



## ИССЛЕДОВАНИЕ УТЕЧЕК КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО АКУСТОЭЛЕКТРИЧЕСКОМУ КАНАЛУ

**С. Н. Ивлиев**

*ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (г. Саранск, Россия)*

*ivliev\_sn@mail.ru*

*Введение.* Статья посвящена исследованию каналов утечек конфиденциальной информации от вспомогательных технических средств и систем (ВТСС), которым в настоящее время уделяется недостаточно внимания. Предлагаемое исследование направлено на решение данной проблемы.

*Материалы и методы.* Изучение величины утечек по акустоэлектрическому каналу проводилось на специализированном программно-аппаратном комплексе, служащем для аттестации информационных систем на предмет соответствия требованиям информационной безопасности в акустическом диапазоне. Исследования проводились в октавных диапазонах, согласно нормативно-справочной документации регуляторов (ФСТЭК, ФСБ).

*Результаты исследования.* В статье приводятся результаты измерения и оценка разборчивости речи различными вспомогательными техническими средствами.

*Обсуждение и заключения.* Анализ результатов исследования позволил выявить наиболее уязвимые элементы ВТСС, на основании которых были предложены меры по компенсации рисков от утечек конфиденциальной информации по акустоэлектрическому каналу.

**Ключевые слова:** микрофонный эффект, магнитоакустический канал, электроакустический канал, разборчивость речи, технические каналы утечки информации, формантный метод, октавная полоса

**Для цитирования:** Ивлиев С. Н. Исследование утечек конфиденциальной информации по акустоэлектрическому каналу // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 4. С. 499–504. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201604.499-504

## EXPERIMENTAL STUDY OF CONFIDENTIAL INFORMATION LEAKAGE THROUGH ACOUSTOELECTRIC CHANNEL

**S. N. Ivliyev**

*National Research Mordovia State University (Saransk, Russia)*

*ivliev\_sn@mail.ru*

*Introduction.* The article is concerned with protection of acoustic information from leakage through the auxiliary technical tools and systems. This problem is often ignored in modern engineering. The author proposes the methods for preventing information leakage.

*Materials and Methods.* Special software and hardware system was used for studying the scope of the information leakage through acoustoelectric channel. This system has certification of information systems for compliance with information security requirements in the acoustic range. The researches were carried out in octave bands according to normative documentation of the control institutions (FSTEK, FSB).

*Results.* The research work was focused mainly on the measurement and evaluation of speech intelligibility due to interference of electro-acoustic components the auxiliary technical tools and systems. The results of the speech intelligibility measurement were received from many auxiliary technical means.

*Discussion and Conclusions.* The analysis of the research results allowed identifying the most vulnerable elements of the auxiliary technical tools and systems. The author proposes relevant measures for protection of acoustic information from leakage through acoustoelectric channel.

**Keywords:** MIC effect, magnetoacoustic channel, electroacoustic channel, speech intelligibility, technical channels of information leakage, formant method, octave band

**For citation:** Ivliyev S.N. Experimental study of confidential information leakage through acoustoelectric channel. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2016; 4(26):499-504. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201604.499-504

## Введение

В настоящее время в развивающихся экономиках (в частности, в странах СНГ) все большее внимание уделяется защите конфиденциальной информации. К сожалению, в данной области до настоящего времени существуют следующие стереотипы:

1) шифрование информации решает все проблемы ее защиты;

2) съем информации возможен только с помощью специального дорогостоящего шпионского оборудования.

По поводу применения шифрования отметим, что ввод, обработка, а очень часто и передача информации происходит в открытом виде. Например, обсуждение проблем, связанных с конфиденциальной информацией происходит на каком-либо языке (русском, английском и т. д.). Следовательно, речь идет о техническом аспекте ее защиты: например, снижении вероятности несанкционированного прослушивания процесса обсуждения того или иного проекта.

Сторонники второго стереотипа придерживаются мнения, что обсуждение необходимо проводить в бункере или помещении с абсолютной звукоизоляцией. Однако большинство помещений такого рода трудно представить без вспомогательных технических средств (ВТСС): средств связи и сигнализации, пожарно-охранных системы, систем электропитания и др.

## Обзор литературы

В настоящее время в бизнес-сообществе активно обсуждаются вопросы защиты акустической (речевой) информации от перехвата, предлагаются различного рода генераторы помех, однако при этом практически не исследуются вопросы акустоэлектрических преобразований. Данная работа посвящена анализу уязвимостей от таких преобразований и является продолжением исследований в области технической защищенности систем обработки конфиденциальной информации и систем обработки персональных данных в образовательных учреждениях, проводимых на кафедре сервиса ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» [1–3].

