

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЗАЩИЩЕННОСТИ РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ ОТ УТЕЧКИ ПО ТЕХНИЧЕСКИМ КАНАЛАМ

В. А. Трушин

Новосибирский государственный технический университет

Новосибирск, Россия

E-mail: kafedra@is.cs.nstu.ru

В статье обсуждаются проблемы достоверности оценки защищенности речевой информации, получаемой на основе принятых расчетно-экспериментальных методик, и рассматриваются возможности ее повышения.

Ключевые слова: разборчивость речи, отношение сигнал\шум, огибающая спектра, артикуляционные испытания, методические погрешности.

ВВЕДЕНИЕ

Оценка защищенности речевой информации от утечки по техническим каналам (акустическим, виброакустическим, акустоэлектрическим и др.) необходима при аттестации защищаемых помещений объектов информации и контроле эффективности используемых средств защиты.

В настоящее время в России основным количественным критерием защищенности речевой информации является коэффициент словесной разборчивости W , оценка которого осуществляется расчетно-экспериментальным путем по методу Н. Б. Покровского [1] адаптированного в соответствующую методику [2].

Суть данной методики состоит в следующем:

- весь частотный диапазон речевого сигнала разбивается на 5 октавных полос с центральными частотами 250, 500, 1000, 2000, 4000 Гц соответственно;
- для каждой i -й полосы измеряется уровень шума B_{ui} и уровень смеси сигнал + шум $B_{(c+u)i}$;
- вычисляются уровни сигнала B_{ci} для каждой октавной полосы;
- вычисляются уровни ощущений

$$E_i = B_{ci} - B_{ui} - \Delta_i, \quad (1)$$

где ΔB_i формантное превышение;

- по известной зависимости $P(E)$ вычисляются коэффициенты восприятия P_i для каждой октавной полосы;
- вычисляется формантная разборчивость речи

$$A_\phi = \sum_{i=1}^5 P_i \cdot q_i, \quad (2)$$

где g_i – вклад i -й октавной полосы в суммарную разборчивость (известны из формантного распределения русской речи).

По известной зависимости от формантной разборчивости переходят к словесной.

К данной методике предъявляется достаточно много претензий [3, 4, 5], из которых можно отметить следующие:

- аналитическая сложность;
- недостаточное частотное разрешение (использование всего 5-ти октавных полос, что теоретически приводит к «потере» 9 % формантной разборчивости);
- неучет зависимости коэффициента восприятия от частоты и уровня шума, в частности, используемые в [2] базовые зависимости Н. Б. Покровского справедливы для шума, не превышающего 40 дБ.

Однако главными недостатками используемой расчетно-экспериментальной методики оценки разборчивости речи представляются следующие:

1. Исследования разборчивости речи (Н. Б. Покровский, Ю. С. Быков, М. А. Сапожков) начались в середине прошлого века в связи с возникшей необходимостью оценки качества средств связи. Эти исследования осуществлялись с помощью артикуляционных испытаний с использованием специально разработанных таблиц. В результате были получены базовые зависимости между различными видами разборчивости: слоговой, словесной, фразовой. При этом для достижения максимальной объективности испытаний и исключения «человеческого фактора» таблицы составлялись так, чтобы они были максимально некоррелированы.

Но в задачах защиты речевой информации другая ситуация. Мы имеем дело только со связными текстами, более того, имеется возможность записать текст (беседу, переговоры и т. п.) на диктофон с последующим многократным прослушиванием.

Вышесказанное должно привести к повышению фактической разборчивости речи относительно полученной оценки по существующей методике.

2. Используемые расчетно-экспериментальные методики оценки разборчивости речи, по существу, представляют собой косвенные измерения, при которых искомая величина находится по известной функциональной зависимости между этой величиной и некоторыми другими, подлежащими прямым измерениям. Например, при оценке защищенности речевой информации от утечки по акустическому каналу проводятся прямые измерения уровней шума и сигнала-шум в контрольных точках для каждой октавной полосы. Далее вычисляются уровни сигнала и по известным аналитическим выражениям $P(E)$, $g(f)$, $A(P, g)$, $S(A)$, $W(S)$ находится искомая величина W [2].

Согласно [7] функциональные зависимости должны быть известны с погрешностями, которыми можно пренебречь.

