

УДК 621.391: 004.522

DOI: 10.18413/2518-1092-2021-6-1-0-3

Васильев Р.А.

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИДЕНТИФИКАЦИИ ПО ГОЛОСУ,
АДАптиРОВАННОГО К ТИХОМУ ПРОИЗНЕСЕНИЮ
ПАРОЛЬНЫХ ФРАЗ ДЛЯ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ УТЕЧКИ
РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ**Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
Гагарина пр., д. 23, г. Нижний Новгород, 603950, Россия*e-mail: romangamma@mail.ru***Аннотация**

В статье рассматриваются особенности биометрической идентификации по голосу при условии тихого произнесения парольных фраз. Биометрическая идентификация по голосу существенно отличается от стандартных систем идентификации и систем контроля управления доступом, использующих символьные пароли и ключи. Биометрическая идентификация по голосу производится по уникальным и индивидуальным признакам личности и практически исключает вероятность несанкционированных действий, связанных с потерей, кражей или передачей пароля третьим лицам. Широкое применение систем биометрической идентификации по голосу влечет за собой повышенный интерес со стороны злоумышленников. Наиболее частыми являются атаки с применением ранее применяемых биометрических признаков, например, аудиозапись парольной фразы. Для минимизации описанных выше атак, предложен адаптированный к тихому произнесению парольных фраз метод биометрической идентификации по голосу, основанный на применении метода обеляющего фильтра. Описана программная реализация предложенного метода – «Информационная система идентификации дикторов по голосу», позволяющая проводить биометрическую идентификацию по голосу при условии тихого произнесения парольных фраз для противодействия утечки речевой информации по акустическим каналам.

Ключевые слова: биометрическая идентификация по голосу, метод обеляющего фильтра, акустическая речевая разведка.

Для цитирования: Васильев Р.А. Применение метода идентификации по голосу, адаптированного к тихому произнесению парольных фраз для противодействия утечки речевой информации // Научный результат. Информационные технологии. – Т.6, №1, 2021. – С. 20-29. DOI: 10.18413/2518-1092-2021-6-1-0-3

Vasiliev R.A.

**APPLICATION OF THE VOICE IDENTIFICATION METHOD
ADAPTED TO THE QUIET PRESENCE OF PASSWORD PHRASES
TO COUNTER THE LEAKAGE OF SPEECH INFORMATION**Nizhny Novgorod State University N.I. Lobachevsky,
23 Gagarina Ave., Nizhny Novgorod, 603950, Russia*e-mail: romangamma@mail.ru***Abstract**

The article discusses the features of biometric voice identification under the condition of quiet pronunciation of password phrases. Biometric voice identification differs significantly from standard identification systems and access control systems using symbolic passwords and keys. Biometric voice identification is based on unique and individual characteristics of identity and virtually eliminates the possibility of unauthorized actions associated with loss, theft or transfer of the password to third parties. The widespread use of biometric voice identification systems entails increased interest on the part of malefactors. The most frequent are attacks using previously used biometric features, for example, audio recording of a passphrase. To minimize the attacks described above, a biometric voice identification method, based on the whitening filter method,

adapted to the quiet pronunciation of passphrases has been proposed. Described is the software implementation of the proposed method – "Information system for identifying speakers by voice", which allows biometric identification by voice, provided that password phrases are quietly uttered to counteract the leakage of speech information through acoustic channels.

Keywords: biometric voice identification, whitening filter method, acoustic speech intelligence.

For citation: Vasiliev R.A. Application of the voice identification method adapted to the quiet presence of password phrases to counter the leakage of speech information // Research result. Information technologies. – Т.6, №1, 2021. – P. 20-29. DOI: 10.18413/2518-1092-2021-6-1-0-3

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время многие финансовые операции, идентификация в системах разграничения доступа, запросы конфиденциальной информации по телефону, управление различными устройствами, основывается на применении систем биометрической идентификации по голосу (БИГ) [1, 2].

Системы БИГ необходимо проектировать так, чтобы свести к минимуму атаки, связанные с перехватом акустической речевой информации (парольные фразы), этой теме посвящено множество зарубежных исследований [17 – 20].

В данной статье описан адаптированный к тихому произнесению парольных фраз (ТПФ) метод БИГ, основанный на применении метода обеляющего фильтра (МОФ), реализованный в «Информационной системе идентификации дикторов по голосу» (ИС ИДГ) [3], доработанной для решения задачи защиты речевой информации (парольные фразы) от утечки по акустическим каналам [4].