Для оценки защищенности акустического канала передачи информации используются различные методики измерения уровня паразитного информационного сигнала от ВТСС. На наш взгляд, наиболее предпочтительным является оценка разборчивости речи. Данная методика впервые была предложена Н. Б. Покровским [4] и в дальнейшем усовершенствована Я. И. Железняком, Ю. К. Макаровым и А. А. Хоревым [5–6]. В последней работе предлагается использовать для результатов анализа 5 октавных диапазонов.

## Материалы и методы

Целью работы является измерение разборчивости речевого сигнала в различных акустоэлектрических преобра-



зователях (АЭП). Под АЭП понимают устройство, преобразующее акустическую энергию (т. е. энергию упругих волн в воздушной среде) в электромагнитную энергию в схемах тех устройств, в которых находятся АЭП. Наиболее распространенные АЭП линейны, т. е. удовлетворяют требованиям неискаженной передачи сигнала, и обратимы, т. е. могут работать и как излучатель, и как приемник [7].

В качестве основной характеристики речевого сигнала была использована разборчивость речи ( $W$ ), под которой понимается относительное количество (в процентах) правильно принятых, переданных по тракту элементов (слогов, слов, фраз) артикуляционных таблиц [8].

В ходе исследования применялись формантные методы оценки защищенности акустического канала передачи информации [9–12].

В работе был использован программно-аппаратный комплекс «Аист» [13]. Данный комплекс служит для оценки защищенности ВТСС от акустоэлектрических преобразований; имеет свидетельство об утверждении типа средств измерений и сертификат ГОСТ Р. Он позволяет проводить измерения и анализ сигналов диапазона звуковых частот в токопроводящих коммуникациях; проводить измерения и анализ электромагнитного поля в диапазоне звуковых частот, в том числе с применением адаптивного приема; генерировать тестовый акустический сигнал; проводить оценку эффективности защиты ВТСС от утечки информации за счет акустоэлектрических преобразований.

В качестве объекта исследований были выбраны наиболее характерные

средства пожарно-охранной сигнализации и коммуникационные соединения:

- пожарно-охранный извещатель ГЛАГОЛ-Н2-3, служащий для оповещения в случае возникновения ЧС;

- извещатель пожарный «ИПД-3.1М», предназначенный для обнаружения возгораний;

- провод телефонный ТРП 2,0х0,4, используемый для подключения средств пожарно-охранной сигнализации;

- кабель категории 5е типа «витая пара» (UTP-5е), служащий для подключения средств связи и монтажа ЛВС.

Измерения проводились для следующих уровней акустического сигнала:  $Ls1 = 56$  дБ – едва слышный звук, очень тихая речь;  $Ls2 = 66$  дБ – очень тихая речь;  $Ls3 = 76$  дБ – речь средней громкости;  $Ls4 = 86$  дБ – громкая речь;  $Ls5 = 95$  дБ – речь, усиленная техническими средствами. При этом были выбраны следующие среднегеометрические частоты октавных полос: 250 Гц, 500 Гц, 1000 Гц, 2000 Гц, 4000 Гц.

#### Результаты исследования

Результаты измерений индекса артикуляции речи  $R$ , слоговой разборчивости  $S$  и словесной разборчивости  $W$  представлены в таблице.

Из таблицы видно, что системы звукового оповещения представляют собой наиболее уязвимое звено ВТСС (разборчивость слогов и речи составляет 70 % и 92 % соответственно при низком уровне звукового сигнала). Даже соединительные элементы обладают способностью передавать наведенный электроакустический сигнал. Например, разборчивость речи при использовании кабеля UTP-5е составила 82 % при среднем уровне звукового сигнала.

Результаты измерений разборчивости речи  
The results of speech intelligibility measurements

Объект исследования / Subject	$L_s, \text{Дб} / L_s, \text{Db}$	R	S, %	W, %
Извещатель ГЛАГОЛ-Н2-3 / Detector GLAGOL-№2-3	56	0,565	70	92
	66	0,684	85	96
	76	0,920	97	99
	86	1,150	+100	+100
	95	1,380	+100	+100
Извещатель пожарный «ИПД-3.1М» / Fire detector, IPD-3.1 M	56	0,261	20	43
	66	0,373	39	74
	76	0,561	70	91
	86	0,850	93	97
	95	0,866	95	98
Провод телефонный ТРП 2x0,4 / Telephone wire TRP 2x0,4	56	0,257	19	42
	66	0,260	20	43
	76	0,404	43	75
	86	0,678	83	95
	95	0,908	96	98
Провод «витая пара» УТП-5е / Twisted pair wire UTP-5e	56	0,196	11	12
	66	0,163	7	8
	76	0,435	50	82
	86	0,530	64	90
	95	0,510	62	88

### Обсуждение и заключения

На основании вышеизложенного сделаем следующие выводы.

