



К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КАЧЕСТВА ПАКЕТНОЙ ПЕРЕДАЧИ РЕЧИ В СЕТЯХ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ

Ромашкова Оксана Николаевна,

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой прикладной информатики
института математики, информатики и естественных наук
Московского городского педагогического университета,
г. Москва, Россия, ox-rom@yandex.ru

Самойлов Вячеслав Евгеньевич,

аспирант кафедры автоматизации, телемеханики и связи
на железнодорожном транспорте Московского государственного
университета путей и сообщения Императора Николая II,
г. Москва, Россия, samoilov.1992@list.ru

АННОТАЦИЯ

В работе рассматривается актуальная на данный момент задача выбора критерия оценки качества речи. Целью работы является выбор методики оценки качества пакетной передачи речи и её адаптация к измерениям с использованием физического имитатора радиоканала. После обоснования выбора, в качестве критерия оценки качества передачи речи, слоговой разборчивости проводится оценка качества пакетной передачи речи в дециметровом диапазоне волн. В качестве объекта исследования используется физический имитатор радиоканала с входящей в него имитационной физической моделью радиолинии. Радиоканал дециметрового диапазона волн создаётся радиокартами стандарта Radio Ethernet 802.11 – Wi-Fi, работающими в диапазоне частот 2,4 ГГц. В работе также, описывается методика оценки слоговой разборчивости с использованием физического имитатора радиоканала. Приводятся результаты оценки слоговой разборчивости радиоканала дециметрового диапазона волн, полученные в условиях реальных артикуляционных испытаний. В виде табличных данных приводится зависимость процента правильно принятых слогов по каждой слоговой таблице от затухания в имитационной физической модели радиолинии по каждой использованной таблице из приложения Б ГОСТ Р 50840-95. В графическом и табличном виде приводится зависимость слоговой разборчивости от затухания в имитационной физической модели радиолинии. С помощью таблицы классов качества производится оценка качества пакетной передачи речи по трём градациям: «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично». Определяются диапазоны затухания имитационной физической модели радиолинии, которые соответствуют этим градациям.

Ключевые слова: качество передачи речи; пакетная передача речи; слоговая разборчивость; физический имитатор радиоканала, имитационная физическая модель радиолинии, дециметровый диапазон волн, затухание.

Для цитирования: Ромашкова О. Н., Самойлов В. Е. К определению качества пакетной передачи речи в сетях подвижной связи // Научные исследования в космических исследованиях Земли. 2017. Т. 9. № 3. С. 39–44.



Введение

Для оценки качества передачи речи в сетях подвижной связи третьего поколения применяют методики, учитывающие различные критерии качества, такие как критерии ОСШ, MOS, метод измерения индекса артикуляции AI, индекс разборчивости речи SII, сегментальные испытания, различные виды артикуляционных испытаний (словесная разборчивость речи, фразовая разборчивость речи, слоговая разборчивость речи) и др. Однако в отечественных стандартах и исследованиях [1–3] чаще используется оценка слоговой разборчивости, поскольку она имеет ряд преимуществ (меньшую запоминаемость, удобство при обработке и др.). Этот критерий основан на таблицах бес-связных слогов, содержащих в нужном соотношении все звуки речи. Слоговая разборчивость — это субъективная оценка, и поэтому она наиболее адекватно определяет качество при реальном разговоре. Ряд научных работ [4–7] предлагают аналитические методики оценки слоговой разборчивости речевого сигнала для различных языков.

В последние годы стал использоваться и другой способ субъективной оценки качества передачи речи — краудсорсинг. Этот метод основан на привлечении к оценке качества связи абонентов сети и активно используется операторами сотовой связи. Метод имеет ряд достоинств, в частности, минимальные временные и финансовые затраты, однако если говорить о точности измерений, то краудсорсинг в этом уступает классической слоговой разборчивости, поскольку выбор абонентов осуществляется случайным образом, и в момент оценки качества связи на абонента могут воздействовать различные внешние факторы, влияющие на точность проведения измерений.

Кроме того, дополнительным преимуществом определения слоговой разборчивости является возможность перехода между значениями слоговой, словесной, фразовой, числовой и формантной разборчивости, поскольку существуют определённые взаимозависимости, описанные специальными графиками [8].

Всё вышесказанное определяет актуальность исследования, а так же объект и предмет данной статьи.