МЕТОД ОБЕЛЯЮЩЕГО ФИЛЬТРА

Общая формулировка задачи БИГ сводится к тому, что требуется отнести выборку из речи пользователя X к одному из $R > 1$ неопределенных пользователей или отдельных слов (классов) [5]. Каждому классу соответствуют образцы речи конкретного пользователя, обладающие общими признаками, образующими образ голоса пользователя (ОГП). Каждый ОГП обладает определенным набором устойчивых признаков P_r , $r = \overline{1, R}$. В данном случае решение задачи БИГ сводится к установлению соотношения

$$P_X = P_v, \quad v \leq R \quad (1)$$

между набором признаков пользователя X и одним из ОГП в базе голосовых данных.

Проще всего поставленная задача решается в параметрическом варианте, когда каждое распределение P_r , $r = \overline{1, R}$, берется из некоторого параметрического семейства. Например, это может быть семейство n -мерных нормальных (гауссовских) законов $P_{0r} = N(K_r)$, определенных на множестве допустимых значений всех элементов $(n \times n)$ – матрицы автоковариаций K_r , $r = \overline{1, R}$ (в данном случае предполагается, что все используемые сигналы заранее центрированы). Восстановление закона $N(K_r)$ по обучающей выборке X_r сводится к элементарной процедуре статистического оценивания его неизвестной автоковариационной матрицы (АКМ) по формуле

$$K_r = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L x_l x_l^{\rightarrow(r)T} \quad (2)$$

где L – число независимых образцов речи в пределах r -го распределения P_r , а индексом “ \rightarrow ” обозначена операция транспонирования векторов x_l – n – вектор-столбец с координатами из R^n). Задача (1) после этого формулируется как проверка R простых гипотез о неизвестном законе распределения:

$$H_r : P_X = N(K_r), \quad r \in \overline{1, R} \quad (3)$$

Это стандартная задача статистической классификации. Ее решение обычно основывается на критерии максимального правдоподобия. Применительно к нашей модели речевых сигналов в виде L независимых отрезков (массивов), длиной n отсчетов каждый, такая задача подробно рассматривалась в работе [6]. Было показано, что оптимальный алгоритм принятия решения по выборке $X = \{\vec{x}_l\}, l = \overline{1, L}$, основывается на достаточной статистике общего вида

$$\lambda_r(X) = \text{tr}[K_X K_r^{-1}] + \ln|K_r|, \quad r = \overline{1, R} \quad (4)$$

где K_X – выборочная оценка АКМ наблюдений по формуле (2); символами $\text{tr}(\cdot)$ и $|\cdot|$ обозначены соответственно след и определитель квадратных $(n \times n)$ – матриц. Решение принимается в пользу гипотезы H_ν из (1), если соответствующая ей ν -я статистика (4) принимает минимальное значение из R ее рассматриваемых альтернатив.

Указанный алгоритм в асимптотическом варианте (при $n \rightarrow \infty$) для несингулярного случая, когда $\lim|K_r| \neq 0$, может быть переписан следующим образом [7]:

$$\lambda_r(X) = \frac{\sigma_r^2(X)}{\sigma_r^2} + \ln \sigma_r^2, \quad r = \overline{1, R} \quad (5a)$$

$$\sigma_r^2(X) = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L [y_l^{(r)}(X)]^2$$

$$y_l^{(r)}(X) \xrightarrow{\rightarrow T \rightarrow} a_r, x_l \quad (5b)$$

$$\vec{a}_r = \sigma_r^2 K_r^{-1} \vec{\Gamma}$$

$$\sigma_r^2 = \left[\vec{\Gamma}^T K_r^{-1} \vec{\Gamma} \right]^{-1}$$

где $\vec{\Gamma} = \text{col}_n(1, 0, \dots, 0)$ – n -вектор-столбец, составленный из нулей, за исключением единицы на первой позиции. Решение здесь принимается в пользу гипотезы H_ν при условии минимизации взвешенной с коэффициентом $1/\sigma_\nu^2$ и смещенной на $\ln \sigma_\nu^2$ величины выборочной дисперсии $\sigma_\nu^2(X)$ отклика на сигнал X декоррелятора ν -го канала (5б). Структура такого декоррелятора однозначно определяется вектором коэффициентов линейной авторегрессии (АР-коэффициентов) $\vec{a}_\nu, \nu \leq R$. Это стандартная формулировка МОФ в задачах распознавания образов [8].

Главная идея метода состоит в существенной (в десятки раз) редукции или сжатии данных за счет того, что в базе априорных данных хранятся не сами отрезки речи длиной $nL = 10^2 \dots 10^3$ отсчетов каждый, а их образы в виде набора из R векторов АР-коэффициентов (их также часто называют коэффициентами линейного предсказания – КЛП), размерность которых $M = 10 \dots 30 < nL$ в реальных условиях ограничивается конечной степенью сложности спектрального состава человеческого голоса. Причем в отличие от известных алгоритмов автоматического распознавания речи на основе КЛП [9] в рассматриваемом МОФ применяется принципиально иной критерий для оценивания рассогласования между различными речевыми образами, уходящий своими корнями в теоретико-информационный подход и информационную метрику Кульбака-Лейблера [10].