В свете вышесказанного возникает естественный вопрос о погрешностях косвенных измерений W , хотя корректнее говорить о погрешностях оценки, так как W величина безразмерная. Какая требуется погрешность оценки W и какая она на самом деле? Ответа на этот вопрос нет ни в одном нормативном документе, да и в публикациях вообще. Хотя в перечнях рекомендованных средств измерений указываются требования к их метрологическим характеристикам, например, класс точности измерителя шума и вибраций должен быть не хуже 2-го.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Таким образом, для ответа на вопрос о достоверности оценки защищенности речевой информации от утечки по техническим каналам необходимо, прежде всего, проанализировать методические погрешности косвенных измерений W (строго говоря – погрешности оценки).

Представляется, что основными источниками методических погрешностей могут быть следующие факторы:

- использование результатов артикуляционных испытаний с некоррелированными таблицами, не учитывающих специфику задач защиты речевой информации;
- использование зависимости $P(E)$, справедливой для уровня шума приблизительно в 40 дБ, в то время как средства защиты создают шум, превышающий уровень речи до 20 дБ. При повышении уровня шума зависимость $P(E)$ существенно деформируется [1, гл. 9];
- аппроксимация непрерывных кривых огибающих спектра речи и шума полиномом нулевой степени, что может привести к существенной разнице интегральных уровней речи и шума в октавных полосах;
- неучет частотной зависимости уровня слуховых ощущений;
- неучет погрешностей косвенных измерений (оценок).

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Для количественной оценки возможного изменения разборчивости речи для связных текстов был спланирован и проведен эксперимент [7], суть которого (не вникая в детали) заключается в следующем:

- был сформирован набор из 10 связных текстов (беседы, дискуссии) длительностью по 3 минуты каждый;
- скомплектована бригада аудиторов в количестве 10 человек (5 мужчин, 5 женщин) в возрасте от 20 до 30 лет;
- интегральный уровень речи составлял 70 дБ (речь средней громкости);
- были сформированы следующие виды помех: белый шум, розовый шум, речеподобный шум (из белого), речевая помеха (речевой хор из отрезков связных текстов), формантоподобная помеха (речевой хор с огибающей соответствующей спектру формант). При этом форма огибающей задавалась в семи октавных полосах центральными частотами 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц соответственно;
- для каждого вида помехи задавался интегральный уровень 70 дБ + (5, 10, 15) дБ, (–5, 10) дБ, т. е. чтобы обеспечивались интегральные отношения сигнал/шум –15, –10, –5, 0, +5, +10 (дБ).

Таким образом, каждому аудитору предъявляется набор записей, при прослушивании которых (с возможностью неоднократного прослушивания) определялся коэффициент словесной разборчивости.

Эксперимент проводился с помощью специально созданного аппаратно-программного комплекса, включающего персональный компьютер, специализированное ПО, измерительный микрофон, шумомер и цифровой диктофон. Обработка результатов испытаний проводилась в соответствии с ГОСТ Р 50840-95 [8].

На рисунке 1 приведены усредненные (по 10 аудиторам) зависимости словесной разборчивости W от интегрального соотношения сигнал/шум для разных видов помех.