Методика определения слоговой разборчивости с использованием физического имитатора радиоканала

Остановимся подробнее на методике оценки слоговой разборчивости согласно ГОСТ Р 50840–95, поскольку она довольно трудоёмка и времязатратна. Используемый стандарт регламентирует комплексное оценивание качества передачи речи. Комплексная оценка включает: слоговую разборчивость, заметность искажения качества речи в тракте (аппаратуре) связи по методу парных сравнений относительно контрольного тракта, заметность искажения шести селективных признаков (картавость, гнусавость и др.), а также ряд других оценок.

Как было представлено во введении из вариации критериев качества, регламентируемых стандартом, нами была выбрана оценка качества восстановления речи по критерию слоговой разборчивости. Следовательно, при

проведении артикуляционных испытаний с использованием физического имитатора радиоканала (ФИРК) должны выполняться следующие основные требования:

- измерения проводятся в климатических условиях соответствующих ГОСТ 15150–95;
- в помещении для проведения испытаний уровень шума должен быть не более 50 дБ;
- измерения проводит бригада, в составе которой должно быть не менее трёх auditors в возрасте от 18 до 30 лет, не имеющих дефектов речи и слуха;
- подготовка к проведению измерений заключается в подаче на вход испытуемого тракта (аппаратуры) речевого теста (таблицы) и записи на выходе тракта.

Определение слоговой разборчивости проходит в следующем порядке:

1. Артикуляционные испытания проводит бригада в составе, трёх auditors, прошедшая специальную подготовку, путём предварительного прослушивания используемых артикуляционных слоговых таблиц приложения Б ГОСТ Р 50840–95.

2. Бригада операторов проводит ознакомление с речевым материалом, привыкает к восприятию искажённой в условиях испытуемого цифрового тракта речи.

3. Каждый аудитор прослушивает аудиозапись искажённой слоговой таблицы и записывает принятые слоги в бланк. Неверно воспринятый слог аудитор выделяет в соответствующей строке бланка принятых слогов.

4. Подобным образом испытания проводятся несколько раз при разных уровнях искажения сигнала. При этом каждый раз последовательность таблиц изменяется.

Для каждого испытания определяется среднее значение разборчивости, после чего определяют сомнительные значения, которые убирают из расчёта, и определяют новое значение слоговой разборчивости

В случае достижения бригадой стабильных результатов измерения разборчивости (двух-трёхдневная стабильность значений средней слоговой разборчивости по бригаде) испытания считают законченными.

После приёма 5 таблиц бригада должна сделать 5–10 минутный перерыв. В случае работы в шумных помещениях (с уровнем шума выше 50 дБ) бригада приступает к испытаниям после нескольких минут адаптации к шуму.

Для определения слоговой разборчивости с использованием ФИРК можно использовать и аналитическую методику расчёта слоговой разборчивости для русскоязычного речевого сообщения, и её аппроксимацию, полученные в работе [10]. Методика аналитической оценки слоговой разборчивости русскоязычной речи представлена ниже и формулой 1 [10].

$$S = 35 + 65(1 - e^{-0,050СШ}) \quad (1)$$

Однако в нашей работе была использована методика, представленная в ГОСТ Р 50840–95 для исключения погрешностей, возникших в ходе разработки аналитического метода оценки слоговой разборчивости и аппроксимации его кривых.

Постановка эксперимента по оценке слоговой разборчивости пакетной передачи речи в радиоканале диапазона 2,4 ГГц

Оценка слоговой разборчивости пакетной передачи речи в радиоканале диапазона 2,4 ГГц основана на использовании физического имитатора радиоканала и входящей в него имитационной физической модели радиолинии (ИФМР), предложенных в работах [10–11].

На рис. 1 приведена схема, предназначенная для имитации радиосигнала диапазона 2,4 ГГц (подобная схема может применяться и в других диапазонах частот).

На вход ФИРК от ПК1 подавалась последовательность из 55 оцифрованных слоговых таблиц, которые, согласно приложению Б ГОСТ Р 50840–95, предназначены для определения слоговой разборчивости. Минимальная продолжительность передаваемой аудиозаписи составила 60 минут, поскольку данный временной отрезок является оптимальным для определения качества пакетной передачи речи [6]. Для цифровой аудиозаписи использовалась частота дискретизации 44100 Гц и равномерное квантование с числом уровней квантования $2^{16} = 65536$.