ПРОГРАММА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для экспериментальных исследований была использована ранее разработанная и проверенная ИС ИДГ [11, 12, 13, 14], адаптированная к ТПФ посредством доработки модуля регулировки чувствительности к уровню речевого сигнала пользователя (диктора) X . Главное окно ИС ИДГ представлено на рисунке 1.

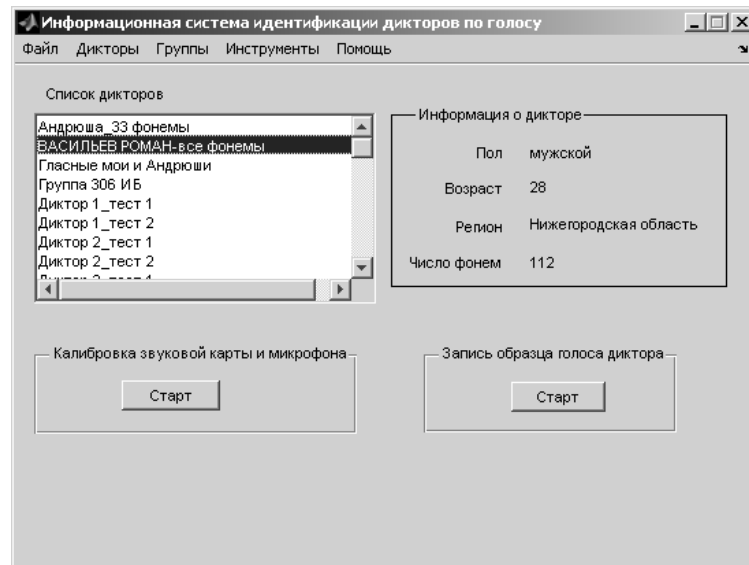


Рис. 1. Главное окно программы ИС ИДГ
Fig. 1. Main window of the IS IDG program

Экспериментальные исследования, состоящие из трех этапов, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Этапы экспериментальных исследований

Table 1

Experimental research stages

| Номер эксперимента | Цель эксперимента | Задачи эксперимента |
|--------------------|--|--|
| 1 | Выявление эталонного уровня сигнала речевой идентификации пользователя по голосу, анализ недостатков и преимуществ сигналов разного уровня в системе голосовой идентификации. | Запись в БД эталонного уровня сигнала для дальнейших экспериментов, выявление среднего, низкого и высокого уровня сигнала для голосовой идентификации, определение оптимального уровня сигнала для голосовой идентификации, основываясь на преимуществах и недостатках различного уровня сигнала. |
| 2 | Определить вероятность правильной идентификации пользователей по голосу. | Определение вероятности правильной идентификации трех пользователей по голосу при условии разделения уровня сигнала на 3 интервала (до 45дБ, от 45-70дБ, более 70дБ) |
| 3 | Определение октавных коэффициентов звукоизоляции в типовом помещении, определить выполняются ли нормы защищенности в данном помещении для работы с конфиденциальной информацией. | Определить назначение объекта контроля, выбрать требуемый уровень защиты от утечки речевой информации по акустическим каналам. Определение контролируемой зоны, определение смежных помещений и ограждающих конструкций, определение контрольных точек для замера уровня акустического сигнала (шума). Проверить – выполняются ли нормы защищенности |

В первом эксперименте, для выявления эталонного уровня сигнала U_c для речевой идентификации пользователя, проведено 9 опытов с различным уровнем сигнала (от 35 дБ до 84 дБ). В процессе опытов уровни сигналов разбиты на 3 группы: высокие ($U_c \sim 78-88$ дБ), средние ($U_c \sim 58-65$ дБ) и низкие ($U_c \sim 35-40$ дБ).

Проведен анализ каждой из групп сигналов и определена вероятность идентификации пользователя по голосу (таблица 2).

Таблица 2

Вероятность идентификации пользователя по голосу

Table 2

Probability of user identification by voice

| Уровень сигнала | Вероятность идентификации | Вывод |
|---------------------|---------------------------|--|
| $U_c \sim 78-88$ дБ | Более 90% | Идентификация в 90% проходит успешно, но вероятность утечки информации по акустическому каналу высокая. |
| $U_c \sim 58-65$ дБ | Более 70% | Идентификация в более 70% проходит успешно, вероятность утечки информации по акустическому каналу в пределах нормы |
| $U_c \sim 35-40$ дБ | Менее 50% | Идентификация проходит не успешно, вероятность утечки информации по акустическому каналу ничтожно мала. |

На рисунке 2 показана успешная идентификация по голосу в ИС ИДГ.

