

# 3 Забезпечення захисту інформації в системах зв'язку. Технічні засоби системи захисту інформації

УДК 517.9+621.373.8+621.391

## ОЦІНКА ХАРАКТЕРИСТИК ЛАЗЕРНОГО КАНАЛУ ВИТОКУ МОВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З УРАХУВАННЯМ БАГАТОМОДОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ЛАЗЕРА

Іван Горбенко, Юрій Ковальчук  
ХНУРЕ

*Анотація:* Одним із можливих каналів витоку мовної інформації з приміщень є коливання віконних шибок під дією акустичних хвиль, які можуть зчитуватися „лазерним мікрофоном”. Дослідження полягає в побудові і аналізі відповідних якісних та кількісних моделей, що дасть змогу оцінити характеристики можливого каналу витоку мовної інформації та вжити відповідні заходи щодо її захисту.

*Summary:* Oscillations of pane-glasses under the effect of acoustic waves that can be read by means of “laser microphone” are one of the possible channels of speech information leakage. Research consists in building and analysis of corresponding quality and quantity models, that will give possibility to estimate characteristics of possible linguistic information leakage channel and take the proper measures for protection.

*Ключові слова:* Захист інформації, канал витоку інформації, лазерні системи акустичної розвідки.

### I Загальна модель каналу витоку мовної інформації у випадку використання ЛСАР

Важливе місце в комплексному захисті інформації займає технічний захист мовної інформації. Виникає необхідність забезпечення захисту мовної інформації всередині приміщень від можливого витоку. У разі потреби організації прослуховування розмов у приміщенні на значній відстані, доступ у яке так само, як і доступ у сусідні приміщення, неможливий, використовуються лазерні системи акустичної розвідки (ЛСАР). На практиці такі системи часто називають «лазерними мікрофонами».

ЛСАР складається із джерела когерентного випромінювання (лазера) та приймача оптичного випромінювання, оснащеного фокусувальною оптикою. Як правило, в таких системах використовуються лазери, що працюють у ближньому інфрачервоному діапазоні (0,9...1,1 мкм) довжин хвиль.

Принцип дії ЛСАР наступний [1]: лазер здійснює опромінення зовнішньої шибки вузьким променем. Детектор приймає відбите випромінювання, модульоване по фазі відповідно до коливань шибки вікна, що відбуваються за законом зміни акустичного (мовного) сигналу, який виникає при веденні розмов у контрольованому приміщенні. Прийнятий сигнал демодулюється, підсилюється й прослуховується на головних телефонах або записується на магнітофон чи інший подібний пристрій.

Сучасні ЛСАР дозволяють знімати інформацію не тільки з зовнішніх, але й внутрішніх шибок, дзеркал, скляних дверей та інших предметів у приміщенні. Інколи шибки таємно обробляють спеціальною сумішшю, що збільшує коефіцієнт відбиття лазерного випромінювання, а отже, і дальність розвідки.

Лазерні системи акустичної розвідки мають дальність дії до 100...500 м та навіть більше кілометра в разі встановлення на шибках спеціальних спрямованих відбивачів (трипель-призм).

При використанні „лазерного мікрофону” необхідно враховувати, що дощ, сніг та туман можуть суттєво вплинути на відбитий сигнал, послаблюючи його, в основному, за рахунок розсіювання.

### II Моделі закріплення скла в рамі

Згідно з [1] необхідно розглядати три способи закріплення скла в рамі, кожному з яких відповідає особливий вид коливання (рис. 1).

Закріплення пластини в рамі може бути: шарнірне – *s*, коли кромка пластини під дією звукового тиску може здійснювати обертальний рух уздовж внутрішніх границь рами, що можливо за умови закріплення тільки країв пластини; затиснене (жорстке) – *j*, коли в рамі скло може тільки згинатися, обертання уздовж кромки відсутнє; люфтове – *l*, яке полягає в можливості переміщення пластини поперек кромки закріплення без вигину поблизу кріплення.