Для определения качества пакетной передачи речи в дециметровом диапазоне волн использовался радиоканал диапазона 2,4 ГГц, создаваемый приёмной и передающей радиокартами стандарта Radio Ethernet 802.11 — Wi-Fi. В качестве источника и приёмника сигнала применены два персональных компьютера.

ИФМР так же, как и в работах [10–11], представляет собой коаксиальную линию с дискретным аттенуатором, вносящим затухание в линию. Изменение затухания в ИФМР позволяет имитировать удаления приёмника от

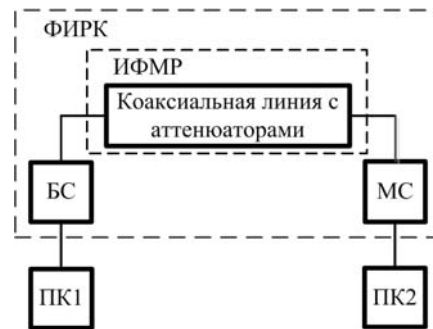


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для имитации радиосигнала: ПК1 – персональный компьютер на входе ФИРК (источник сигнала), ПК2 – персональный компьютер на выходе ФИРК (приёмник сигнала), БС – базовая станция, МС – мобильная станция

передатчика и вносить искажения в передаваемую аудиозапись слоговых таблиц.

Результаты субъективной оценки качества пакетной передачи речи в радиоканале диапазона 2,4 ГГц

Согласно регламенту проведения артикуляционных испытаний, описанному в, для оценки качества передачи речи по радиоканалу диапазона 2,4 ГГц достаточно использовать 20 слоговых таблиц, представленных в приложении Б (для оценки были взяты таблицы Б100 — Б119).

Измерения проводила бригада аудиторов в составе 10 человек. В ходе измерений каждым аудитором для 17 начений

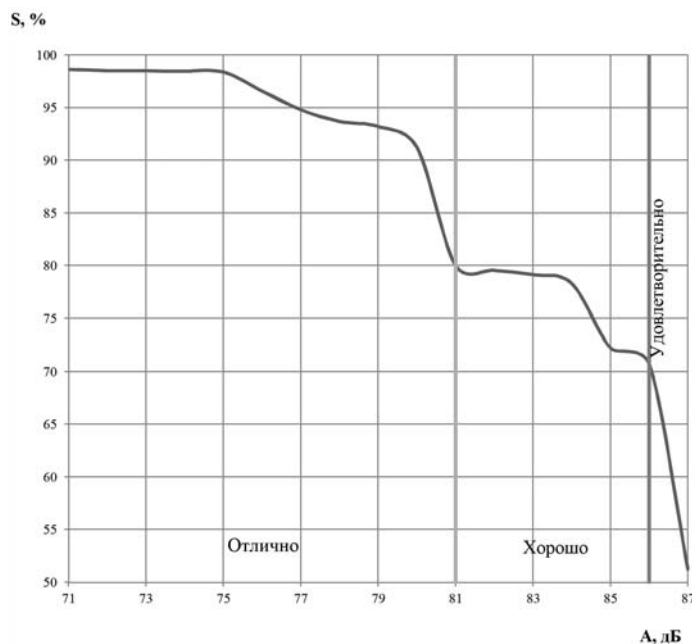


Рис. 2. Зависимость слоговой разборчивости от затухания ИФМР

Таблица 1

Зависимость процента правильно принятых слогов по каждой слоговой таблице от затухания ИФМР