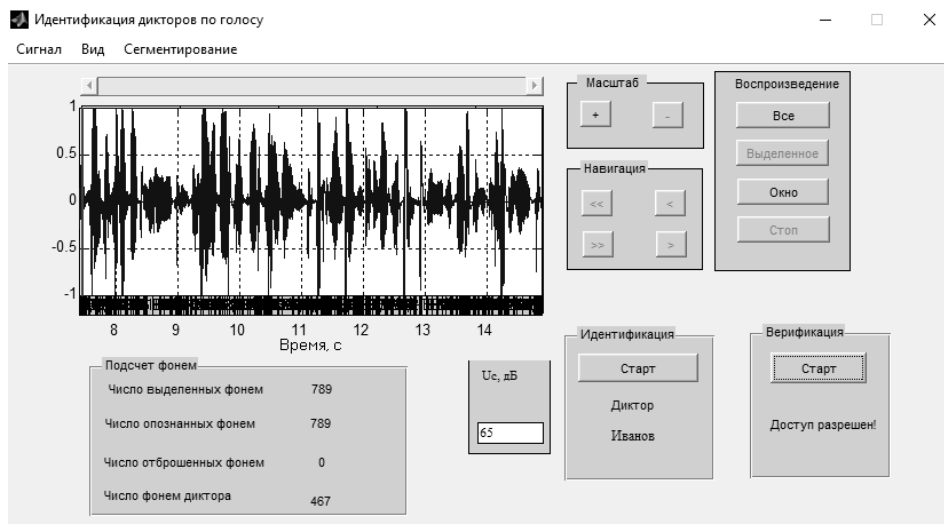


Рис. 2. Успешная идентификация по голосу при $U_c = 65$ дБ
Fig. 2. Successful identification by voice at $U_c = 65$ дБ

Далее, на рисунке 3 представлен случай с неуспешной идентификацией по голосу в ИС ИДГ.

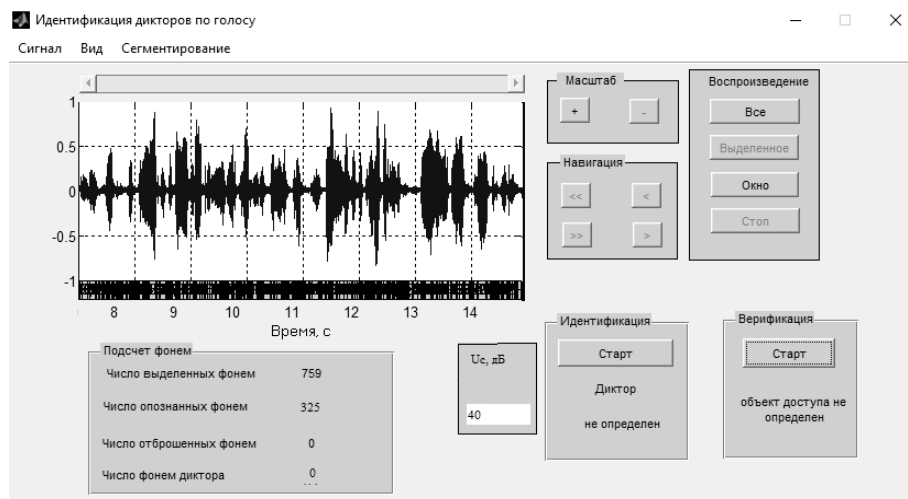


Рис. 3. Неуспешная идентификация по голосу при $U_c = 40$ дБ
Fig. 3. Unsuccessful identification by voice at $U_c = 40$ дБ

Выводы по первому эксперименту:

- Определен уровень эталонного сигнала речевой идентификации $U_c=60$ дБ;
- Сигналы от 35-40дБ воспринимаются ИС ИДГ гораздо хуже, в связи с чем процент успешной голосовой идентификации очень маленький, но преимуществом тихого воспроизведения парольных фраз является отсутствие акустического канала утечки информации;
- Сигналы от 58-65дБ ИС ИДГ воспринимает гораздо лучше, нежели сигналы от 35-40дБ, и как следствие, процент успешной идентификации выше и достигает более 70%, однако вероятность утечки речевой информации возрастает и необходимо проводить дополнительную оценку защищенности по акустическим каналам.
- Сигналы от 78-88 дБ ИС ИДГ воспринимает лучше, чем сигналы двух других групп, и процент успешной идентификации пользователя по голосу достигает более 90%. Несмотря на высокий процент успешной идентификации, этой группе сигналов присуща высокая вероятность утечки речевой информации по акустическим каналам.

Во **втором эксперименте** определена вероятность правильной идентификации трёх пользователей (Иванов, Петров, Сидоров) по голосу при условии разделения уровня сигнала для каждого из пользователей на 3 интервала: до 45дБ, от 45-70дБ, более 70 дБ (таблица 3).