1. Большинство ВТСС обладают значительной уязвимостью электроакустического и магнитоакустического канала.

2. При проектировании объектов, где возможна передача защищаемой информации посредством звукового сигнала, необходимо обеспечить расположение всех соединительных линий (связь, ЛВС, системы охраны и наблюдения) внутри контролируемой зоны.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Ивлиев С. Н.** Предварительный анализ технической защищенности системы дистанционного образования (на материале Мордовского государственного университета) // Интеграция образования. 2012. № 4 (69). С. 27–31. URL: <http://edumag.mrsu.ru/content/pdf/12-4.pdf>

2. **Ивлиев С. Н., Мамедов А. Р.** К вопросу оценки защищенности конфиденциальной информации по акустоэлектрическому каналу // SWorld : сб. науч. тр. 2014. Т. 18, Вып. 2. С. 77–80. URL: <http://sworld.com.ua/index.php/ru/safety-214/economic-and-information-security-214/22262-214-247>

3. **Крылова С. Л.** Исследование побочных электромагнитных излучений видеосистемы ПЭВМ в учебной лаборатории информационной безопасности // SWorld : сб. науч. тр. 2014. Т. 18, Вып. 2. С. 80–85. URL: <http://sworld.com.ua/index.php/ru/safety-214/economic-and-information-security-214/22610-214-597>



4. Технические средства и методы защиты информации : учеб. для вузов / Зайцев А. П. [и др.] ; под ред. А. П. Зайцева и А. А. Шелупанова. М. : Машиностроение, 2009. 508 с. URL: <http://nashol.com/2014060277791/tehnicheskie-sredstva-i-metodi-zaschiti-informacii-zaicev-a-p-shelupanov-a-a-mescheryakov-r-v-2009.html>

5. ГОСТ Р 50840-95. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200027288>

6. **Покровский Н. Б.** Расчет и измерение разборчивости речи. М. : Гос. изд-во литературы по вопросам связи и радио, 1962. 392 с. URL: [http://www.studmed.ru/pokrovskiy-nb-raschet-i-izmerenie-razborchivosti-rechi-1962g-v-formate\\_2ed899f9870.html](http://www.studmed.ru/pokrovskiy-nb-raschet-i-izmerenie-razborchivosti-rechi-1962g-v-formate_2ed899f9870.html)

7. **Железняк В. К., Макаров Ю. К., Хорев А. А.** Некоторые методические подходы к оценке эффективности защиты речевой информации // Специальная техника. 2000. № 4. С. 39–45. URL: [http://www.ess.ru/sites/default/files/files/articles/2000/04/2000\\_04\\_06.pdf](http://www.ess.ru/sites/default/files/files/articles/2000/04/2000_04_06.pdf)

8. **Хорев А. А., Макаров Ю. К.** К оценке эффективности защиты акустической (речевой) информации // Специальная техника. 2000. № 5. С. 46–56. URL: [http://www.ess.ru/sites/default/files/files/articles/2000/05/2000\\_05\\_05.pdf](http://www.ess.ru/sites/default/files/files/articles/2000/05/2000_05_05.pdf)

9. **Продеус А. Н.** О некоторых особенностях развития объективных методов измерений разборчивости речи // Электроника и связь : тематич. вып. «Электроника и нанотехнологии». 2010. № 2. С. 217–223. URL: [http://www.studmed.ru/prodeus-an-o-nekotoryh-osobennostyah-razvitiya-obektivnyh-metodov-izmereniy-razborchivosti-rechi\\_e33052f1f9b.html](http://www.studmed.ru/prodeus-an-o-nekotoryh-osobennostyah-razvitiya-obektivnyh-metodov-izmereniy-razborchivosti-rechi_e33052f1f9b.html)

10. Формантный и формантно-модуляционный методы оценки разборчивости речи: часть 1: унификация алгоритмов / А. Н. Продеус [и др.] // Электроника и связь. 2010. № 6, Ч. 2. С. 117–124. URL: [http://www.studmed.ru/prodeus-an-dronzhevskaya-lb-klimkov-va-shagitova-da-formantnyy-i-formantno-modulyacionnyy-metody-ocenki-razborchivosti-rechi-chast-1-unifikaciya-algoritmov\\_e8b3327f7b8.html](http://www.studmed.ru/prodeus-an-dronzhevskaya-lb-klimkov-va-shagitova-da-formantnyy-i-formantno-modulyacionnyy-metody-ocenki-razborchivosti-rechi-chast-1-unifikaciya-algoritmov_e8b3327f7b8.html)

11. Моделирование алгоритмов формантно-модуляционного метода оценивания разборчивости речи / А. Н. Продеус [и др.] // Электроника и связь : тематич. вып. «Электроника и нанотехнологии». 2011. № 2. С. 79–85. URL: [http://www.studmed.ru/prodeus-an-dronzhevskaya-lb-klimkov-va-shagitova-da-modelirovanie-algoritmov-formantno-modulyacionnogo-metoda-ocenivaniya-razborchivosti-rechi\\_ee8ba86eefe.html](http://www.studmed.ru/prodeus-an-dronzhevskaya-lb-klimkov-va-shagitova-da-modelirovanie-algoritmov-formantno-modulyacionnogo-metoda-ocenivaniya-razborchivosti-rechi_ee8ba86eefe.html)

12. **Козлачков С. Б.** Методические аспекты оценки защищенности речевой информации // Спецтехника и связь. 2011. Вып. 2. С. 44–47. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-aspekty-otsenki-zaschischnosti-rechevoy-informatsii>

13. Технические системы обеспечения безопасности : каталог продукции. М. : Нелк, 2007. URL: <http://www.nelk.ru/node/481>

*Поступила 27.06.2016; принята к публикации 15.09.2016; опубликована онлайн 30.12.2016*

*Об авторе:*

**Ивлиев Сергей Николаевич**, заведующий кафедрой сервиса светотехнического факультета ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), кандидат технических наук, доцент, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6101-3388>, [ivliev\\_sn@mail.ru](mailto:ivliev_sn@mail.ru)

## REFERENCES

1. Ivliyev SN. Predvaritelnyy analiz tekhnicheskoy zashchishchennosti sistemy distantsionnogo obrazovaniya (na materiale Mordovskogo gosudarstvennogo universiteta) [A preliminary analysis of the technical security system of distance education (case study of Mordovia State University)]. *Integratsiya obrazovaniya* = Integration of Education. 2012; 4(69):27-31. Available from: <http://edumag.mrsu.ru/content/pdf/12-4.pdf> (In Russ.)

2. Ivliyev SN, Mamedov AR. K voprosu otsenki zashchishchennosti konfidentsialnoy informatsii po akustoelektricheskomu kanalu [To the question of assessing the security of confidential information acoustoelectric channel]. *SWorld: sbornik nauchnykh trudov* = SWorld: proceedings. 2014; 2(18):77-80. Available from: <http://sworld.com.ua/index.php/ru/safety-214/economic-and-information-security-214/22262-214-247> (In Russ.)

3. Krylova SL. Issledovaniye pobochnykh elektromagnitnykh izlucheniye videosistemy PEVM v uchebnoy laboratorii informatsionnoy bezopasnosti [Study of spurious electromagnetic radiation video computer in educational laboratory information security]. *SWorld: sbornik nauchnykh trudov* = SWorld: proceedings 2014; 2(18):80-85. Available from: <http://sworld.com.ua/index.php/ru/safety-214/economic-and-information-security-214/22610-214-597> (In Russ.)

4. Zaytsev AP, Shelupanov AA, Meshcheryakov RV. Tekhnicheskiye sredstva i metody zashchity informatsii: ucheb. dlya vuzov [Technical means and methods of information protection: Textbook for universities]. Mashinostroyeniye; 2009. Available from: <http://nashol.com/2014060277791/tehnicheskie-sredstva-i-metodi-zaschiti-informacii-zaicev-a-p-shelupanov-a-a-mescheryakov-r-v-2009.html> (In Russ.)

5. GOST R 50840-95. Metody otsenki kachestva, razborchivosti i uznayayemosti [The assessment methods of quality, legibility and recognition]. Available from: <http://docs.cntd.ru/document/1200027288>. (In Russ.)

6. Pokrovskiy NB. Raschet i izmereniye razborchivosti rechi. Moscow: Radio and Communications Publ.; 1962. Available from: [http://www.studmed.ru/pokrovskiy-nb-raschet-i-izmerenie-razborchivosti-rechi-1962g-v-formate\\_2ed899f9870.html](http://www.studmed.ru/pokrovskiy-nb-raschet-i-izmerenie-razborchivosti-rechi-1962g-v-formate_2ed899f9870.html) (In Russ.)