Затухание, вносимое ИФМР, дБ	Слоговые таблицы												
	Б100	Б101	Б102	Б103	Б104	Б105	Б106	Б114	Б115	Б116	Б117	Б118	Б119
71	97,4	98,3	98,4	99	98,8	97,2	99,2	99,1	99,2	99,2	99	98,1	97,7
72	98,9	98,5	98	98,8	98,8	98,2	99,2	98,6	99,2	99	98,2	97,6	96,5
73	99,2	98,2	98,2	98,2	98,9	97,4	98,6	98,7	99,1	98,9	99	97,2	97,6
74	98,7	98,1	98,2	98,2	97,6	98,7	98,2	98,9	98,6	98,7	98,7	98,4	97,7
75	96	96,8	98,2	98,8	99,1	98,1	99,1	96,8	98	98,9	99,1	98,1	98,3
76	92,4	96,4	93,9	96	94	98,3	97,1	96,9	99,1	97,1	97,2	95,2	95,2
77	99,2	98,7	87,5	97,9	94,6	95,2	95,4	94,2	93,6	92,3	97,1	92,6	91,8
78	95,8	91,2	92	96,4	92,7	92,2	95,1	91,7	93,6	95,7	93,6	90,8	92,7
79	93,6	95,8	95,7	88,2	91,7	94,3	91,2	95,1	95	91,4	93,7	92,4	93,6
80	94,6	90,3	90,8	90,3	93,8	91,4	91,4	92,7	91,9	91,3	91,9	85,4	90,5
81	84,5	79,1	78	78,3	78,3	76,8	81,5	81,3	79	82	82,6	78,2	81,9
82	82,3	77,5	81,6	81,8	77,2	76,9	79	74,7	82,8	80,5	81,4	77,1	79,7
83	82,3	78,4	83	83	81,4	80,2	80,7	74,6	80,2	76,7	77,6	73,4	77,1
84	72,4	77,1	77,7	84,3	81,2	76,8	78,3	77,7	78,5	79,7	79,7	74,6	78
85	73,8	77,8	71,2	78,8	74	70	71,6	66,2	72,9	71,3	75,7	70,7	64,9
86	73,2	72,5	73	74,3	72,6	68,2	73,9	71,5	70,7	67,4	65,9	65,6	67,7
87	53,1	54,8	51,3	53,5	53,6	51	52,2	49,7	55,7	48,7	49,7	42,2	47

Таблица 2

Зависимость слоговой разборчивости от затухания ИФМР

Затухание, вносимое ИФМР А, дБ	Среднее значение разборчивости S, %
71	98,64
72	98,52
73	98,49
74	98,47
75	98,38
76	96,58
77	94,8
78	93,7
79	93,21
80	91,21
81	80
82	79,56
83	79,15
84	78,3
85	72,23
86	70,68
87	51,25

затуханий ИФМР в диапазоне 71–87 дБ с шагом в 1 дБ были заполнены бланки для записи слогов (по 20 бланков для каждого значения затухания). По заполненным бланкам аудитором определялся процент правильно принятых слогов и, в итоге, после подсчёта правильно принятого процента слогов и объединения данных в единую таблицу, было получено значение слоговой разборчивости пакетной передачи речи в радиоканале диапазона 2,4 ГГц.

Некоторые значения процента правильно принятых слогов определённые бригадой по каждой слоговой таблице для 17 значений затуханий ИФМР, представлены в табл. 1.

Результирующие значения разборчивости, полученные путём усреднения, для каждого значения затухания ИФМР приведены в табл. 2.

После анализа данных, полученных в ходе проведения артикуляционных испытаний, опираясь на таблицу классов качества из ГОСТ Р 50840–95, можно заключить, что при затуханиях в ИФМР от 71 до 81 дБ передача речи осуществляется с оценкой «отлично», при затуханиях от 82 до 86 дБ — «хорошо», а при затухании 87 дБ — «удовлетворительно». Кроме этого, в ходе проведения эксперимента было установлено, что при значении затухания 88 дБ связь обрывается. Для иллюстрации приведён рис. 2, который графически отражает зависимость слоговой разборчивости от затухания в ИФМР.

Отклонения на графике в точках с затуханием 81 и 85 дБ могли возникнуть в результате появления погрешностей в ходе проведения испытаний, что говорит о необходимости их повторения для уточнения результатов.

Полученные значения слоговой разборчивости можно сравнить со значениями в работе [9], построив зависимость слоговой разборчивости от отношения сигнал/шум (ОСШ). Значения ОСШ возьмём из работы [10], поскольку в ней исследовался радиоканал диапазона 2,4 ГГц с таким же оборудованием и характеристиками. Рисунок 3 отражает зависимость слоговой разборчивости от ОСШ. На рисунке цифрой 1 обозначена зависимость, полученная в ходе эксперимента, а цифрой 2 — зависимость построенная с использованием формулы 1.

Проводя анализ графиков, стоит отметить, что результаты, полученные в нашей работе близки к результатам, полученным в работе [9], а график 2 является «линией тренда» по отношению к графику 1.

Заключение

В работе рассмотрена процедура оценки пакетной передачи речи в дециметровом диапазоне волн по критерию слоговой разборчивости. Особенностью работы является средство исследования — ФИРК. Анализ результатов, полученных в ходе исследования, говорит о необходимости дальнейшего изучения данного объекта с использованием других критериев оценки качества. Благодаря простоте реализации ФИРК может оказаться весьма полезным инструментом для определения качества в сетях подвижной связи с пакетной передачей речи без проведения натурных испытаний.