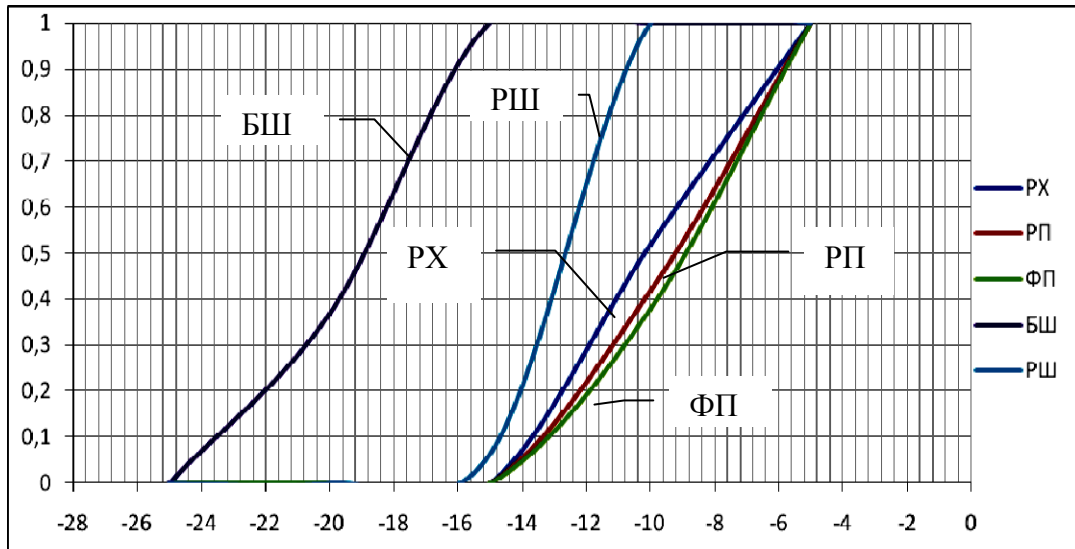


Рис. 1. Экспериментальные зависимости словесной разборчивости от отношения сигнал/шум для разных видов помех в семи октавных полосах, где РХ–реч. хор, РП–реч. помеха, ФП–формантная, БШ–белый шум, РШ–розовый шум

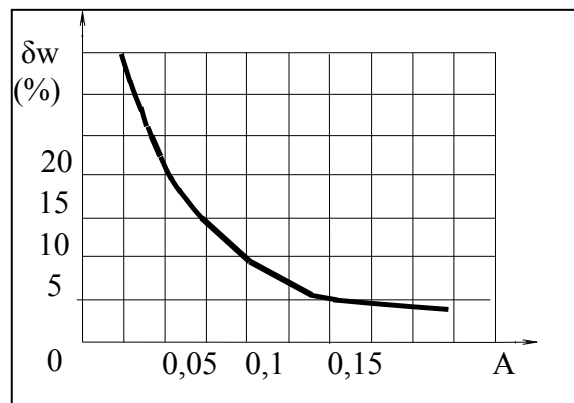


Рис. 2. Зависимость относительной погрешности оценки W от формантной разборчивости

Сравнение данных зависимостей с аналогичными приведенными в [2], полученными по традиционному методу, показало существенное изменение коэффициента словесной разборчивости при использовании связных текстов для одинаковых видов помех и равном соотношении сигнал/шум. Так, для белого шума при сигнал/шум, равном – 20дБ, W повышается от 0.03 до 0.4; для речеподобной помехи при сигнал/шум, равном – 10 дБ, W повышается с 0,15 до 0.4. Существенно изменился и сам характер зависимостей, они стали более крутыми.

В соответствии с рекомендациями [6] был также проведен анализ абсолютных и относительных погрешностей косвенных измерений W по аналитическим выраже-

ниям, приведенным в [2]. На рисунке 2 для примера дана зависимость относительной погрешности оценивания W от значения формантной разборчивости, из которого видно, что в диапазоне значений A до 0,1 (что соответствует значениям $W \approx 0,5$ [1]) относительная погрешность составляет десятки процентов. С учетом всех факторов, перечисленных в «Постановке задачи» суммарная погрешность может стать существенно выше.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ВЫВОДЫ

Достоверность оценки защищенности речевой информации на основе используемых в настоящее время методик вызывает большое сомнение, что требует более детальных теоретических и экспериментальных исследований с привлечением методов теории измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Покровский, Н. Б.* Расчет и измерение разборчивости речи/ Н. Б. Покровский. М.: Связьиздат, 1962. 392 с.
2. *Хореев, А. А.* Оценка эффективности систем виброакустической маскировки /А. А. Хорев, Ю. К. Макаров//Вопросы защиты информации. 2001. № 1. С. 21–28.
3. *Каргашин, В. Л.* Совершенствование методических принципов оценки защищенности помещений от утечки речевой информации/ В. Л. Каргашин// Специальная техника. 2001. № 6. С. 11–21.
4. *Трушин, В. А.* К вопросу об оценке разборчивости речи// Проблемы информационной безопасности государства, общества, личности: материалы 9 Всерос. науч.-практ. конф. Томск, 2007. С. 115–119.
5. *Дидковский, В. С.* Акустическая экспертиза каналов речевой коммуникации/В. С. Дидковский, М. В. Дидковская, А. Н. Продеус. Киев. : Имэкс-ЛТД, 2008. 418 с.
6. МИ2083-90. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей. М., 1991.
7. *Трушин, В. А.* Экспериментальная оценка разборчивости речи в задачах защиты информации на основе модифицированных артикуляционных испытаний /В. А. Трушин, И. Л. Рева, А. В. Иванов // Актуальные проблемы электронного приборостроения: материалы X Междунар. конф. Новосибирск, 2010. Т. 3. С. 133–135.
8. ГОСТ 350840-95. Передача речи по трактам связи. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости. М., 1995.