

УДК 004.056

Корректировка методики оценки защищенности речевой информации от утечки по техническим каналам в условиях форсирования речи*

А.В. ИВАНОВ¹, И.Л. РЕВА², В.А. ТРУШИН³, У. ТУДЭВДАГВА⁴

¹ 630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, ассистент, e-mail: ivanov_av87@mail.ru

² 630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, к. т. н., доцент, e-mail: reva@corp.nstu.ru

³ 630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, к. т. н., заведующий кафедрой, e-mail: rastr89@mail.ru

⁴ 630073, Монголия, г. Улан-Батор, ул. Бага Тойруу, 34, Монгольский государственный университет науки и технологий, к. т. н., профессор, e-mail: uranchimeg@must.edu.mn

Появление новых информационных технологий и развитие мощных компьютерных систем хранения и обработки информации ежегодно повышают требования к уровню и эффективности защиты информации. Таким образом, угроза защиты информации сделала средства обеспечения информационной безопасности одной из обязательных характеристик информационной системы. Речевая информация, циркулирующая в помещении, без труда снимается техническими средствами разведки с окон, стен, вентиляции, отопления, да и просто путем прямого подслушивания. Для того чтобы количественно оценить возможность утечки акустической информации по техническим каналам, существует ряд методик её оценки (Покровского Н.Б., Быкова Ю.С., Сапожкова М.А., AI, STI, RASTI). В России за основу принят формантный метод. Методика имеет ряд недостатков. Целью работы являлось исследование достоверности оценки защищенности форсированной речевой информации от утечки по техническим каналам по критерию словесной разборчивости и её усовершенствование. В статье проводится сравнение зависимостей, полученных на основе артикуляционных испытаний со связными текстами, и зависимостей, рассчитанных по существующей методике оценки разборчивости речи в условиях форсирования речи. Предлагаются варианты усовершенствования методики путем линеаризации функций коэффициента восприятия от уровня ощущений $P(E)$ и словесной разборчивости от формантной $W(R)$. Проводится расчет и анализ зависимостей, полученных по усовершенствованной методике оценки разборчивости речи в задачах защиты информации. В заключении представлены основные результаты работы и её последующее развитие.

Ключевые слова: информационная безопасность, методика оценки защищенности, метод Покровского, разборчивость речи, технические каналы утечки информации, коэффициент восприятия, уровень ощущений, линеаризация, форсированная речь

ВВЕДЕНИЕ

Для оценки защищенности речевой информации от утечки по техническим каналам используется общепринятая методика [1], основанная на формантном методе Н.Б. Покровского [2, 3]. Данная оценка проводится при аттестации помещений, предназначенных для проведения переговоров. При этом количественным показателем защищенности является словесная разборчивость речи (W).

Следует отметить, что все базовые зависимости, используемые в методике [1], были получены Покровским для задач, существенно отличающихся от условий защиты информации

* Статья получена 3 февраля 2014 г.

(оценка качества линий связи). В связи с этим к методике предъявлялось множество претензий, многие из которых скорректированы (устранены) в работах [4–10].

Еще одним существенным недостатком методики является неучет возможного форсирования речи. Этот эффект объясняется непровольным повышением уровня речи диктора (говорящего) при воздействии на него шума высокой интенсивности. Таким образом, человек пытается услышать собственную речь, осуществляя самоконтроль. Количественно это явление характеризуется приращением суммарной интенсивности речи в зависимости от суммарного уровня шума, воздействующего на говорящего.

Повышение уровня речи, вызванное усиленным напряжением голосовых связок, называется форсированием. Помимо повышения общего уровня и суммарной интенсивности спектра речи, форсирование сопровождается также перераспределением энергии в область высоких частот, рис. 1 [3, стр. 201, рис. 9.2].

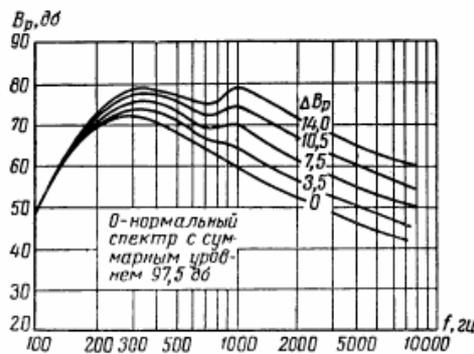


Рис. 1. Частотный спектр форсированной речи при различной степени форсирования

КОРРЕКТИРОВКА

Для изучения влияния форсирования речи на разборчивость были поставлены новые артикуляционные испытания, при которых для достижения эффекта форсирования во время записи речи диктору через наушники подавался шумовой сигнал такого уровня, чтобы ему приходилось существенно повышать голос. Результаты эксперимента представлены на рис. 2.

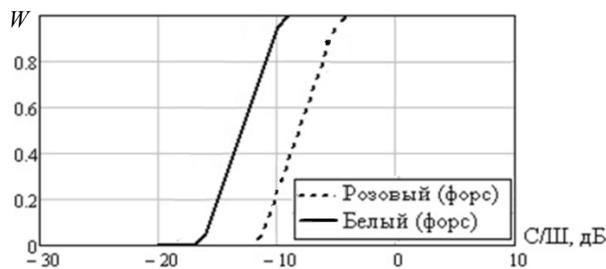


Рис. 2. Экспериментальная зависимость словесной разборчивости (W) от соотношения сигнал/шум (C/Π) для белого и розового шума при использовании форсированного спектра речи

Для сопоставления результатов эксперимента с методикой [1] был проведен расчет аналогичных зависимостей для обычной речи и форсированной.

Полученные результаты говорят о полном расхождении теоретических и экспериментальных данных и указывают на некорректность использования методики [1] как в случае

обычной речи [10], так и особенно с учетом эффекта форсирования. Все это приводит к необходимости рассмотрения и изменения базовых зависимостей, лежащих в основе методики оценки защищенности.

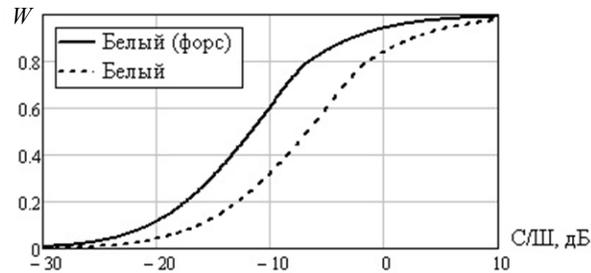


Рис. 3. Расчетная зависимость словесной разборчивости (W) от соотношения сигнал/шум (C/N) для белого шума при использовании стандартного спектра речи и форсированного

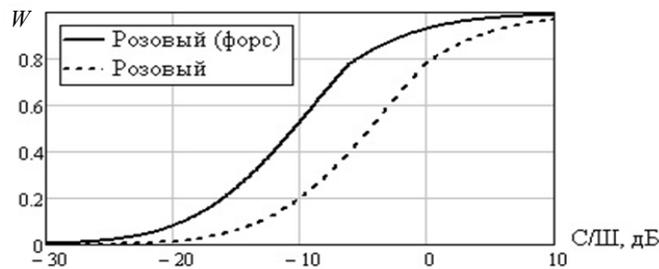


Рис. 4. Расчетная зависимость словесной разборчивости (W) от соотношения сигнал/шум (C/N) для розового шума при использовании стандартного спектра речи и форсированного

Очевидным параметром, нуждающимся в пересмотре, является зависимость коэффициента восприятия от уровня ощущения $P(E)$. Известно, что данная зависимость существенно изменяется при воздействии на слушателя сильного мешающего шума. В методике [1] данная зависимость выбрана для случая фонового шума соответствующего 40 дБ (акустическое давление относительно 20 мкПа), тогда как в реальных условиях проведения переговоров шум может быть гораздо выше, а если рассматривать ситуацию с точки зрения перехвата информации, то добавляется еще и маскирующий шум от средств активной защиты.

Расчетные исследования и учет влияния $P(E)$ на показатель разборчивости речи дали ниже следующие зависимости для двух случаев: обычная речь и форсированная. На рис. 5 приводится сопоставление исходной зависимости и вновь полученных.

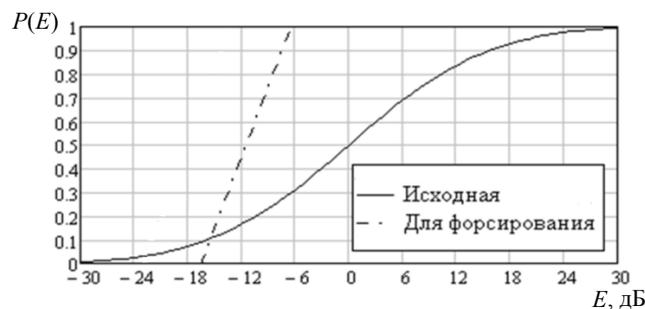


Рис. 5. Сопоставление зависимостей коэффициента восприятия (P) от уровня ощущений (E)

В аналитической форме новые зависимости выражаются следующим образом:

$$P(E) = \begin{cases} 0.1 \cdot E + 1.65, & \text{если } E \leq -6.5; \\ 1, & \text{если } E > -6.5; \\ 0, & \text{если } E < -16.5. \end{cases}$$

Ранее было показано, что линейризация не приводит к искажению результатов, вместе с тем, упрощает расчетную часть методики, уменьшая погрешность косвенных измерений [9, 10]

Также целесообразна линейризации зависимости словесной разборчивости (W) от формантной (R).

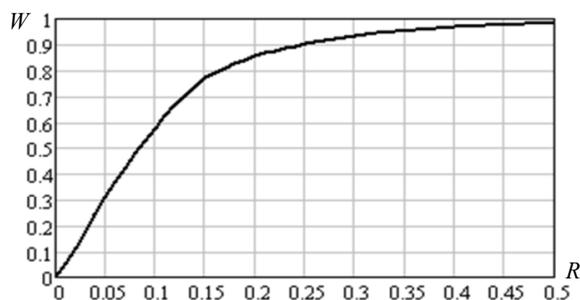


Рис. 6. Исходная зависимость показателя словесной разборчивости (W) от формантной (R)

На участке значений W от 0 до 0.6 зависимость ведет себя практически линейно. При этом в работах Хорева А.А. показано, что для задач защиты информации разборчивость больше 0.6 равноценна незащищенной речевой информации.

Учитывая вышесказанное, предлагается заменить функцию $W(R)$ на зависимость следующего вида (рис. 7):

$$X(R) = \begin{cases} 6 \cdot R, & \text{если } R \leq 0.1; \\ 1, & \text{если } R > 0.1. \end{cases}$$

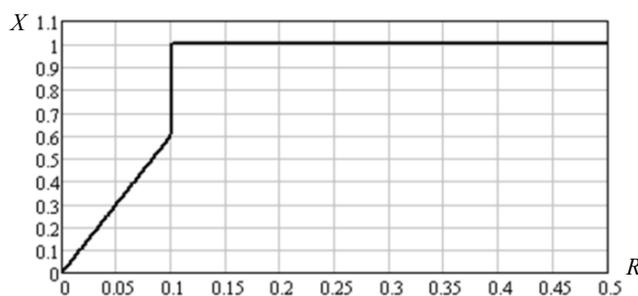


Рис. 7. Линейризованная зависимость показателя защищенности акустической информации (X) от формантной разборчивости речи (R)

Расчеты по скорректированным зависимостям (для обычной речи и форсированной) дали следующие результаты, сопоставимые с полученными при артикуляционных испытаниях.

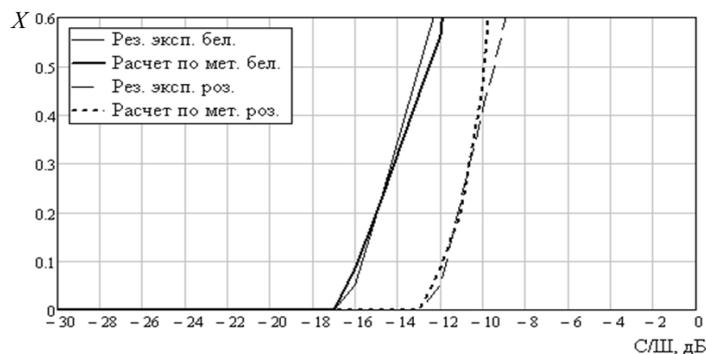


Рис. 8. Зависимости показателя защищенности (X) от соотношения сигнал/шум (C/Π) для белого и розового шумов при использовании форсированного спектра речи по результатам артикуляционных испытаний и рассчитанные по обновленным зависимостям

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о большем соответствии полученной методики задачам защиты информации, для гарантии безопасности проведения переговоров необходимо проводить расчет по скорректированной методике для двух случаев (обычная и форсированная речь). Стоит отметить, что существенно упрощены расчетные формулы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Железняк В.К., Макаров Ю.К., Хорев А.А. Некоторые методические подходы к оценке эффективности защиты речевой информации // Спец. техника. – 2000. – № 4. – С. 39–45.
- [2] Хорев А.А., Макаров Ю.К. Оценка эффективности систем виброакустической маскировки // Вопр. защиты информации. – 2001. – № 1. – С. 21–28.
- [3] Покровский Н.Б. Расчет и измерение разборчивости речи. – М.: Связьиздат, 1962. – 390 с.
- [4] Трушин В.А. К вопросу об оценке разборчивости речи // Проблемы информационной безопасности государства, общества и личности: материалы 9 Всерос. науч.-практ. конф. – Томск, 2007. – С. 115–119.
- [5] Рева И.Л. Организация эксперимента по оценке разборчивости речи со связными текстами // Сб. науч. тр. НГТУ. – 2011. – № 1 (62). – С. 125–132.
- [6] О достоверности оценки защищенности речевой информации от утечки по техническим каналам / А.П. Бацула, А.В. Иванов, И.Л. Рева, В.А. Трушин // Докл. ТУСУРа. – 2010. – № 1 (21), ч. 1. – С. 89–92.
- [7] Иванов А.В., Рева И.Л., Трушин В.А. Реализация оптимальной помехи при защите речевой информации от утечки по акустическому и виброакустическому каналам // Науч. вестн. НГТУ. – 2011. – № 4 (45). – С. 151–154.
- [8] Трушин В.А., Рева И.Л., Иванов А.В. О методических погрешностях оценки словесной разборчивости речи в задачах защиты информации // Докл. ТУСУРа. – 2012. – №1 (25), ч. 2. – С. 180–185.
- [9] Трушин В.А., Рева И.Л., Иванов А.В. Расчет методической погрешности оценки разборчивости речи в задачах защиты информации // Технические средства защиты информации: тез. докл. X Белорус.–Рос. науч.–техн. конф. (Минск, 29–30 мая 2012 г.). – Минск: БГУИР, 2012. – С. 22.
- [10] Трушин В.А., Рева И.Л., Иванов А.В. Усовершенствование методики оценки разборчивости речи в задачах защиты информации // Ползунов. вестн. – 2012. – № 3/2. – С. 238–241.

Иванов Андрей Валерьевич, ассистент кафедры защиты информации Новосибирского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – исследования достоверности оценки защищенности речевой информации от утечки по техническим каналам. Имеет 8 публикаций. E-mail: ivanov_av87@mail.ru

Рева Иван Леонидович, кандидат технических наук, доцент кафедры защиты информации Новосибирского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – исследования

достоверности оценки защищенности речевой информации от утечки по техническим каналам, информационная безопасность. Имеет 12 публикаций. E-mail: reva@corp.nstu.ru

Трушин Виктор Александрович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий кафедрой защиты информации Новосибирского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – информационная безопасность. Имеет более 80 публикаций. E-mail: rastr89@mail.ru

Тудэвдагва Уранчимэг, кандидат технических наук, профессор Монгольского государственного университета науки и технологий. Основное направление научных исследований – человеко-машинные системы. Имеет более 50 публикаций, E-mail: uranchimeg@must.edu.mn

Corrected methods for the assessment of audio information security against leakage through engineering channels for forced speech*

A.V. IVANOV¹, I.L. REVA², V.A. TRUSHIN³, U. TUDEV DAGVA⁴

¹ Novosibirsk State Technical University, 20, K. Marx Prospekt, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, post-graduate student, e-mail: ivanov_av87@mail.ru

² Novosibirsk State Technical University, 20, K. Marx Prospekt, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, PhD (Eng.), e-mail: reva@corp.nstu.ru

³ Novosibirsk State Technical University, 20, K. Marx Prospekt, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, PhD (Eng.), head of department, e-mail: rastr89@mail.ru

⁴ Mongolian University of Science and Technology, Baga toiruu 34, Sukhbaatar District, Ulaanbaatar Mongolia, PhD (Eng.), professor, researcher, School of Computer Science, Technical University of Chemnitz, Germany. uranchimeg@must.edu.mn

The emergence of new information technologies and the development of powerful computer systems of information storage and processing toughen requirements to the level and efficiency of information security every year. Thus, a threat of information leakage made providing information security one of the obligatory characteristics of any information system. Such indoor audio information is easily taken by technical intelligence means from windows, walls, ventilation and heating systems and also simply by eavesdropping. There are various methods to estimate quantitatively the possibility of acoustic information leakage through engineering channels (e.g. Pokrovsky's, Bykov's, Sapozhkov's techniques as well as AI, STI, RASTI). In Russia the formant method is mostly used. This method has some shortcomings. According to the aforesaid, the purpose of the work is to study the reliability of assessment of forced speech information security against leakage through engineering channels by the verbal legibility criterion and its improvement. The paper compares the relationships derived from articulation tests with coherent text, and the calculated dependences of the current method of assessing speech intelligibility for forced speech. Some options to improve these methods by the linearization of the perception coefficient functions of the sensation level P(E) and verbal articulation of the formant legibility W(R) are proposed. The calculation and analysis of the relationships obtained by the improved method of assessing speech intelligibility in the problems of information security have been made. In conclusion, the main results of the work and its subsequent development are also presented.