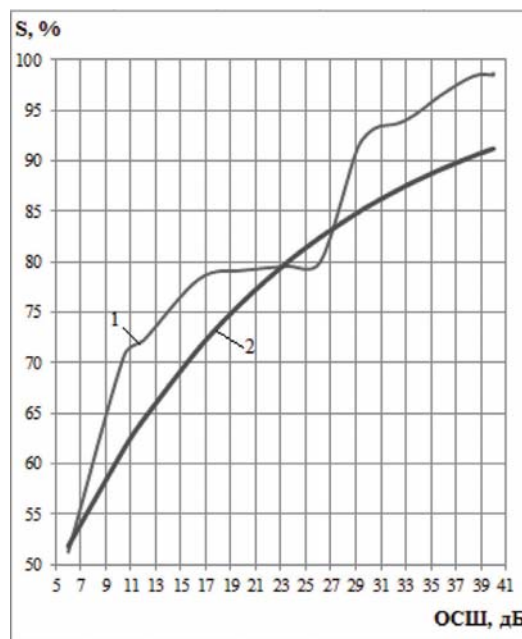


Рис. 3. Зависимость слоговой разборчивости от затухания ОСШ

Литература

1. Горелов Г. В., Клецов Г. И., Попов И. Л. Пакетная передача речи в сетях подвижной связи // Мир транспорта. 2014. № 3. С. 55–59.
2. Росляков А. В., Самсонов М. Ю., Шибалева И. В. IP-телефония. М.: Эко-Трендз, 2001. 250 с.
3. Яновский Г. Г. Оценка качества передачи речи // Вестник связи. 2008. № 2. С. 91–94.
4. Горелов Г. В., Бахтиярова Е. А. Вероятностные характеристики сообщения устной казахской речи // Телекоммуникации. 2007. № 9. С. 8–9.
5. Горелов Г. В., Бахтиярова Е. А., Карнов А. В. Вероятностные характеристики речевого трафика // Мир транспорта. 2007. № 1(17). С. 22–25.
6. Горелов Г. В., Житнов А. А., Вин Х. Пакетная передача речи с использованием динамической беспроводной сети AD-НОС Network стандарта 802.11 // Проектирование и технология электронных средств. 2011. № 3. С. 24–25.
7. Горелов Г. В., Ромашкова О. Н., Чан Т. А. Качество управления речевым трафиком в телекоммуникационных сетях: монография. М.: Радио и связь, 2001. 112 с.
8. Сапожков М. А. Речевой сигнал в кибернетике и связи. М.: Связьиздат, 1963. 452 с.
9. Горелов Г. В., Казанский Н. А., Лукова О. Н. Методика оценки качества пакетной передачи речи в интегральных цифровых сетях // Электросвязь. 1992. № 9. С. 31–33.
10. Горелов Г. В., Попов И. Л., Маркачев С. А., Самойлов В. Е. К определению зоны эстафетной передачи в сетях сотовой связи технологии многостанционного доступа

с кодовым разделением // Проектирование и технология электронных средств. 2015. № 2. С. 51–55.

11. Горелов Г.В., Попов И.Л., Самойлов В.Е. Зона эстафетной передачи в сети стандарта сотовой связи третьего

поколения технологии МДКР // Юбилейная 70-я Всероссийская научно-техническая конференция, посвящённая Дню радио: сб. трудов. (21–29 апреля 2015, Санкт-Петербург). СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. № 1. С. 319–320.

TO THE DEFINITION OF PACKET SPEECH TRANSMISSION QUALITY IN MOBILE NETWORKS

Oxana N. Romashkova,
Moscow, Russia, ox-rom@yandex.ru

Vyacheslav E. Samoylov,
Moscow, Russia, samoilov.1992@list.ru

ABSTRACT

The work discusses the currently relevant problem of a choice of criterion of speech quality. The aim of the work is the choice of the methods of assessing the quality of packet speech and its adaptation to the measurements with the use of the physical simulator of radio. After the study of choice, as a criterion of speech transmission quality, syllabic intelligibility assessment of the quality of packet voice transmission in the UHF band. As the object of study is a physical simulator of the radio component of a simulation physical model of radio. Radio decimetric waves is created by Prox standard 802.11 Radio Ethernet – Wi-Fi, operating in the frequency range of 2.4 GHz. The paper also describes the method of estimating syllable intelligibility using a physical channel simulator. The results of the evaluation of syllabic intelligibility of UHF radio waves received in actual articulation tests. The tabular data shows the correlation of the percentage of correctly accepted syllables for each syllable from the table of attenuation in the simulation of the radio link physical model used for each table from Annex B GOST R50840-95. In graphical and tabular forms shows the correlation of syllabic intelligibility of damping in the radio physical model simulation. Using the table of grades is assessment of the packet speech quality in three grades: "satisfactory", "good" and "excellent". Ranges are damping simulation the radio physical model of the that correspond to these gradations.

