

УДК 004.056

А.В. Иванов, В.А. Трушин

О модели речевого сигнала при оценке защищенности речевой информации от утечки по техническим каналам

Рассматривается модель речевого сигнала при оценке защищенности речевой информации от утечки по техническим каналам. Обсуждается целесообразность корректировки существующей модели с учетом возможностей как превышения уровня речи над средним уровнем, так и форсирования речи в реальных условиях защиты информации. Приводятся результаты расчетов и артикуляционных испытаний.

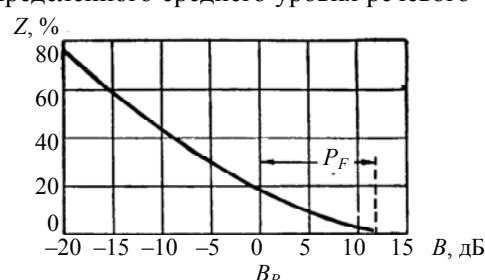
Ключевые слова: разборчивость речи, форсированная речь, артикуляционные испытания.

Применяемая в настоящее время методика оценки защищенности речевой информации от утечки по техническим каналам [1], основанная на методе Н.Б. Покровского [2], использует в качестве тестового сигнала (модели речевого сигнала) либо белый шум с огибающей, соответствующей усредненному спектру речи, либо соответствующий набор тональных сигналов со среднегеометрическими частотами октавных полос. При этом интегральный уровень тестового сигнала поддерживается постоянным и составляет 70 дБ, т.е. соответствует среднему уровню речи [3].

В реальных же условиях возможно как превышение уровня речевого сигнала по отношению к среднему [4], так и возникновение эффекта форсирования речи, который влечет за собой не только увеличение уровня сигнала, но и деформацию спектра речи.

Вероятность превышения среднего уровня речи. В исследованиях Н.Б. Покровского [2. С. 152] приводится зависимость (рис. 1) вероятности превышения определенного среднего уровня речевого сигнала от значения этого уровня (B).

Рис. 1. Усредненная характеристика амплитудного состава речи: B_p – средний уровень речи; P_F – пикфактор русской речи (12 дБ)



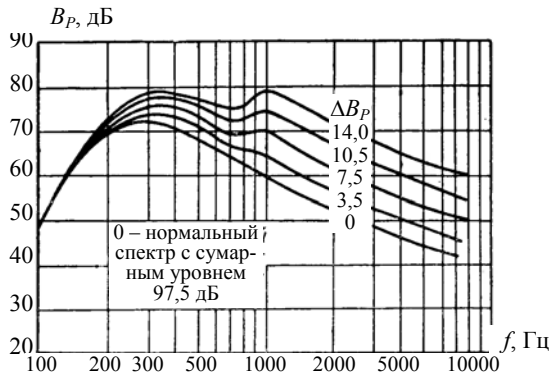
Исходя из данной зависимости, можно сделать вывод, что в 20% случаев уровень речи превышает средний уровень 70 дБ, следовательно, с такой же вероятностью проведенная оценка защищенности речевой информации будет ошибочна. В связи с этим для корректной оценки защищенности в работе [4] предлагается задавать требуемую вероятность непревышения порогового значения W и в соответствии с ней выбирать интегральный уровень тестового сигнала. Например, если заданная вероятность непревышения 95%, то необходимо установить уровень тестового сигнала 80 дБ.

Следует также отметить разницу в средних уровнях речи по Покровскому и используемых в методике [1]. У Покровского все измерения проводились на расстоянии 8 см от источника; в методике - на расстоянии 1 м. Затухание акустического сигнала в речевом диапазоне частот таково, что 93 дБ на 8 см приблизительно соответствуют 70 дБ на 1 м.

Внесение данных изменений в методику оценки защищенности позволит снизить вероятность утечки информации по техническим каналам.

Форсированная речь. В процессе проведения переговоров нередко возникают ситуации, в которых два или более дикторов начинают спорить друг с другом и стараться перекричать оппонента, что эквивалентно повышению уровня шума. Данные условия соответствуют форсированию речи.

Н.Б. Покровский объясняет это тем, что при повышении общего уровня шума говорящий непроизвольно повышает уровень голоса, чтобы слышать собственную речь, осуществляя тем самым самоконтроль. Количественно это явление характеризуется не только приращением суммарной интенсивности речи (в зависимости от суммарного уровня шума), но и искажением спектра речи



(перераспределением энергии речи в области высоких частот) (рис. 2) [2. С. 201].

При этом Покровский считает, что поправка на изменение спектра речи является одновременно и поправкой на изменение спектра формант. Эта гипотеза вытекает из рассмотрения физического процесса при форсировании речи и подтверждается практическими данными.

Рис. 2. Частотный спектр форсированной речи при различной степени форсирования (ΔV_p)

В соответствии с таким подходом были построены зависимости словесной разборчивости от соотношения сигнал/шум по классической методике [1] (для максимальной степени форсирования $\Delta V_p = 14$ дБ, рис. 3–5).