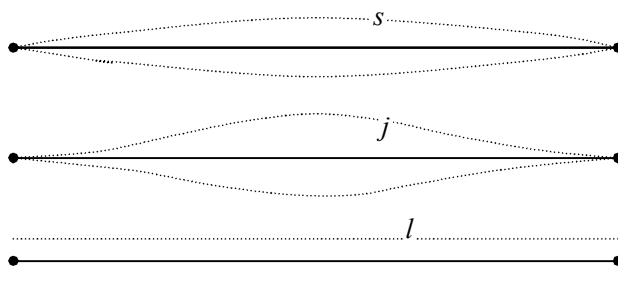


Рисунок 1 – Види коливання шибки

На практиці можуть мати місце всі три варіанти. Ступінь прояву кожного з варіантів залежить від конструкції кріплення пластини скла до рами.

### III Загальна схема „лазерного мікрофону” із суміщеними лазером та детектором

На рис. 2 в схемі з суміщеними лазером та детектором використовується сплітер (дільник) пучка. Сплітер дозволяє звести падаючий та відбитий промені в одну точку. Це дає можливість сумістити лазер та детектор.

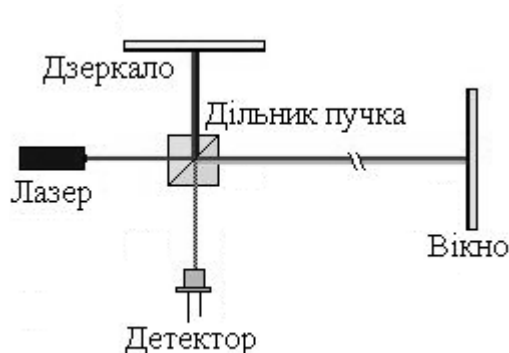


Рисунок 2 – Схема із суміщеними лазером та детектором, що використовує явище інтерференції

Використання інтерференції дозволяє збільшити чутливість «лазерного мікрофона» за умови, що відбиті промені приходять когерентними за фазою.

Що стосується отримання інформації із відбитого від шибки вікна сигналу, то на практиці найчастіше використовується інтерференційний метод [2]. Цей метод може використовувати кутову модуляцію сигналу. За рахунок коливального руху елементів поверхні шибки відбувається в основному тільки зсув фази відбитого сигналу відносно опорного, бо довжини хвиль лазера в декілька десятків разів більші, ніж амплітуда коливання шибки вікна. Тому в «лазерних мікрофонах» для детектування використовуються фазові детектори (ФД).

### IV Спектральний склад лазерного випромінювання

В реальних лазерних резонаторах поле не є однорідною плоскою хвилею, а має деяку структуру. В результаті цього – в одних частинах активного середовища воно більше, в інших – менше. Це проявляється, як наслідок, в генерації випромінювання, оскільки лазер є нелінійною системою. Причиною цього є просторова неоднорідність різних мод лазера. Спектральний склад лазерного випромінювання з урахуванням його неоднорідності у спрощеному вигляді може бути записаний наступним чином [3]:

$$g(v_j)m_j = 2\left[1 + \sum_k m_k g(v_k)\right] \left[1 - \frac{1 + \sum_k g(v_k)m_k}{Wg(v_j)}\right], \quad (1)$$

де  $v$  – частота випромінювання;  $g(v)$  – ширина спектру випромінювання;  $m$  – коефіцієнт випромінювання;  $W$  – коефіцієнт накачування.

## V Потужність прийнятого сигналу

Потужність сигналу, прийнятого на вхід фотоприймача після його відбиття від віконного скла, визначається наступним чином [4]:

$$P = \Pi S_A k S_0 / R^2, \quad S_0 = S k_u \xi, \quad (2)$$

де  $S$  – коефіцієнт пропорційності, що кількісно характеризує властивості скла щодо розсіювання лазерного випромінювання;  $k_u$  – коефіцієнт направленої дії скла, який характеризує ступінь концентрації потужності лазерного випромінювання, що розсіюється склом в напрямку «лазерного мікрофона»;  $\xi$  – коефіцієнт деполаризації лазерного випромінювання під час відбиття від скла;  $\Pi$  – густина потоку потужності лазерного випромінювання біля скла;  $S_A$  – площа поверхні об'єктива приймального оптичного пристрою;  $k$  – коефіцієнт пропускання (прозорості) приймальної оптичної системи;  $R$  – відстань від «лазерного мікрофону» до віконного скла;  $S_0$  – ефективна площа розсіювання (ЕПР) скла. ЕПР в оптичному діапазоні хвиль, як і в НВЧ-діапазоні, кількісно характеризує властивості предметів (у даному випадку скла) щодо розсіювання та відбиття випромінювання.