Keywords: voice quality; batch transmission of speech; syllable intelligibility; physical radio channel simulator, simulation the physical model of the radio system, UHF waveband, attenuation.

References

1. Gorelov G.V., Klaptsov G.I., Popov I.L. Packet transmission of speech in mobile networks. *World of Transport and Transportation*. 2014. No. 3. Pp. 55-59. (In Russian)
2. Roslyakov A.V., Samsonov M.Y., Shibaeva I.V. *IP-telefoniya* [IP telephony]. Moscow: Eco-Trends, 2001. 250 p.
3. Yanovsky G.G. Otsenka kachestva peredachi rechi [Evaluation of quality of speech transmission]. *Vestnik svyazi* [Herald of communication]. 2008. No. 2. Pp. 91-94.
4. Gorelov G.V., Bakhtiyarova E.A. The probabilistic characteristics of the oral message of the Kazakh language. *Telekommunikatsii* [Telecommunications]. 2007. No. 9. Pp. 8-9.
5. Gorelov G.V., Bakhtiyarova E.A., Karpov A.V. The probabilistic characteristics of the speech traffic. *World of Transport and Transportation*. 2007. No. 1(17). Pp. 22-25.
6. Gorelov G.V., Sitnov A.A., H. Wines. Packet transmission of speech using dynamic wireless network AD-HOC standard 802.11. *Proektirovanie i tekhnologiya elektronnykh sredstv* [Design and technology of electronic means]. 2011. No. 3. Pp. 24-25.
7. Gorelov G.V., Romashkova O.N., Chan T. A.. *Kachestvo upravleniya rechevym trafikom v telekommunikatsionnykh setyakh: monografiya* [Quality of control for speech traffic in telecommunication networks: monograph]. Moscow: Radio i svyaz', 2001. 112 p.
8. Sapozhkov M.A. *Rechevoy signal v kibernetike i svyazi* [Speech signal in cybernetics and communication]. Moscow: Svyaz'izdat, 1963. 452 p.
9. Gorelov G.V., Kazanskiy N.A., Lucova O.N. Metodika otsenki kachestva paketnoy peredachi rechi v integral'nykh tsifrovyykh setyakh [Methods of evaluation the quality of packet transmission of speech in integrated digital networks]. *Elektrosvyaz'* [Electric communication]. 1992. No. 9. Pp. 31-33.
10. Gorelov G.V., Popov, I.L., Markachev S.A., Samoilov V.E. To the definition of the zone handoff in cellular network technology multiple access with code division. *Proektirovanie i tekhnologiya elektronnykh sredstv* [Design and technology of electronic means]. 2015. No. 2. Pp. 51-55.
11. Gorelov G.V., Popov I.L., Samoilov V.E. Zona estafetnoy peredachi v seti standarta sotovoy svyazi tret'ego pokoleniya tekhnologii MDKR [Area handoff in networks of cellular communication of the third generation technology multiple access with code division]. *Yubileynaya 70-ya Vserossiyskaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya, posvyashchennaya Dnyu radio: sb. trudov.* [Anniversary 70th All-Russian Scientific and Technical Conference, dedicated to Radio Day: Proceedings of the Conference Title. St.-Petersburg, 21-29 april 2015]. St. Petersburg, Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy elektrotekhnicheskii universitet «LETI», 2015. No. 1. Pp. 319-320.

Information about authors:

Romashkova O.N., PhD, full professor, head of Department «Applied Informatics», Institute of mathematics, Informatics and natural Sciences, «Moscow City Pedagogical University (MGPU)»;
Samoylov V.E., post-graduate student of the Department «ATC on RT», «Moscow State University of railway engineering (MIIT)».

For citation: Romashkova O.N., Samoylov V.E. To the definition of packet speech transmission quality in mobile networks. *H&ES Research*. 2017. Vol. 9. No. 3. Pp. 39-44. (In Russian)