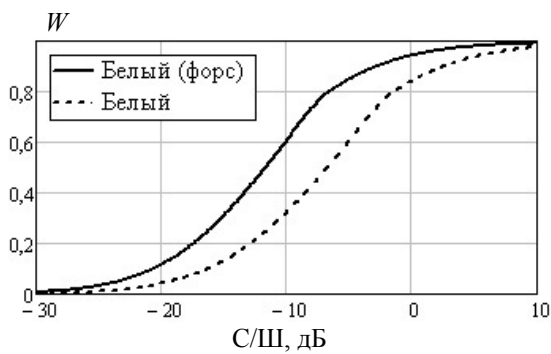


Рис. 3. Зависимость словесной разборчивости от соотношения сигнал/шум для белого шума при использовании стандартного спектра речи и форсированного

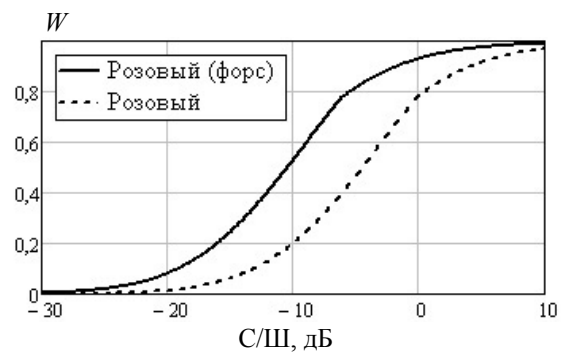


Рис. 4. Зависимость словесной разборчивости от соотношения сигнал/шум для розового шума при использовании стандартного спектра речи и форсированного

Видно, что во всех случаях изменение спектра речевого сигнала приводит к существенному увеличению показателя разборчивости речи.

Для получения достоверных данных о влиянии изменения спектра речевого сигнала в процессе форсирования были проведены соответствующие артикуляционные испытания, аналогичные изложенным в [5].

Полученные результаты для белого, розового и формантоподобного шумов приведены на рис. 6–8 соответственно.

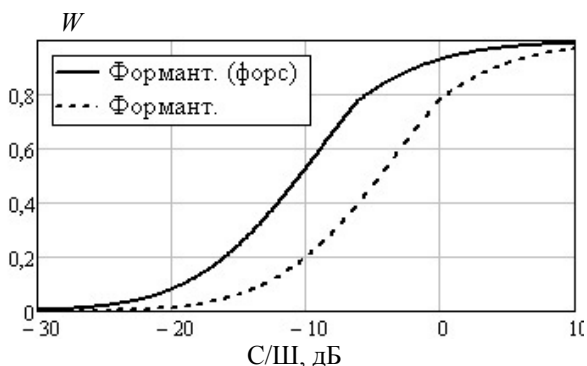


Рис. 5. Зависимость словесной разборчивости от соотношения сигнал/шум для формантоподобного шума при использовании стандартного спектра речи и форсированного

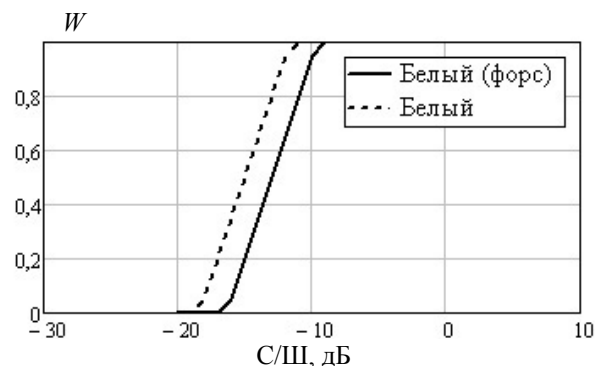


Рис. 6. Зависимость словесной разборчивости от соотношения сигнал/шум для белого шума при использовании стандартного спектра речи и форсированного по результатам артикуляционных испытаний

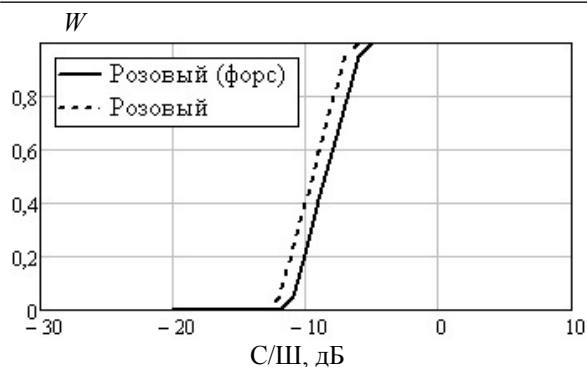


Рис. 7. Зависимость словесной разборчивости от соотношения сигнал/шум для розового шума при использовании стандартного спектра речи и форсированного по результатам артикуляционных испытаний