## VI Загальна модель каналу лазерної розвідки у разі неспівпадання мод опорного та відбитого сигналу

Випромінювання реального лазера складається з декількох мод, які є світловими променями, розподіленими в просторі за частотами. При такому складі лазерного випромінювання можлива ситуація, коли відбувається інтерференція опорного променя однієї моди із відбитим від шибки променем іншої моди. Тому необхідно дослідити вплив неспівпадаючих мод лазера на якість прийнятого сигналу.

Нехай лазерне випромінювання складається з двох мод  $M1$  та  $M2$  (рис. 3):

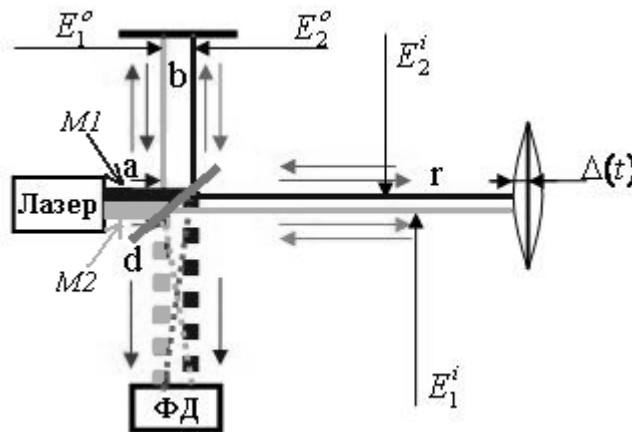


Рисунок 3 – Модель каналу лазерної розвідки у випадку неспівпадання мод опорного та відбитого сигналу

Промінь моди  $M1$ , падаючи на шибку вікна, модулюється, відбиваючись від неї, та повертається на сплітер (дільник) пучка, де може відбутись його інтерференція із опорним променем моди  $M2$ . Тому необхідно розглянути загальну модель каналу лазерної розвідки у разі неспівпадання мод опорного та відбитого сигналу.

Для першої моди лазерного випромінювання можна записати:

$$E_1^o(t) = E_1^o \sin(2\pi f_1 t + k_1(a + 2b + d)), \quad (3)$$

$$E_1^i(t) = E_1^i \sin(2\pi f_1 t + k_1(a + 2r + d + 2\Delta(t))), \quad (4)$$

де  $E_1^o(t)$  - напруженість поля опорного сигналу,  $E_1^i(t)$  - напруженість поля відбитого сигналу.

Аналогічно для другої моди:

$$E_2^o(t) = E_2^o \sin(2\pi f_2 t + k_2(a + 2b + d)), \quad (5)$$

$$E_2^i(t) = E_2^i \sin(2\pi f_2 t + k_2(a + 2r + d + 2\Delta(t))). \quad (6)$$

Для подальших розрахунків необхідно врахувати, що

$$f = \frac{c}{\lambda}, k = \frac{2\pi}{\lambda}, f_1 = \frac{c}{\lambda + \Delta\lambda_1}, f_2 = \frac{c}{\lambda + \Delta\lambda_2}, \quad (7)$$

$$k_1 = \frac{2\pi}{\lambda + \Delta\lambda_1}, k_2 = \frac{2\pi}{\lambda + \Delta\lambda_2}, \quad (8)$$

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}. \quad (9)$$

Для ідеального сигналу напруженість поля відбитого сигналу  $E_n^i(t)$  має збігатися з напруженістю поля опорного сигналу  $E_n^o(t)$ . Підбираємо нейтральним фільтром амплітуди такі, щоб напруженість поля відбитого сигналу  $E_2^i$  збіглася з напруженістю поля опорного сигналу  $E_1^o$ , тобто  $E_1^o = E_2^i = E$ .

