dr	<input type="text" value="18"/>	dB
D-factor (Send)	Ds	(3)	<input type="text" value="3"/>	
Mean One-Way Delay	T	(0)	<input type="text" value="0"/>	ms
Absolute Delay from (S) to (R)	Ta	(=T)	<input type="text" value="0"/>	ms
Round-Trip Delay	Tr	(=2T)	<input type="text" value="0"/>	ms
Talker Echo Loudness Rating	TELR	(65)	<input type="text" value="65"/>	dB
Weighted Echo Path Loss	WEPL	(110)	<input type="text" value="110"/>	dB
Quantizing Distortion Units	qdu	(1)	<input type="text" value="1"/>	
Equipment Impairment Factor	Ie	(0)	<input type="text" value="0"/>	
Packet-loss Robustness Factor	Bpl	(1)	<input type="text" value="1"/>	
Packet-loss Probability	Ppl	(0)	<input type="text" value="0"/>	%
Burst Ratio	BurstR	(1)	<input type="text" value="1"/>	
Advantage Factor	A	(0)	<input type="text" value="0"/>	

Results

Calculated R-Factor **R**

Mean Opinion Score **MOS_{CEP}**

Options

T=Ta=Tr/2