Таблица 3

Вероятность правильной идентификации трёх пользователей

Table 3

Probability of correct identification of three users

| $U_c \sim \text{более } 70 \text{дБ}$ | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------------|-----|-----|-----|
| ФИО | $U_{c1, \text{дБ}}$ | $U_{c2, \text{дБ}}$ | $U_{c3, \text{дБ}}$ | $U_{c4, \text{дБ}}$ | $U_{c \text{ ср}, \text{дБ}}$ | Идентификация прошла успешно | | | |
| | | | | | | P1 | P2 | P3 | P4 |
| Иванов | 80 | 83 | 90 | 86 | 84,75 | Да | Да | Да | Да |
| Петров | 90 | 85 | 93 | 98 | 91,5 | Да | Да | Да | Да |
| Сидоров | 88 | 82 | 84 | 79 | 83,25 | Да | Да | Да | Да |
| $U_c \sim 45-70 \text{дБ}$ | | | | | | | | | |
| ФИО | $U_{c1, \text{дБ}}$ | $U_{c2, \text{дБ}}$ | $U_{c3, \text{дБ}}$ | $U_{c4, \text{дБ}}$ | $U_{c \text{ ср}, \text{дБ}}$ | Идентификация прошла успешно | | | |
| | | | | | | P1 | P2 | P3 | P4 |
| Иванов | 61 | 65 | 63 | 58 | 61,75 | Да | Да | Да | Да |
| Петров | 68 | 70 | 69 | 65 | 68 | Да | Да | Да | Да |
| Сидоров | 48 | 52 | 46 | 49 | 48,75 | Нет | Да | Нет | Да |
| $U_c \sim \text{до } 45 \text{дБ}$ | | | | | | | | | |
| ФИО | $U_{c1, \text{дБ}}$ | $U_{c2, \text{дБ}}$ | $U_{c3, \text{дБ}}$ | $U_{c4, \text{дБ}}$ | $U_{c \text{ ср}, \text{дБ}}$ | Идентификация прошла успешно | | | |
| | | | | | | P1 | P2 | P3 | P4 |
| Иванов | 43 | 45 | 40 | 42 | 42,5 | Нет | Нет | Нет | Нет |
| Петров | 44 | 38 | 42 | 41 | 41,25 | Нет | Нет | Нет | Нет |
| Сидоров | 40 | 38 | 35 | 37 | 37,5 | Нет | Нет | Нет | Нет |

Рассмотрим каждый из трех диапазонов отдельно. Анализируя 1-й диапазон ($U_c \sim \text{более } 70 \text{дБ}$), можно сказать, что идентификация пользователей по голосу проходит во всех случаях успешно. Средний уровень сигнала для пользователя Иванов равен 84,75 дБ, идентификация проходит успешно во всех опытах. Средний уровень сигнала для пользователя Петров 91,5 дБ, идентификация проходит успешно во всех опытах. И наконец, пользователь Сидоров имеет средний уровень голосового сигнала 83,25 дБ, для которого идентификация по всем опытам также проходит успешно.

Проводя анализ 2-го диапазона ($U_c \sim 45-70 \text{дБ}$) средний уровень сигнала для пользователя Иванов равен 61,75 дБ, идентификация в 4-х опытах успешно завершена. Пользователь Петров имеет уровень сигнала 68 дБ, соответственно идентификация во всех опытах прошла успешно. Что касается пользователя Сидорова, то его средний уровень сигнала составляет 48,75 дБ, и как

следствие, из четырех экспериментов – в двух идентификация проходит успешно, в двух программа не может распознать голос.

Рассматривая 3-й диапазон (U_c ~до 45 дБ) для трех пользователей системы, уровень голосового сигнала каждого из них приблизительно равен 40 дБ. Вероятность идентификации для пользователей с таким низким уровнем сигнала стремиться к нулю.

Выводы ко второму эксперименту:

- Выбрав в 1-м опыте эталонный уровень сигнала $U_{эс}=60$ дБ, определено, что идентификация пользователя по голосу проходит только тогда, когда уровень голосового сигнала пользователя $U_c > 49$ дБ;

- Уровень сигнала более 70 дБ во всех опытах прошел идентификацию, но вероятность утечки информации по акустическим каналам возрастает с увеличением U_c ;

- Оптимальным уровнем сигнала для успешной идентификации пользователя по голосу в ИС ИДГ является $U_c=50$ дБ-60дБ;

В соответствии с методикой оценки [15], в **третьем эксперименте** проведена оценка защищенности речевой информации (парольные фразы) от утечки по акустическим каналам в типовом офисном помещении (ТОП) с помощью системы оценки защищенности выделенных помещений по виброакустическому каналу «ШЕПОТ» (Сертификат ФСТЭК №643 от 05.07.2002г.).