Також підберемо таке значення  $\Delta\lambda$ , щоб

$$\Delta\lambda_1 = \Delta\lambda, \quad \Delta\lambda_2 = -\Delta\lambda, \quad (10)$$

тоді за допомогою вищенаведених формул проведемо обчислення:

$$\begin{aligned} & E_1^o(t) + E_2^i(t) = \\ & = E(2 \sin \frac{2\pi ct}{\lambda + \Delta\lambda} + \frac{2\pi}{\lambda + \Delta\lambda}(a + 2b + d) + \frac{2\pi ct}{\lambda - \Delta\lambda} + \frac{2\pi}{\lambda - \Delta\lambda}(a + 2r + 2\Delta(t) + d) \cdot \\ & \quad * \cos \frac{2\pi ct}{\lambda + \Delta\lambda} + \frac{2\pi}{\lambda + \Delta\lambda}(a + 2b + d) - \frac{2\pi ct}{\lambda - \Delta\lambda} - \frac{2\pi}{\lambda - \Delta\lambda}(a + 2r + 2\Delta(t) + d) \cdot \\ & \quad = E(2 \sin(\frac{\pi}{\lambda + \Delta\lambda}(ct + a + 2b + d) + \frac{\pi}{\lambda - \Delta\lambda}(ct + a + 2r + 2\Delta(t) + d)) \cdot \\ & \quad * \cos \frac{\pi}{\lambda + \Delta\lambda}(ct + a + 2b + d) - \frac{\pi}{\lambda - \Delta\lambda}(ct + a + 2r + 2\Delta(t) + d)). \end{aligned} \quad (11)$$

Необхідно також врахувати, що

$$\frac{1}{\lambda + \Delta\lambda} = \frac{1}{\lambda(1 + \frac{\Delta\lambda}{\lambda})} \approx \frac{1}{\lambda}(1 - \frac{\Delta\lambda}{\lambda}), \quad (12)$$

$$\frac{1}{\lambda - \Delta\lambda} = \frac{1}{\lambda(1 - \frac{\Delta\lambda}{\lambda})} \approx \frac{1}{\lambda}(1 + \frac{\Delta\lambda}{\lambda}). \quad (13)$$

Тоді, підставивши рівняння (12) та (13) в рівняння (11), отримаємо:

$$\begin{aligned} & E(2 \sin(\frac{\pi}{\lambda + \Delta\lambda}(ct + a + 2b + d) + \frac{\pi}{\lambda - \Delta\lambda}(ct + a + 2r + 2\Delta(t) + d)) \cdot \\ & * \cos \frac{\pi}{\lambda + \Delta\lambda}(ct + a + 2b + d) - \frac{\pi}{\lambda - \Delta\lambda}(ct + a + 2r + 2\Delta(t) + d)) = \\ & = E(2 \sin \pi(\frac{1}{\lambda}(1 - \frac{\Delta\lambda}{\lambda})(ct + a + 2b + d) + \frac{1}{\lambda}(1 + \frac{\Delta\lambda}{\lambda})(ct + a + 2r + 2\Delta(t) + d)) \cdot \\ & * \cos \pi(\frac{1}{\lambda}(1 - \frac{\Delta\lambda}{\lambda})(ct + a + 2b + d) - \frac{1}{\lambda}(1 + \frac{\Delta\lambda}{\lambda})(ct + a + 2r + 2\Delta(t) + d))) = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= E(2 \sin \pi \frac{1}{\lambda}(ct + a + 2b + d - \frac{\Delta\lambda}{\lambda}(ct + a + 2b + d) + \\
 &+ ct + a + 2r + 2\Delta(t) + d + \frac{\Delta\lambda}{\lambda}(ct + a + 2r + 2\Delta(t) + d)) * \\
 &* \cos \pi \frac{1}{\lambda}(ct + a + 2b + d - \frac{\Delta\lambda}{\lambda}(ct + a + 2b + d) - \\
 &- ct - a - 2r - 2\Delta(t) - d - \frac{\Delta\lambda}{\lambda}(ct + a + 2r + 2\Delta(t) + d)) = \\
 &= E(2 \sin \pi \frac{1}{\lambda}(2(ct + a + b + d + r + \Delta(t)) + 2\frac{\Delta\lambda}{\lambda}(r + \Delta(t) - b)) * \\
 &* \cos \pi \frac{1}{\lambda}(2(b - r - \Delta(t)) - 2\frac{\Delta\lambda}{\lambda}(ct + a + b + r + \Delta(t) + d)) = \\
 &= E(2 \sin 2\pi \frac{1}{\lambda}(\frac{\Delta\lambda}{\lambda}\Delta(t) + \frac{\Delta\lambda}{\lambda}(r - b) + \Delta(t) + (ct + a + b + d + r)) * \\
 &* \cos(2\pi \frac{1}{\lambda}((b - r) - \Delta(t) - \frac{\Delta\lambda}{\lambda}\Delta(t) - \frac{\Delta\lambda}{\lambda}(ct + a + b + d + r))).
 \end{aligned}$$

Отже, ми отримали наступний вираз:

$$\begin{aligned}
 E_1^0(t) + E_2^i(t) &= E(2 \sin 2\pi \frac{1}{\lambda}(\frac{\Delta\lambda}{\lambda}\Delta(t) + \frac{\Delta\lambda}{\lambda}(r - b) + \Delta(t) + (ct + a + b + d + r)) * \\
 &* \cos(2\pi \frac{1}{\lambda}((b - r) - \Delta(t) - \frac{\Delta\lambda}{\lambda}\Delta(t) - \frac{\Delta\lambda}{\lambda}(ct + a + b + d + r))).
 \end{aligned} \tag{14}$$

Одержаний кінцевий вираз (14) дає можливість зробити висновок, що освітленість детектора залежить від двох множників:  $\sin 2\pi \frac{1}{\lambda}(\frac{\Delta\lambda}{\lambda}\Delta(t) + \frac{\Delta\lambda}{\lambda}(r - b) + \Delta(t) + (ct + a + b + d + r))$  – високочастотний сигнал та  $\cos(2\pi \frac{1}{\lambda}((b - r) - \Delta(t) - \frac{\Delta\lambda}{\lambda}\Delta(t) - \frac{\Delta\lambda}{\lambda}(ct + a + b + d + r)))$  – амплітуда високочастотної складової.

Також у виразі присутні наступні величини:  $(b - r)$  – набіг фази;  $\Delta(t)$  – інформаційна частина;  $\frac{\Delta\lambda}{\lambda}\Delta(t)$  – мультиплікативна завада;  $\frac{\Delta\lambda}{\lambda}(ct + a + b + d + r)$  – завада за рахунок неспівпадання частот мод сигналу (регулярна завада).

За відсутності коливань шибки вікна ( $\Delta(t) = 0$ ) буде прийнятий певний сигнал за рахунок вказаних завад.

Отже, побудована модель каналу лазерної розвідки у випадку неспівпадання мод опорного та відбитого сигналу показує, що в сигналі присутні регулярна завада за рахунок неспівпадання частот мод сигналу та мультиплікативна завада, яка має місце за наявності небезпечного сигналу  $\Delta(t)$ . Наявність цих завад негативно впливає на якість прийнятого сигналу.

## Висновки

Нині технічні канали витоку акустичної (мовної) інформації викликають великий інтерес. Існує багато засобів для знімання такої інформації. Для цих цілей можливе використання ЛСАР. В даній статті запропоновано математичну модель оцінки лазерного каналу витоку інформації за умови неспівпадання мод у засобі розвідки з метою виявлення вразливостей у даній моделі. Проведені дослідження показали наступні результати:

- засоби ЛСАР можуть бути застосовані в реальних умовах;
- засоби ЛСАР є найефективнішими за відсутності можливості проникнення в приміщення;

- через неспівпадання мод у сигналі присутні реальні завади (мультиплікативна завада та регулярна завада внаслідок неспівпадання мод), що погіршує якість прийнятого сигналу;

- ЛСАР не є універсальним засобом, оскільки багато параметрів залежить від умов застосування.

Подальші дослідження доцільно провести щодо більш детального аналізу й оцінки завад внаслідок неспівпадання мод лазерного випромінювання.

*Література:* 1. Заболотный В. И. Модель отражающей поверхности лазерного канала разведки информации / В. И. Заболотный, Ю. А. Ковальчук // Прикладная радиоэлектроника. - 2007. - Т. 6, №3. С. 432-434. 2. Дослідження каналу витоку мовної інформації у випадку використання "лазерних мікрофонів": тези доп. XI Міжнародної науково-практичної конференції "Безпека інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах" (20-23 травня 2008 р.) - Київ: Державна служба спеціального зв'язку й захисту інформації України, 2008. - 55 с. 3. Григорук В. І. Лазерна фізика: навч. посібник / В. І. Григорук, П. А. Коротков, А. І. Хижняк; МОН України. - К.: МП «Леся», 1997. - 480 с. 4. Малашин М. С. Основы проектирования лазерных локационных систем: учеб. пособие / М. С. Малашин, Р. П. Каминский, Ю. Б. Борисов. - М.: «Высшая школа», 1983. - 207 с.

УДК 654.924

## КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РАЗМЕРОВ ЗОНЫ ЭФФЕКТИВНОГО ОБЗОРА ТЕЛЕВИЗИОННОЙ КАМЕРЫ

*Владимир Волхонский*

*Представительство Ханвелл Секьюрити, Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики*

*Аннотация:* Предложены количественные критерии оценки размеров реальной зоны обзора телевизионной камеры для решения задач обнаружения, распознавания и идентификации объектов с различными параметрами. Критерии анализируются для различных структур обработки видеосигналов. Рассмотрены различия в подходах при анализе изображений оператором и в автоматическом режиме.

*Summary:* Quantitative criteria of the estimation of the sizes of real zone review of the television chamber for the decision of the perimeter protection problems (detection, recognition and identification of objects with various parameters) are offered. Criteria are analyzed for various structures of video signals processing. Distinctions in approaches at the analysis of images by the operator and in automatic mode are observed.

*Ключові слова:* Телевізійні системи спостереження, елемент розрешення, розрешаюча здатність, ідентифікація, задача виявлення.

Телевізійні системи спостереження (ТВСН) являються одним із найбільш ефективних елементів систем безпеки. Одна із важливих задач, решаемых при розробці таких систем, це правильний вибір параметрів зони огляду, що дозволяє отримати зображення необхідної якості. В наші часи на практиці використовуються різні рекомендації та експертні оцінки, але немає критеріїв, що дозволяють зробити об'єктивну кількісну оцінку. В даній роботі прийнята спроба сформулювати такі критерії.

Як відомо, телекамера формує зображення зони, просторово обмеженої, во-перших, кутами огляду  $\alpha$  в вертикальній і  $\beta$  в горизонтальній площинах і, во-других, різними непрозорими перешкодами (стіни будівель, поверхня землі і др.). Таким чином, в загальному випадку, будемо розуміти під терміном зона огляду частину простору, обмежену кутами огляду і різними перешкодами. Однак реальна зона спостереження відрізняється від згаданої. Тому введемо поняття зони ефективного огляду.

Зона ефективного огляду – це частина зони огляду, в якій виконуються вимоги до якості формованого зображення і вирішуються поставлені задачі телевізійного спостереження. Очевидно, що зона ефективного огляду менше, ніж зона огляду.

Якщо говорити про якість зображення, то в першу чергу це можуть бути вимоги до розрешаючої здатності. Типові задачі ТВСН відомі [1] – це виявлення, розпізнавання або ідентифікація. В літературі зазвичай наводяться різні цифрові дані, наприклад [2, 3], для окремих випадків задач, решаемых ТВ системою. В той же час загальні об'єктивні критерії відсутні.

Сформулюємо критерії оцінки параметрів зони ефективного огляду телевізійної камери. Відомо, що одним із основних параметрів телекамери є розрешення. Воно характеризує телекамеру, а з точки зору практичних задач нас цікавить якість відтворення зображення