

# ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Козлачков С.Б.

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана,  
Москва, Российская Федерация*

*В статье перечислены основные проблемы современных методов оценки защищенности речи, базирующихся на определении её разборчивости. В соответствии с положениями теории скрытности предложены дополнительные объективные критерии оценки защищенности речи.*

*Ключевые слова: выделенные помещения, разборчивость речи, шумоочистка.*

*The article contains analysis of the basic problems of modern methods of security assessment of speech, based on the determination of its intelligibility. In accordance with the theory of secrecy offered additional objective criteria for evaluating the security of voice communications.*

В настоящее время для целей обеспечения безопасности речевой информации (РИ), циркулирующей в выделенных помещениях используются различные методы, оценивающие интегральный критерий – разборчивость речи (РР) [3]. Условно все методы разделяют на два класса: объективные и субъективные. К объективным относятся методы, основанные на инструментальных измерениях численных значений параметров РС, к субъективным – базирующиеся непосредственно на экспертных оценках.

Объективные методы оценки РР в зависимости от вида измеряемых параметров можно разделить на три группы: формантные, модуляционные и эмпирические. Считается, что наибольшей точностью оценок обладают методы, основанные на формантной теории речи, наименьшей – эмпирические [3]. На постсоветском пространстве, при оценке защищенности РС, в основном используются различные версии формантного метода, среди которых наибольшее распространение получила версии Н.Б.Покровского и М.А. Сапожкова [3].

Сопоставление оценок защищенности РИ по версиям Н.Б. Покровского и М.А. Сапожкова по критерию словесной разборчивости  $W$  приводит к неоднозначным результатам, как это показано на рисунке 1. Так, по версии Н.Б. Покровского, при малых интегральных отношениях сигнал/шум белый шум лишь ненамного уступает розовому шуму по маскирующим свойствам. Между тем, по версии М.А. Сапожкова, белый шум обладает наихудшими маскирующими свойствами при малых интегральных отношениях сигнал/шум [3].

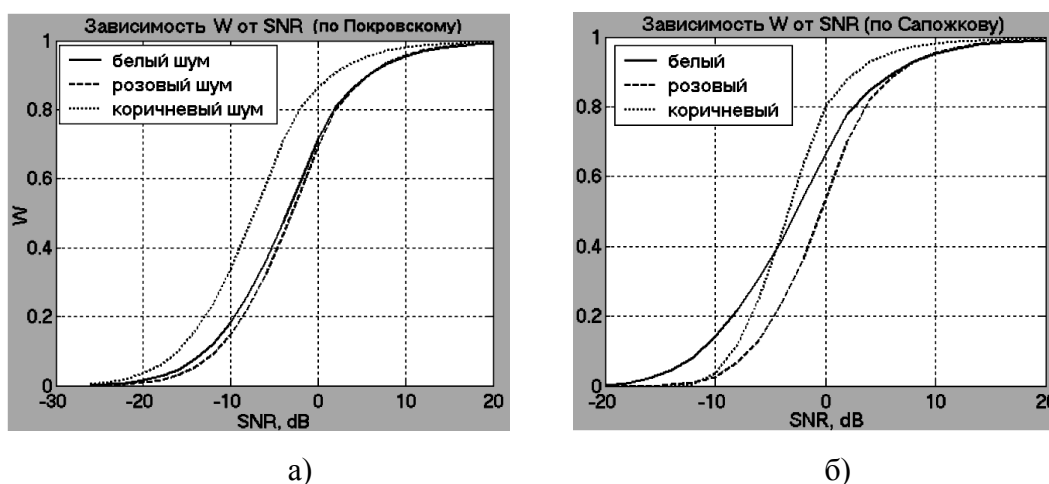


Рис. 1. Зависимость словесной разборчивости  $W$  от соотношения сигнал-шум (SNR, дБ) по Н.Б. Покровскому (а) и М.А. Сапожкову (б)

Основные отличия версий формантного метода заключаются в различном толковании и учете влияния частных параметров – формантного спектра речи и коэффициентов восприятия формант. Однако большее влияние на оценку РР оказывают иные факторы: априорные данные (тематические словари) о содержании переговоров, современные методы шумоочистки, возможности лингвистического анализа и многократное прослушивание записанных РС. Так, результаты ряда исследований (рисунок 2) показали, что разборчивость резко возрастает, если реципиенту дается возможность сравнения перехваченных речевых сообщений с заранее заданным тематическим словарем [1, 3].