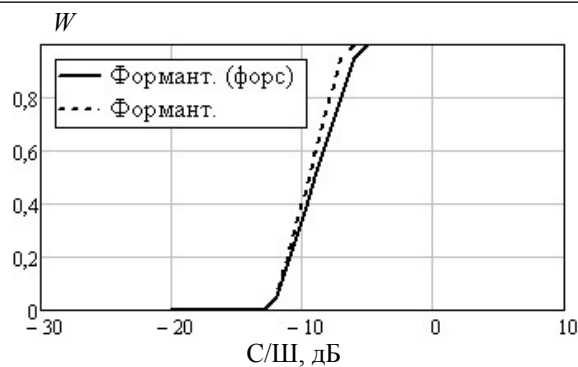
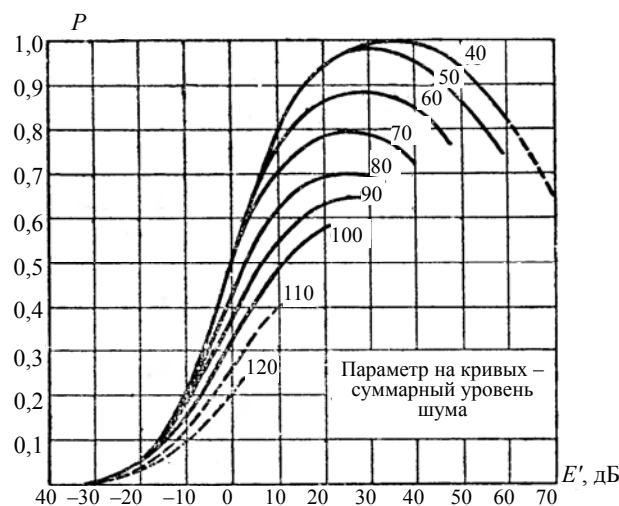


Рис. 8. Зависимость словесной разборчивости от соотношения сигнал/шум для формантоподобного шума при использовании стандартного спектра речи и форсированного по результатам артикуляционных испытаний

Эксперимент показал, что деформация спектра речевого сигнала при форсировании приводит к снижению показателя разборчивости речи, что полностью расходится с теоретическими расчетами.

Полученный результат может быть обоснован изменением функции коэффициента восприятия при увеличении уровня фонового шума (рис. 9) [2. С. 214], что методика [1] не учитывает.

Рис. 9. Зависимость коэффициента восприятия от эффективного уровня ощущения формант при различных уровнях шума.



Также следует отметить, что влияние формантоподобной помехи как на обычную речь, так и на форсированную практически идентично, что позволяет предположить, что в результате форсирования спектр формант не претерпевает существенных изменений либо спектр формант меняется не так, как предполагает Покровский.

Заключение. Необходимо учитывать вероятностную зависимость превышения уровня речи над средним уровнем (70 дБ), в результате чего в 20% случаев уровень речи человека превышает уровень тестового сигнала, используемого при проведении оценки защищенности.

В реальных условиях могут возникать ситуации, при которых возникает форсирование речи. Исследовано влияние данного эффекта на разборчивость речи как со стороны увеличения уровня речи, так и со стороны изменения спектра речевого сигнала. Поставлен эксперимент по определению влияния изменения спектра речевого сигнала при форсировании на разборчивость речи. Оказалось что изменение спектра речевого сигнала оказывает обратный эффект, и разборчивость снижается.

Существующая методика [1] не учитывает данные обстоятельства. В связи с этим необходимо изменение методики с учетом в том числе корректировки кривой коэффициента восприятия для условий форсированной речи.

Литература

1. Железняк В.К. Некоторые методические подходы к оценке эффективности защиты речевой информации / В.К. Железняк, Ю.К. Макаров, А.А. Хорев // Специальная техника. – 2000. – № 4. – С. 39–45.
2. Покровский Н.Б. Расчет и измерение разборчивости речи. – М.: Связьиздат, 1962. – 390 с.

3. Герасименко В.Г. Методы защиты акустической речевой информации от утечки по техническим каналам / В.Г. Герасименко, Ю.Н. Лаврухин, В.И. Тупота. – М.: РЦИБ «Факел», 2008. – 258 с.
 4. Авдеев В.Б. О некоторых направлениях совершенствования методических подходов, применяемых при оценке эффективности технической защиты информации // Специальная техника. – 2013. – № 2. – С. 1–10.
 5. О достоверности оценки защищенности речевой информации от утечки по техническим каналам / А.П. Бацула, А.В. Иванов, И.Л. Рева, В.А. Трушин // Доклады ТУСУРа. – 2010. – № 1 (21), ч. 1. – С. 89–92.
-

Иванов Андрей Валерьевич

Ст. преподаватель каф. защиты информации
Новосибирского государственного технического университета (НГТУ)
Тел.: 8 (383) 346-08-53
Эл. почта: ivanov_av87@mail.ru

Трушин Виктор Александрович

Канд. техн. наук, ст. науч. сотр., зав. каф. защиты информации НГТУ
Тел.: 8 (383) 346-08-53
Эл. почта: gastr89@mail.ru

Ivanov A.V., Trushin V.A.

About model of a speech signal at an assessment of security of speech information by leaking from technical channels

The model of a speech signal is considered at an assessment of security of speech information by leaking from technical channels. Expediency of correction of existing model taking into account opportunities as excess of level of the speech over the average level, and force of speech in actual practice information security is discussed. Results of calculations and articulation tests are given.

Keywords: intelligibility of speech, forced speech, articulation tests.
