

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ЛАЗЕРНОГО КАНАЛА УТЕЧКИ РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ

А. Глущенко, Л. Глущенко, к.ф.-м.н, А. Корзун, ФГУП НИИКИ ОЭП;
А. Казановский, ГНИИИ ПТЗИ ФСТЭК России

Если регистрировать лазерное излучение, отраженное от строительных конструкций, то появление в них изгибных колебаний под действием давления акустических сигналов вызовет модуляцию сигнала. Предложена методика определения качества оптико-электронного (лазерного) канала утечки речевой информации по коэффициенту корреляции между входным и выходным речевыми сигналами.

Известно, что по лазерному излучению, отраженному от оконного стекла, можно получить речевую информацию. Однако решение задачи об определении качества зарегистрированной информации остается актуальным по сей день. Принцип действия оптико-акустической аппаратуры основан на том, что в отраженных от стекла пучках лазерного излучения присутствует три вида модуляции оптического излучения. Во-первых, частотная модуляция, вызванная эффектом Доплера, вследствие колебательных движений оконного стекла под воздействием акустических сигналов. Во-

вторых, фазовая модуляция, вызванная наличием в отраженном сигнале как зеркально отраженного излучения, так и дифракционных компонентов. В-третьих, амплитудная модуляция, вызванная колебаниями подсвечивающего пучка относительно направления зеркального (максимального) отражения. Эти колебания вызваны также пространственным перемещением оконного стекла под воздействием акустического сигнала. Для извлечения акустической речевой информации из рассеянного лазерного излучения можно использовать все три вида модуляции. Однако это

связано с большими техническими сложностями. Они вызваны в первую очередь тем, что амплитуды изгибных колебаний стекла слишком малы – от нескольких единиц до нескольких сотен нанометров в зависимости от интенсивности и частоты акустического сигнала. На рис.1 приведены экспериментальные данные [1], на которых представлены распределения вибрационных полей на стекле стандартного стеклопакета на нескольких частотах. Изгибные колебания носят квазипериодический характер с неоднородным распределением максимумов.