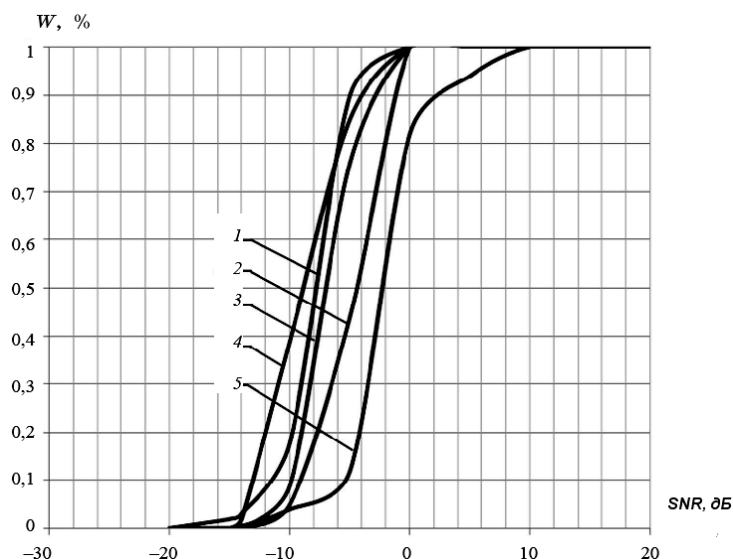


Рис.2. Зависимость словесной разборчивости  $W$  от интегрального соотношения сигнал/шум ( $SNR$ ), в полосе частот 90-11200 Гц для разных видов помех.

1 – речеподобный шум (из белого); 2 – речевая помеха (речевой хор из отрезков связных текстов); 3 – розовый шум; 4 – белый шум; 5 – формантоподобная помеха (речевой хор с огибающей соответствующей спектру формант)

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования [4-6] показали, что при использовании современных процедур цифровой обработки речи возможно дополнительное повышение отношения сигнал/шум на 0,2–7 дБ в каждой октавной полосе. При этом необходимо учитывать, что с появлением новых методов шумоочистки отношение сигнал/шум может возрасти и на большие значения. Пределы такого роста определить сложно, поскольку отсутствуют методы и способы объективной оценки эффективности различных методов шумоочистки.

Таким образом, суммарный (с учетом различий версий формантного метода, современных методов шумоочистки и фактора использования тематических словарей) разброс корректируемых значений отношения сигнал/шум при определении параметров РР может составить от 4 до 10 дБ.

Критериальные значения оценки защищенности РИ зависят от целей, преследуемых при организации защиты, как это показано в таблице 1 [6].

Таблица 1

Критерии эффективности защиты выделенных помещений

Цель защиты выделенного помещения	Потенциальные технические каналы утечки информации	Критерий эффективности
-----------------------------------	--	------------------------

		защиты $W_n$
Скрытие факта ведения переговоров в выделенном помещении	Прямой акустический, акустовибрационный, акустооптический, акустоэлектрический, акустоэлетромагнитный	$W_n \leq 10\%$
Скрытие предмета переговоров в выделенном помещении	Прямой акустический, акустовибрационный, акустооптический, акустоэлектрический, акустоэлетромагнитный	$W_n \leq 20...30\%$
Скрытие содержания переговоров в выделенном помещении	Прямой акустический, акустовибрационный, акустооптический, акустоэлектрический, акустоэлетромагнитный	$W_n \leq 30...40\%$
Скрытие содержания переговоров в выделенном помещении	Прямой акустический без применения технических средств (непреднамеренное прослушивание)	$W_n \leq 40...60\%$

Однако, указанные значения  $W_n$ , не в полной мере учитывающие факторы, влияющие на РР сложно принять в качестве объективных показателей защищенности РИ. Так проведенные теоретические и экспериментальные исследования [4-6] показали, что при значениях  $W_n \leq 10\%$  в октавах со среднегеометрическими частотами 250, 500 и 1000 Гц наблюдаются устойчивые признаки РИ, что позволяет выявить факт ведения переговоров в выделенном помещении.

В связи с этими обстоятельствами при оценках защищенности речи целесообразно использовать термин «*потенциальная*» РР, которая обеспечивает максимально возможный уровень защищенности, гарантирующий невозможность восстановления информативного содержания речи даже при использовании технологий шумочистки [5].

В связи с этим уместно рассмотреть вопросы, связанные с выбором дополнительных критериев и соответствующие методы и способы оценки защищенности РИ. При выборе таких объективных критериев необходимо учитывать следующие принципы: критерий не может базироваться только на субъективных характеристиках слухового восприятия; критерий должен давать объективную оценку по определению потенциальной защищенности РС; критерий должен учитывать возможности перспективных методов анализа, шумочистки и восстановления РС, т.е. алгоритмы и процедуры обработки сигналов.

Методы решения указанных проблем детально разработаны в рамках теории *статистической радиотехники*, в соответствии с которой в процессе обработки сигналов необходимо последовательно решать следующие задачи: обнаружение сигнала в смеси с аддитивной помехой; различение сигнала в смеси с другими сигналами; идентификация и распознавание сигнала [10]. Следует отметить, что в полном соответствии с вышеуказанными этапами обработки сигнала выполняются основные операции по шумоочистке РС. Такой подход показывает, что РР представляет собой интегральный критерий, объединивший в себе четыре этапа обработки сигнала. При этом объективно оценивается только последний этап – распознавание сигнала. Возможно, такой обобщающий подход, игнорирующий промежуточные стадии обработки РС, и обуславливает определенную ограниченность и субъективность методов оценки защищенности РИ через критерий словесной разборчивости речи  $W$ .

В то же время для оценки опасности технических каналов утечки информации (ТКУИ), образующихся при обработке информации средствами вычислительной техники, решаются именно задачи обнаружения и различения тестового сигнала, но не его распознавания! Формально математические задачи обнаружения и различения сигнала, представляют собой проверку статистических гипотез о характеристиках случайной величины или случайного процесса, которые отсутствуют в методиках оценки защищенности РИ.

Такое различие в методологических подходах к решению однотипных задач (оценке защищенности информации) представляется в определенной мере противоречивым и необоснованным. Принимая во внимание универсальность методологии статистической обработки сигналов, можно предположить, что основные этапы, алгоритмы, способы, методы, а также оценочные критерии статистической радиотехники могут использоваться и в области речевых технологий.

Необходимо также учитывать, что объективные оценки защищенности объектов (РС) могут быть получены только в контексте учета мер

противодействия, методов (средств) защиты (например, маскирующие помехи и сигналы) и разведки (например, методы шумоочистки и лингвистического анализа). Такой сопоставительный анализ методов защиты и разведки, определение эффективности мер противодействия выполнен в работах по *теории скрытности* [7, 8]. В соответствии с положениями этой теории среди способов сокрытия (маскирования) сигналов различают следующие основные виды: энергетическая, структурная (алгоритмическая) и информационная скрытности [7].

Скрытность, зависящую от энергии сигнала, называют энергетической. Ее цель – сокрытие информационного сигнала среди передаваемых таким образом, чтобы его нельзя было выделить по энергетическому признаку. Энергетическая скрытность определяется неспособностью противника отличить полезный сигнал от шума по уровню и мощности сигнала и объективно является абсолютным (основным) показателем скрытности, именно ее и следует принять в качестве «потенциальной» РР. Энергетической скрытности соответствует этап *обнаружения* сигнала.

Скрытность, зависящую от структуры защищаемого сигнала, называют структурной или алгоритмической. Алгоритм формирует правила, по которым из переданной смеси различных сигналов и помех можно извлечь нужную информацию. Структурная скрытность определяется сложностью для противника отделения полезного сигнала от шума и помех. Она носит соподчиненный характер по отношению к «потенциальной» РР и в большей степени может использоваться для оценки эффективности структурных маскирующих сигналов (речеподобных помех – РПП). Этой скрытности соответствуют этапы *различения* и *идентификации* сигнала.

Информационная скрытность предназначена для сокрытия истинного смысла сообщения от противника, а соответствующим этапом является *распознавание* сигнала (РС).

Заметим, что предлагаемые дополнительные оценочные критерии защищенности (энергетической, структурной, информационной – скрытности)

согласовываются с основными этапами обработки сигналов. Введение дополнительных критериев оценки защищенности РС предоставляет возможность решения ряда существующих проблем.

*Во-первых*, по критерию «потенциальной» РР можно достоверно получить объективную оценку защищенности РС, независимо от вида маскирующих помех. При этом наряду с формантными методами можно использовать и модуляционные (например, STI и RASTI), в которых оценивается глубина модуляции информативного сигнала (величина индекса модуляции –  $m$ ) [9]. Так, при значениях  $m$  близких к «0» модуляция (т.е. информация в передаваемом сигнале) практически отсутствует.

*Во-вторых*, в действующих методиках оценки защищенности РС этапы обнаружения, различения, оценки параметров, фильтрации и распознавания образов обобщены в одном критерии – *разборчивость речи*, что принципиально не позволяет оценить эффективность методов структурного маскирования (РПП). По этой причине не существует инструментальных методов определения эффективности РПП, реализующих принцип структурной, а не энергетической скрытности. Результаты трудоемких артикуляционных испытаний показывают (см. рисунок 3), что РПП обладают высокими маскирующими свойствами [2]. Так, каждый дополнительный речевой сигнал (при значениях  $SNR=0$  дБ) снижает значение РР  $W$  на 18-19%.

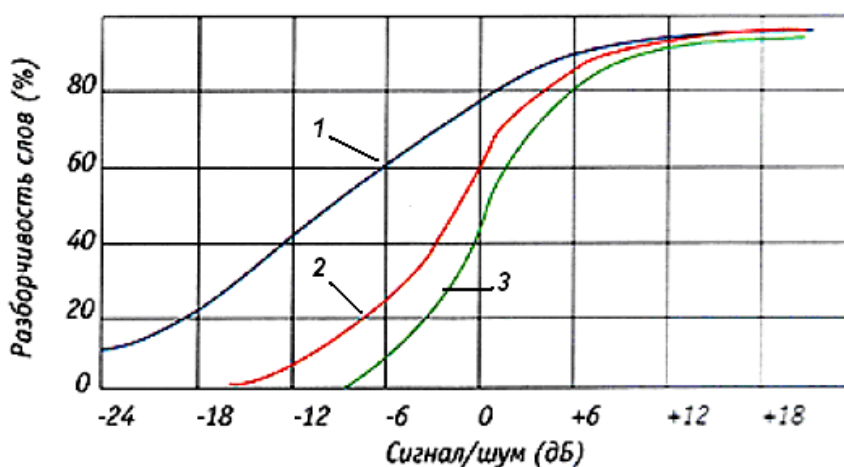


Рис.3. Зависимость словесной разборчивости  $W$  от отношения сигнал-шум ( $SNR$ ) при воздействии других голосов  
1 – один голос; 2 – два голоса; 3 – три голоса.

В таком случае при использовании РПП, сформированной из шести дополнительных голосов, РР практически будет равна нулю, а интегральное отношение сигнал-шум  $SNR=-10,8$  дБ, что существенно (на 4-11 дБ) расходится с оценками, полученными по иным критериям [11].

*В-третьих*, разработанные в настоящее время методы оценки качества РС в основном оперируют с усредненными, а не текущими значениями параметров сигналов, что принципиально не позволяет оценивать эффективность структурных методов маскирования. Форматные методы имеют расхождение с экспериментальными данными в пределах 4-11 дБ, а модуляционные методы (при фактическом значении  $W=0$ ) также будут показывать индекс модуляции отличный от «0». Введение дополнительного критерия структурной скрытности может способствовать разработке новых методов оценки качества РС и его защищенности.

#### Выводы

1. Существующие критерии оценки качества сигналов в каналах связи, на основе традиционных методов определения РР, сложно в полной мере адаптировать к задачам объективной оценки защищенности РИ.
2. Численные значения критериев, полученные с использованием субъективных характеристик слухового восприятия, не могут в полной мере гарантировать защищенность РС.
3. В качестве дополнительных объективных критериев защищенности РИ предлагается рассмотреть: критерий энергетической скрытности – порог обнаружения сигнала в аддитивной смеси с помехой; критерий структурной скрытности – порог различения сигнала в смеси с другими сигналами и помехой.
4. Основным критерием защищенности («потенциальной» разборчивостью речи) следует считать порог энергетической скрытности.

#### Литература



1. А.П. Бацула, А.А. Иванов, И.Л. Рева, В.А. Трушин. О достоверности оценки защищенности речевой информации от утечки по техническим каналам. Доклады ТУСУРа, № 1 (21), часть 1, июнь 2010.
2. Алдошина И.А. Основы психоакустики. (Подборка статей с сайта <http://www.625-net.ru>).
3. Гавриленко О.В., Дидковский В.С., Продеус А.Н. Сопоставление версий формантного метода оценки разборчивости речи // Электроника и связь, Тематический выпуск «Проблемы электроники», ч.1. - 2008. – С. 227-230.
4. Дворянkin С. В., Харченко Л. А., Козлачков С.Б. Оценка защищенности речевой информации с учетом современных технологий шумоочистки. Вопросы защиты информации. М.: ФГУП “ВИМИ”, 2007. №2 (77), с. 37-40.
5. Дворянkin С.В. «Эксперименты по восстановлению искаженной шумами речи». /Управление безопасностью. Май 2004.
6. Дворянkin С.В., Макаров Ю.К. Хорев А.А. Обоснование критериев эффективности защиты речевой информации// Защита информации. Инсайд. – М.: 2007, – 184с. – №2 – С. 18 – 25.
7. Каневский З.М., Литвиненко В.П. Теория скрытности. — Воронеж: Изд\_во ВГУ, 1991. — 144 с.
8. Каневский З.М., Литвиненко В.П., Макаров Г.В., Максимов Д.А. Основы теории скрытности. ГОУВПО “Воронежский государственный технический университет”, 2006.
9. Рашевский Я.И., Каргашин В.Л. «Обзор зарубежных методов определения разборчивости речи». Специальная техника, №№ 4, 5, 6, 2002, №1, 2003.
10. Тихонов В. И. Оптимальный приём сигналов. — М.: Радио и связь, 1983. — 320с.
11. Хорев А.А. Оценка эффективности защиты информации от утечки по техническим каналам// Специальная техника. – М.: 2006. – № 6 – С. 53 – 61.