Границей контролируемой зоны ТОП являются наружные и внутренние стены ТОП, а также перекрытие пола и потолка.

В результате анализа возможных каналов утечки речевой информации, инженерно-строительных и организационно-режимных мер, применяемых в ТОП, произведен расчет значений октавных коэффициентов звукоизоляции ограждающих конструкций Q_i в выбранных контрольных точках (КТ), представленный в таблице 4.

Таблица 4

Оценка защищенности ТОП

Table 4

Top security assessment

| Номер октавной полосы i | Измеренный уровень акустического (вибрационного) шума в контрольной точке $L_{шi}$ ($V_{шi}$), дБ | Уровень измеренного суммарного акустического (вибрационного) сигнала и акустического (вибрационного) шума в КТ $L_{(с+ш)i}$ ($V_{(с+ш)i}$), дБ | Расчетный уровень измеренного акустического (вибрационного) сигнала в контрольной точке $L_{с2i}$ ($V_{с2i}$), дБ | Октавные уровни звукоизоляции (виброизоляции) в контрольной точке Q_i (G_i), дБ | Выполнение норм |
|--|---|--|---|---|-----------------|
| Контрольная точка №1 – стена с дверным проемом между ТОП и коридором (смежные помещения) | | | | | |
| 1 | 59,90 | 62,20 | -1,70 | 90,20 | Вып. |
| 2 | 60,30 | 64,30 | 2,00 | 87,40 | Вып. |
| 3 | 61,40 | 65,70 | 2,30 | 91,20 | Вып. |
| 4 | 62,80 | 66,90 | 2,10 | 90,50 | Вып. |
| 5 | 60,70 | 64,70 | 2,00 | 89,70 | Вып. |
| Контрольная точка №2 – стена между ТОП и гардеробом (смежные помещения) | | | | | |
| 1 | 38,70 | 45,20 | 5,50 | 83,10 | Вып. |
| 2 | 37,60 | 44,90 | 6,30 | 82,60 | Вып. |
| 3 | 35,50 | 39,60 | 2,10 | 90,30 | Вып. |
| 4 | 32,30 | 37,80 | 3,50 | 88,10 | Вып. |
| 5 | 30,40 | 39,40 | 8,00 | 82,70 | Вып. |

| Контрольная точка №3 – стена между ТОП и лестничной клеткой (смежные помещения) | | | | | |
|---|-------|-------|-------|--------|------|
| 1 | 53,10 | 66,70 | 13,60 | 76,60 | Вып. |
| 2 | 65,20 | 67,20 | -2,00 | 123,30 | Вып. |
| 3 | 56,30 | 65,30 | 8,00 | 85,40 | Вып. |
| 4 | 57,20 | 68,20 | 11,00 | 83,20 | Вып. |
| 5 | 54,90 | 70,30 | 15,40 | 75,90 | Вып. |
| Контрольная точка №4 – окно 1 (улица) | | | | | |
| 1 | 60,80 | 69,40 | 9,1 | 82,80 | Вып. |
| 2 | 62,50 | 71,50 | 10,25 | 83,80 | Вып. |
| 3 | 71,80 | 82,50 | 13,52 | 93,80 | Вып. |
| 4 | 65,10 | 79,60 | 16,45 | 88,30 | Вып. |
| 5 | 69,80 | 85,40 | 11,5 | 85,00 | Вып. |
| Контрольная точка №5 – окно 2 (улица) | | | | | |
| 1 | 61,50 | 71,50 | 9,00 | 83,30 | Вып. |
| 2 | 64,40 | 75,80 | 11,40 | 83,10 | Вып. |
| 3 | 63,60 | 79,00 | 15,40 | 75,90 | Вып. |
| 4 | 69,70 | 82,90 | 13,20 | 82,30 | Вып. |
| 5 | 79,40 | 90,30 | 10,90 | 80,30 | Вып. |
| Контрольная точка №6 – подвал (цокольный этаж) (смежные помещения) | | | | | |
| 1 | 34,80 | 49,10 | 14,30 | 74,00 | Вып. |
| 2 | 42,30 | 51,80 | 8,50 | 80,70 | Вып. |
| 3 | 38,70 | 46,10 | 6,40 | 86,60 | Вып. |
| 4 | 34,40 | 41,00 | 5,60 | 86,40 | Вып. |
| 5 | 32,80 | 50,00 | 17,20 | 73,90 | Вып. |
| Контрольная точка №7 – помещение 2-го этажа (смежные помещения) | | | | | |
| 1 | 38,60 | 49,40 | 10,80 | 78,10 | Вып. |
| 2 | 46,90 | 51,60 | 2,70 | 86,80 | Вып. |
| 3 | 43,00 | 45,30 | -1,70 | 95,10 | Вып. |
| 4 | 38,70 | 40,20 | -5,50 | 97,60 | Вып. |
| 5 | 38,20 | 50,20 | 12,00 | 80,70 | Вып. |