7. Zheleznyak VK, Makarov YuK, Khorev AA. Nekotoryye metodicheskiye podkhody k otsenke effektivnosti zashchity rechevoy informatsii [Some methodological approaches to evaluating the effectiveness of information security speech]. *Spetsialnaya tekhnika* = Special equipment. 2000; 4:39-45. Available from: [http://www.ess.ru/sites/default/files/files/articles/2000/04/2000\\_04\\_06.pdf](http://www.ess.ru/sites/default/files/files/articles/2000/04/2000_04_06.pdf) (In Russ.)

8. Khorev AA, Makarov YuK. K otsenke effektivnosti zashchity akusticheskoy (rechevoy) informatsii [To assess the effectiveness of the protection of the acoustic (speech) information]. *Spetsialnaya tekhnika* = Special equipment. 2000; 5:46-56. Available from: [http://www.ess.ru/sites/default/files/files/articles/2000/05/2000\\_05\\_05.pdf](http://www.ess.ru/sites/default/files/files/articles/2000/05/2000_05_05.pdf) (In Russ.)

9. Prodeus AN. O nekotorykh osobennostyakh razvitiya obektivnykh metodov izmereniye razborchivosti rechi [Some features of the development of objective methods for measuring speech intelligibility]. *Elektronika i svyaz: Elektronika i nanotekhnologii* = Electronics & Communications: Electronics and Nanotechnology. 2010; 2:217-223. Available from: [http://www.studmed.ru/prodeus-an-o-nekotorykh-osobennostyakh-razvitiya-obektivnykh-metodov-izmereniye-razborchivosti-rechi\\_e33052f1f9b.html](http://www.studmed.ru/prodeus-an-o-nekotorykh-osobennostyakh-razvitiya-obektivnykh-metodov-izmereniye-razborchivosti-rechi_e33052f1f9b.html) (In Russ.)

10. Prodeus AN, Dronzhevskaya LB, Klimkov VA, Shagitova DA. Formantnyy i formantno-modulyatsionnyy metody otsenki razborchivosti rechi: chast 1: unifikatsiya algoritmov [Formant-formant and modulation methods for assessing speech intelligibility: Part 1: unification algorithms]. *Elektronika i svyaz* = Electronics & Communications. 2010; 6(2):117-124. Available from: [http://www.studmed.ru/prodeus-an-dronzhevskaya-lb-klimkov-va-shagitova-da-formantnyy-i-formantno-modulyacionnyy-metody-ocenki-razborchivosti-rechi-chast-1-unifikatsiya-algoritmov\\_e8b3327f7b8.html](http://www.studmed.ru/prodeus-an-dronzhevskaya-lb-klimkov-va-shagitova-da-formantnyy-i-formantno-modulyacionnyy-metody-ocenki-razborchivosti-rechi-chast-1-unifikatsiya-algoritmov_e8b3327f7b8.html) (In Russ.)

11. Prodeus AN, Dronzhevskaya LB, Kulikov VA, Shagitova DA. Modelirovaniye algoritmov formantno-modulyatsionnogo metoda otsenivaniya razborchivosti rechi [Modeling algorithms of formant-modulation method of speech intelligibility evaluation]. *Elektronika i svyaz: Elektronika i nanotekhnologii* = Electronics & Communications: Electronics and Nanotechnology. 2011; 2:79-85. Available from: [http://www.studmed.ru/prodeus-an-dronzhevskaya-lb-klimkov-va-shagitova-da-modelirovanie-algoritmov-formantno-modulyacionnogo-metoda-ocenivaniya-razborchivosti-rechi\\_ee8ba86eefe.html](http://www.studmed.ru/prodeus-an-dronzhevskaya-lb-klimkov-va-shagitova-da-modelirovanie-algoritmov-formantno-modulyacionnogo-metoda-ocenivaniya-razborchivosti-rechi_ee8ba86eefe.html) (In Russ.)

12. Kozlachkov SB. Metodicheskiye aspekty otsenki zashchishchennosti rechevoy informatsii [Methodical aspects of an estimation of the speech information security]. *Spetstekhnika i svyaz* = Special Equipment and Communication. 2011; 2:44-47. Available from: <http://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-aspekty-otsenki-zaschishchennosti-rechevoy-informatsii> (In Russ.)

*Submitted 27.06.2016; revised 15.09.2016; published online 30.12.2016*

*About the author:*

**Sergey N. Ivliyev**, head of Chair of Service, Institute of Electronics and Lighting Engineering, National Research Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Ph.D. (Engineering), docent, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6101-3388>**, [ivliev\\_sn@mail.ru](mailto:ivliev_sn@mail.ru)