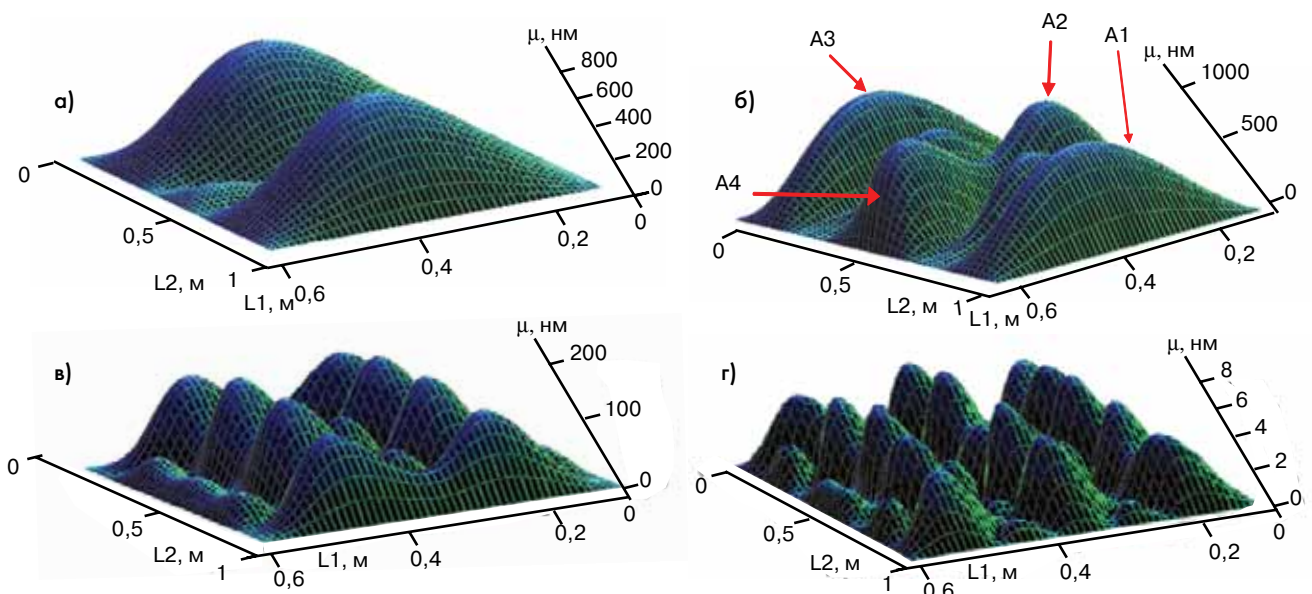


Рис.1. Пространственная структура стоячих волн на стекле: а) частота $f=125$ Гц (амплитуда акустического сигнала 10^3 дБ); б) $f=250$ Гц (110 дБ); в) $f=500$ Гц (113 дБ); г) $f=1000$ Гц (96 дБ); А1–А4 – локальные максимумы



Рис.2. Внешний вид лазерного виброметра LV-2

Практическая оценка эффективности реализации информационного канала связана с многими параметрами и зависит от ее вида. В частности, для каналов, передающих речевую информацию, можно использовать метод артикуляционных исследований, суть которого заключается в определении разборчивости речи, полученной с помощью конкретного технического средства по

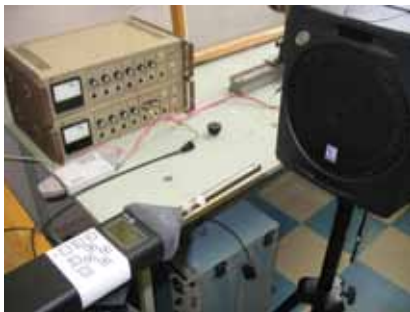


Рис.4. Эталонное средство «Спут-6»

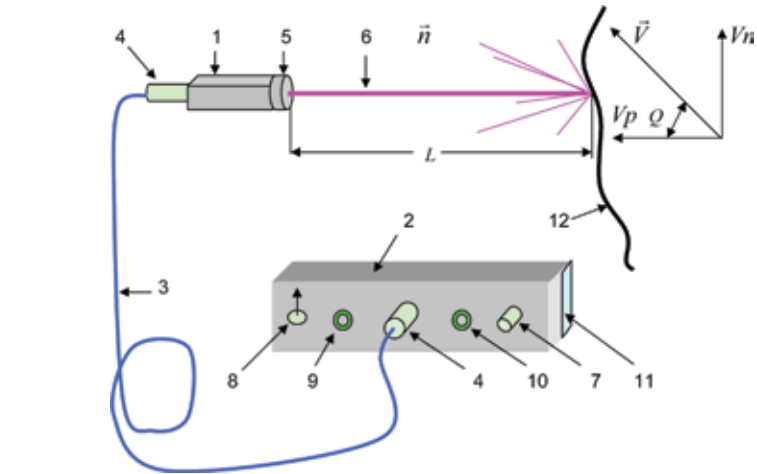


Рис.3. Схема измерений информации с помощью лазерного виброметра LV-2: 1 – измерительная головка; 2 – электронный блок; 3 – соединительный кабель; 4 – разъем; 5 – объектив; 6 – луч лазера; 7 – аналоговый выход; 8 – тумблер питания; 9 – индикация уровня заряда аккумулятора; 10 – индикация уровня оптического сигнала; 11 – поверхность объекта

данному информационному каналу [2,3]. В качестве тестового сигнала используется специально подобранный набор из тестов Покровского [3].

Метод артикуляции, сформулированный в ГОСТ 7153-85, основан на оценке степени выполнения главного требования, предъявляемого к разговорным трактам, – обеспечение разборчивой передачи речи через информационный канал. Мерой разборчивости является величина W , определяемая как отношение числа N_0 правильно принятых по испытываемому тракту эле-

ментов речи (звуков, слогов, слов или фраз) к достаточно большому общему числу N_1 переданных элементов речи, выражаемая в процентах или долях единицы [4]. Таким образом, разборчивостью речи называют

$$W = \frac{N_0}{N_1}$$

Обеспечение определенного качества акустической речевой информации зависит от полученной величины W . Практический опыт показывает таблица.