Вывод по третьему эксперименту:

В результате проведенных измерений и расчетов установлено, что при уровне сигнала в 60дБ значения октавных коэффициентов звукоизоляции ограждающих конструкций и инженерно-технических систем во всех контрольных точках соответствуют нормативным значениям, что обеспечивает защищенность данного ТОП от утечки речевой конфиденциальной информации по акустическому каналу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей статье рассмотрены особенности БИГ при условии ТПФ, выявлен оптимальный уровень сигнала $U_c \sim 60$ дБ для адаптации метода идентификации в ИС ИДГ, что позволило получить высокую вероятность правильной БИГ, по сравнению с другим методом БИГ [16]. С учетом эталонного уровня сигнала были сделаны замеры октавных коэффициентах звукоизоляции для ТОП, и установлено, что при уровне сигнала $U_c \sim 60$ дБ утечки речевой информации по акустическим каналам не происходит.

Список литературы

1. Николаев Д.Б., Васильев Р.А. Анализ возможности применения голосовой идентификации в системах разграничения доступа к информации // Научный результат. Информационные технологии. – 2016. – Т. 1. – № 1. – С. 48-57.
2. Савченко В.В., Васильев Р.А. Анализ эмоционального состояния дикторов по голосу на основе фонетического детектора лжи // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Экономика. Информатика. – 2014. – № 21(192) – С. 186-195.

3. Васильев Р.А. Свид. о гос. регистрации программы для ЭВМ №2015663306 Программа идентификации дикторов по голосу // Васильев Р.А. Зарег. 15.12.2015г. – М.: Роспатент, 2015.
4. Бузов Г.А. Защита от утечки информации по техническим каналам. – М., 2005 г.
5. Цыпкин Я.З. Адаптация и обучение в автоматических системах. – М.: Наука, 1968.
6. Савченко В.В. Информационная теория восприятия речи // Изв. вузов России. Радиоэлектроника. – 2007. – Вып. 6. – С. 3–9.
7. Савченко В. В. Теоретико-информационное обоснование гауссовой модели сигналов в задачах автоматического распознавания речи // Изв. вузов России. Радиоэлектроника. – 2008. – Вып. 1. – С. 24–33.
8. Савченко В. В., Акатьев Д. Ю., Карпов Н. В. Автоматическое распознавание элементарных речевых единиц методом обеляющего фильтра // Изв. вузов России. Радиоэлектроника. – 2007. – Вып.4. – С. 11-19.
9. Потапова Р.К. Речь: коммуникация, информация, кибернетика: Учеб, пособие. 2-е изд. – М.: Эдитори- ал УРСС, 2001.
10. Кульбак С. Теория информации и статистика. М.: Наука, 1967.
11. Васильев Р.А. Биометрическая идентификация пользователей информационных систем на основе кластерной модели элементарных речевых единиц: Дис. ... к-та тех. наук. М., 2017. – 153 с.
12. Васильев Р.А. Исследование фонетического строя речи и идентификация дикторов по голосу // Безопасность информационных технологий. 2013. – Т. 20. – № 1. – С. 85-86.
13. Васильев Р.А. Исследование особенностей фонетического строя речи и текстонезависимая идентификация дикторов по непрерывной речи // Информационная безопасность регионов. – 2012. – № 2(11). – С. 57-63.
14. Васильев Р.А. Применение методов фонетического анализа речи для выявления эмоционально устойчивых и нестабильных студентов университета // Научный результат. Информационные технологии, 2020. – Т.5. – №2. – С. 9-17.
15. Волобуев С.В. Оценка акустической защищенности с применением инструментальных средств // Системы безопасности связи и телекоммуникаций. – 1999. – № 25. – С. 38-45.
16. Аграновский А.В., Леднов Д.А. Метод текстонезависимой идентификации пользователя на основе индивидуальности произношения гласных звуков // Акустика и прикладная лингвистика: Ежегодник РАО. М.: 2002. – Вып. 3.– С. 103-115.
16. Сонин. В.А. Психодиагностическое познание профессиональной деятельности / В.А. Сонин. – СПб.: Речь, 2004. – 408 с.
17. Garofolo J., Auzanne G., and Voorhees E. The trec spoken document retrieval track: A success story. // In proceedings of the Recherche d'Informations Assistee par Ordinateur: Content Based Multimedia Information Access Conference, 2000. – pp. 1-20.
18. Gray A., Markel J. Distance measures for speech processing. // IEEE Trans. On Acoust., Speech and Lang. processing. oct. 1976. – Vol. 24(5). – p. 291-380.
19. Mamou J., Mass Y., Ramabhadran B., Sznajder B. Combination of multiple speech transcription methods for vocabulary independent search // In proceedings of the ACM SIGIR Workshop `Searching Spontaneous Conversational Speech. Singapore. –2008. – pp. 20-27.
20. Huijbregts M., Ordelman R., Jong F. Annotation of heterogeneous multimedia content using automatic speech recognition // In Proceedings of the second international conference on Semantics And digital Media Technologies (SAMT). Lecture Notes in Computer Science. Berlin. Springer Verlag. December 2007. – pp. 78-90.