Keywords: information security, security assessment methodology, Pokrovsky's method, speech intelligibility, technical channels of information leakage, the coefficient of perception, level of sensation, linearization, forced speech

REFERENCES

[1] Zhelezniak V.K., Makarov J.K., Horev A.A. Nekotorye metodicheskie podkhody k otsenke effektivnosti zashchity rechevoi informatsii [Some methodological approaches to evaluating the effectiveness of protection of speech information]. *Spetsial'naiia tekhnika – Special Appliances*, 2000, no. 4, pp. 39-45.

[2] Horev A.A., Makarov J.K. Otsenka effektivnosti sistem vibroakusticheskoi maskirovki [Evaluating the effectiveness of the vibro-acoustic masking systems]. *Voprosy zashchity informatsii – Information security*, 2001, no. 1, pp. 21-28.

[3] Pokrovskiy N.B. Raschet i izmerenie razborchivosti rechi [The calculation and measurement of speech intelligibility]. Moscow, Svyaz'izdat Publ., 1962. 390 p.

[4] Trushin V.A. K voprosu ob otsenke razborchivosti rechi [On the estimation of speech]. Problemy informatsionnoi bezopasnosti gosudarstva, obshchestva i lichnosti. Materialy 9 Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Problems of information security of the state, society and the individual. Proc. of the 9th International Scientific and Practical Conference]. Tomsk, 2007, pp. 115-119.

[5] Reva I.L. Organizatsiia eksperimenta po otsenke razborchivosti rechi so svyaznymi tekstami [Organization of experiment on legibility of speech assessment with coherent texts]. *Sbornik nauchnykh trudov NGTU* [Collection of scientific Papers of Novosibirsk State Technical University], 2011, no. 1 (62), pp. 125-132.

* Manuscript received February 3, 2014.

[6] Butsula A.P., Ivanov A.V., Reva I.L., Trushin V.A. O dostovernosti otsenki zashchishchennosti rechevoi informatsii ot utechki po tekhnicheskim kanalām [The reliability of estimate of security of voice information from leaking by technical channels]. *Doklady TUSURa* [Proc. of Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics], 2010, no. 1 (21), pt. 1, pp. 89-92.

[7] Ivanov A.V., Reva I.L., Trushin V.A. Realizatsiia optimal'noi pomekhi pri zashchite rechevoi informatsii ot utechki po akusticheskomu i vibroakusticheskomu kanalām [Realization of an optimal noise at protection of speech information from leak on acoustic and vibroacoustic channels]. *Nauchnyi vestnik NGTU* [Science Bulletin of Novosibirsk State Technical University], 2011, no. 4 (45), pp. 151-154.

[8] Trushin V.A., Reva I.L., Ivanov A.V. O metodicheskikh pogreshnostiakh otsenki slovesnoi razborchivosti rechi v zadachakh zashchity informatsii [About methodical errors of an assessment of verbal legibility of speech in the information security objects]. *Doklady TUSURa* [Proc. of Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics], 2012, no. 1 (25), pt. 2, pp. 180-185.

[9] Trushin V.A., Reva I.L., Ivanov A.V. Raschet metodicheskoi pogreshnosti otsenki razborchivosti rechi v zadachakh zashchity informatsii [Calculation of a methodical error of an assessment of legibility of the speech in problems of information security]. *Tekhnicheskie sredstva zashchity informatsii. Tezisy dokladov X Belorussko-Rossiiskoi nauchno-tekhnikeskoi konferentsii* [Technical means of information security. Abstracts of the 10th Belarusian-Russian scientific and technical conference (Minsk, on May 29-30, 2012)]. Minsk, BGUIR Publ., 2012, p. 22.

[10] Trushin V.A., Reva I.L., Ivanov A.V. Usovershenstvovanie metodiki otsenki razborchivosti rechi v zadachakh zashchity informatsii [Improvement of a method for legibility of speech assessment in the information security objects]. *Polzunovskii vestnik – Polzunov bulletin*, 2012, no. 3/2, pp. 238-241.