Метод непосредственно реализуется артикуляционными бригадами. Это сложный и трудоемкий процесс, который не позволяет реализовать автоматизацию. Артикуляционные испытания связаны с набором статистики опытной артикуляционной бригады и обработкой результатов по определенной процедуре. Этот способ требует серьезных временных и материальных затрат, чрезвычайно неудобен на практике и не всегда доступен [2]. Непосредственная ценность этого метода заключается в том, что установлены основные зависимости для получения аналитической модели оценки разборчивости речи. Один из подходов к определению разборчивости речи, позволяющий реализовать автоматизацию, предложен в [3] для передачи информации в акустическом канале.

Решение этой важной проблемы возможно только путем разработки надежной математической

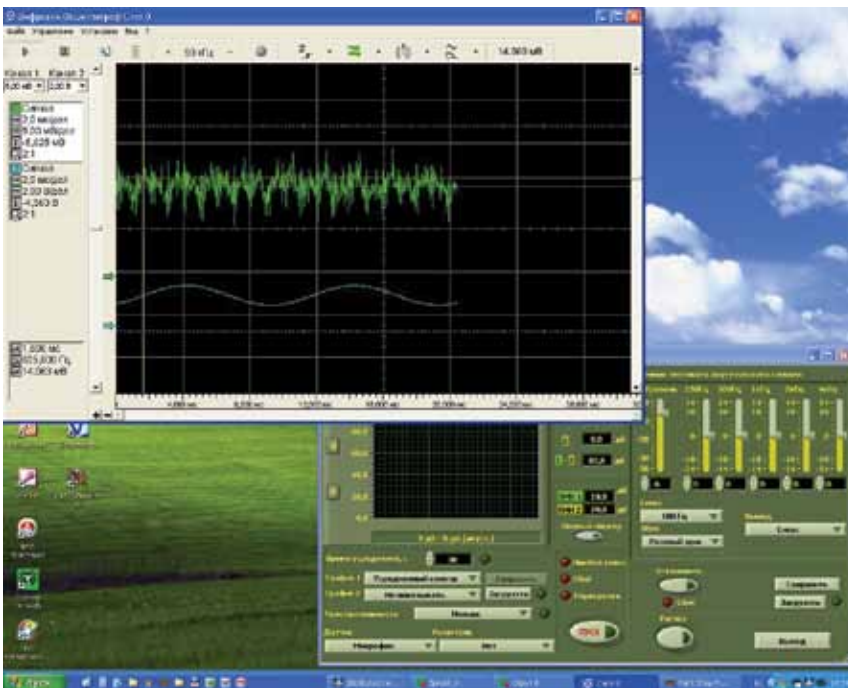


Рис. 5. Осциллограмма сигнала вибродатчика, частота 100Гц

модели, связывающей измеримые параметры речи и информационного канала с разборчивостью. В [3] предложена корреляционная модель разборчивости речи, в основу которой положены следующие предположения:

- слоговая разборчивость как качество образует норму в функциональном пространстве реализаций финитных непрерывных речевых сообщений (s) длительностью T ;
- существует такая реализация речевого сообщения $s_0(t)$, которая имеет максимальную относительную разборчивость $A(s_0)=1$;
- любое преобразование реализации $s_0(t)$ только уменьшает разборчивость;
- существует класс преобразований речевых сообщений $\{G\}$, не изменяющих разборчивость речи (класс инвариантов), например задержка по времени τ и связанные с нею фазовые изменения в спектре речи, а также изменения масштаба речевого сообщения μ в определенных пределах (до появления ограничения);
- разборчивость реализации речевого сообщения является монотонно невозрастающей функцией среднеквадратического отклонения реализации выходного речевого сигнала от входного ε^2 .

В этом случае словесная разборчивость речи определяется как

$$W = \begin{cases} 1,54K_p^{0,25} [1 - \exp(-11K_p)], & 5A \ 8 \ K_p < 0,15 \\ 1 - \exp\left(-\frac{11K_p}{1+0,7K_p}\right), & 5A \ 8 \ K_p \geq 0,15 \end{cases} \quad (2)$$

Здесь K_p – коэффициент разборчивости речи (интегральный индекс артикуляции речи), определяется как $K_p = M_n(B_s)R_{s,\phi}^2(0)$, где $M_n(B_s) = 1 - \exp\left(-\frac{225}{B_s}\right)$ – множитель, учитывающий медленно изменяющиеся условия восприятия речи; B_s – уровень звукового давления воспринимаемой речи, дБ.

$$R_{s,\phi}^2(0) = \frac{K_{s,\phi}(0)}{P_s P_\phi}$$

– коэффициент корреляции входного и выходного сигналов.

P_s – среднеквадратическая амплитуда входного сигнала или

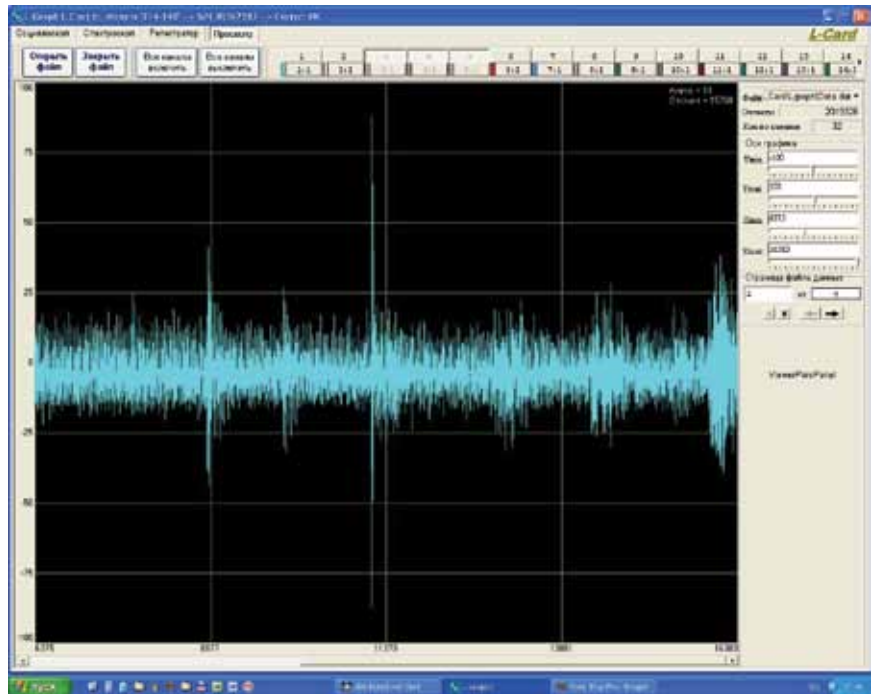


Рис.6. Осциллограмма вибраций стекла, вызванных акустическим речевым сигналом (записана с помощью лазерного виброметра)

средняя мощность сигнала, определяется как

$$P_s = \langle S_{\text{вх}}^2 \rangle$$

P_ϕ – среднеквадратическая амплитуда выходного сигнала или средняя мощность сигнала, определяется как

$$P_\phi = \langle S_{\text{вых}}^2 \rangle$$

$K_{s,\phi}(\tau) = \langle S_{\text{вх}}(t)S_{\text{вых}}(t+\tau) \rangle$ – корреляционная функция входного и выходного сигналов.

Эта модель авторами была использована для разработки методического подхода определения словесной разборчивости речевой информации, зарегистрированной в оптико-электронном (лазерном) канале. Для регистрации информации по лазерному каналу использовался лазерный виброметр LV-2. Он предназначен для измерения продольной к лучу лазера проекции виброскорости поверхности исследуемого объекта. Измерения основаны на использовании эффекта Доплера, то есть используют фазовую модуляцию лазерного из-

Словесная разборчивость речи

Величина W	Качество информации
1–0,8	Обеспечивается составление подробной справки (доклада) о содержании переговоров.
менее 0,6–0,7	Составление подробной справки о содержании зарегистрированной информации невозможно
менее 0,4–0,5	Перехваченное сообщение позволяет составить краткую справку, отражающую предмет, проблему и общий смысл зарегистрированного разговора, отдельные слова не воспринимаются.
менее 0,2–0,3	Перехваченное речевое сообщение содержит отдельные правильно понятые слова, позволяющие установить предмет разговора.
менее 0,2	Голос говорящего не идентифицируется, тема разговора не определяется, анализ зарегистрированного сообщения позволяет определить только факт наличия речи (проведение переговоров)



Рис.7. Быстродействующий 4-канальный модуль АЦП/ЦАП E20-10

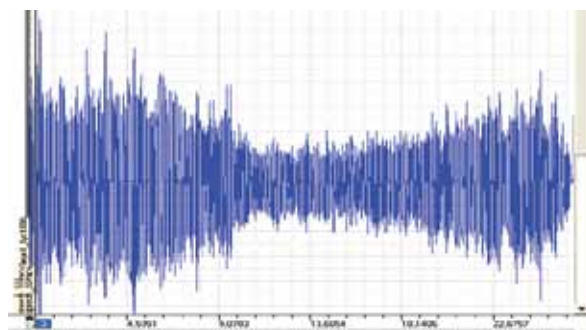


Рис.8. Корреляционная функция входного и выходного сигналов. Мощность зондирующего излучения ($\lambda = 0,78 \text{ мкм}$) – 20 мВт, расстояние до оконного стекла 40 м

лучения. В состав изделия входят измерительная головка с объективом и электронный блок управления. Внешний вид лазерного виброметра LV-2 показан на рис.2. На рис.3 приведена схема измерений, где векторами обозначены: \vec{V} – вектор виброскорости; \vec{n} – направление лазерного луча. С учетом того, что Q – угол между \vec{V} и \vec{n} , скалярные величины. $V_p = |\vec{V}(t)| \times \cos Q$ – проекция виброскорости на направление лазерного луча, а $V_n = |\vec{V}(t)| \times \sin Q$ – ортогональная лучу проекция виброскорости. L – расстояние до объекта.

Для измерений использовали специальные тексты из тестов Покровского. Текстовый файл записан в цифровом виде. Текст выводился с помощью акустической приставки к компьютеру. Регистрация сигналов производилась одновременно двумя устройствами: 1) акустический сигнал – неискаженный (эталонный) текст регистрировался эталонным средством «Спрут-6» (рис.4) – это входной сигнал лазерной локационной системы; 2) лазерный сигнал, снятый со стекла лазер-

ным виброметром LV-2 (рис.5, 6) – это выходной сигнал. Оба сигнала одновременно (синхронно) вводились в ПК через многоканальный АЦП (рис.7).

Обработка зарегистрированных сигналов проводилась с помощью программы обработки сигналов Power Graph. Эта программа позволяет построить корреляционную функцию временных зависимостей, полученных в двух каналах и определить среднее квадратическое значение сигнала в каждом канале (рис.8).

Полученные после обработки значения словесной разборчивости речи с точностью до 30% совпадали с оценками, выполненными по методике [5], и хорошо согласуются с критериями таблицы. Реализованная в лазерной локационной схеме корреляционная методика определения словесной разборчивости речи позволяет оперативно оптимизировать схему регистрации акустической речевой информации. Привлекательность данной инструментально-расчетной методики определяется еще и тем, что она легко адап-

тируется к любому техническому каналу передачи речевой информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасименко В., Лаврухин Ю., Тупота В. Методы защиты акустической речевой информации от утечки по техническим каналам. – М: РЦИБ «Факел», 2008.
2. Покровский Н. Расчет и измерение разборчивости речи. – М.: Радио и связь, 1962.
3. Железняк В. Защита информации от утечки по техническим каналам: Учебное пособие. – СПб: ГУАП, 2006.
4. Халяпин Д. Защита информации. Вас подслушивают. – М.: Ноу Шо «Баярд», 2004г.
5. Гришачев В., Халяпин Д., Шевченко Н., Мерзликин В. Новые каналы утечки конфиденциальной речевой информации через волоконно-оптические подсистемы СКС. – Специальная техника, 2009, №2.
6. Хореев А., Макаров Ю. К оценке эффективности защиты акустической (речевой) информации. – Специальная техника, 2000, №2.

1 ЛАЗЕРНАЯ СВАРКА ПЛАСТМАСС

В Аахене (Германия) в Институте лазерных технологий Фраунгофера разработан процесс высокоточной лазерной сварки прозрачных пластиковых компонентов на максимально возможной скорости. Однако, технология имеет свои ограничения. Верхняя деталь сварного соединения должна быть прозрачна для облучающего нижнюю деталь лазерного пучка. Для передачи

световой энергии на границу поверхностей двух прозрачных пластмасс эксперты разработали специальные системы объектива. Они позволяют сфокусировать пучки в область соединительной границы пластиков. Наиболее удачных результатов удалось добиться на длине волны около 1700 нм.

По материалам www.photonics.com