References

1. Nikolaev D.B, Vasiliev R.A. Analysis of the possibility of using voice identification in systems for differentiating access to information // Research result. Information technologies. – 2016. – Т. 1. – Issue 1. – P. 48-57.
2. Savchenko V.V., Vasiliev R.A. Analysis of the emotional state of the speakers by voice based on the phonetic lie detector // Scientific Bulletin of Belgorod State University. – 2014. – Issue. – No. 21 (192). – P. 186-195.
3. Vasiliev R.A. Svid. about the state. registration of the computer program No. 2015663306. Program for the identification of speakers by voice // Vasiliev R.A. Registered. 15.12.2015 – М.: Роспатент, 2015.
4. Buzov GA Protection from information leakage through technical channels. – М., 2005.
5. Tsyppin Ya.Z. Adaptation and training in automatic systems. Moscow: Nauka, 1968.
6. Savchenko V.V. Information theory of speech perception. // Izv. universities of Russia. Radio electronics. 2007. – Issue. 6, pp. 3–9.

7. Savchenko V.V. Information-theoretic substantiation of the Gaussian signal model in problems of automatic speech recognition. // *Izv. universities of Russia. Radio electronics*. 2008. – Issue. 1. – P. 24–33.
8. Savchenko V.V., Akat'ev D.Yu., Karpov N.V. Automatic recognition of elementary speech units by the whitening filter method // *Izv. universities of Russia. Radio electronics*. 2007. Issue 4. P. 11-19.
9. Potapova RK *Speech: communication, information, cybernetics: Textbook, manual*. 2nd ed. – M.: Editorial URSS, 2001.
10. Kullback S. *Information theory and statistics*. Moscow: Nauka, 1967.
11. Vasiliev R.A. Biometric identification of users of information systems based on a cluster model of elementary speech units: Dis. ... to those of those. sciences. M., 2017.153 p.
12. Vasiliev R.A. Investigation of the phonetic structure of speech and identification of speakers by voice // *Security of information technologies*. 2013. – Т. 20. –No. 1. – P. 85-86.
13. Vasiliev R.A. Investigation of the peculiarities of the phonetic structure of speech and text-independent identification of speakers by continuous speech // *Information security of regions*. – 2012. – No. 2(11). – P. 57-63.
14. Vasiliev R.A. Application of methods of phonetic analysis of speech for identifying emotionally stable and unstable university students // *Scientific result // Series: Information technologies*. Belgorod State University. 2020. –Vol. 5. – No. 2. – P. 9-17.
15. Volobuev SV Otsenka acoustical security with the use of tools. // *Security systems for communications and telecommunications*. – 1999. – № 25. – P. 38-45.
16. Agranovsky A.B., Lednov D.A. Method of text-independent user identification based on the individuality of pronunciation of vowel sounds // *Acoustics and Applied Linguistics: Yearbook of the Russian Academy of Education*. – M.: 2002. – Issue 3. – P. 103-115.
17. Garofolo J., Auzanne G., and Voorhees E. The trec spoken document retrieval track: A success story. // *In proceedings of the Recherche d'Informations Assiste par Ordinateur: Content Based Multimedia Information Access Conference, 2000*. – pp. 1-20.
18. Gray A., Markel J. Distance measures for speech processing // *IEEE Trans. On Acoust., Speech and Lang. processing*. oct. 1976. – Vol. 24(5) – p. 291-380.
19. Mamou J., Mass Y., Ramabhadran B., Sznajder B. Combination of multiple speech transcription methods for vocabulary independent search // *In proceedings of the ACM SIGIR Workshop `Searching Spontaneous Conversational Speech*. Singapore. – 2008. – pp. 20-27.
20. Huijbregts M., Ordelman R., Jong F. Annotation of heterogeneous multimedia content using automatic speech recognition // *In Proceedings of the second international conference on Semantics And digital Media Technologies (SAMT)*. Lecture Notes in Computer Science. Berlin Springer Verlag. December 2007. – pp. 78-90.

Васильев Роман Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Безопасность информационных систем» Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского

Vasiliev Roman Aleksandrovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department “Security of Information Systems” of Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevsky