

## ЗАГАЛЬНА СХЕМА ВИТОКУ МОВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З ПРИМІЩЕНЬ У ВИПАДКУ ВИКОРИСТАННЯ «ЛАЗЕРНИХ МІКРОФОНІВ»

Ю.О. КОВАЛЬЧУК

Дана праця направлена на дослідження каналу витоку мовної інформації з приміщень у випадку використання лазерних систем акустичної розвідки (ЛСАР). Дослідження полягає в побудові і аналізі відповідних якісних моделей, що дозволить створити сукупність окремих кількісних моделей. Це дасть змогу оцінити можливий канал витоку мовної інформації та вжити відповідні заходи щодо її захисту.

The paper is devoted to the research of a linguistic information leakage channel from apartments in case of using laser systems of acoustic reconnaissance. The research consists in constructing and analyzing corresponding qualitative models, which will allow to create an aggregate of separate quantitative models. This will enable to estimate a possible linguistic information leakage channel and take proper protective measures.

### ВСТУП

Зараз в нашій країні питання захисту конфіденційної інформації є актуальним та важливим. Захисна діяльність переважної більшості підприємств та установ будується на аналізі загроз, ризику їх реалізації та вживання адекватних заходів, що зводять ризик до прийняттого для них рівня.

Важливе місце у комплексному захисті інформації займає технічний захист мовної інформації. Виникає необхідність забезпечення захисту мовної інформації всередині приміщень від можливо-го витоку.

Однією із загроз витоку мовної інформації з приміщень є використання лазерних систем акустичної розвідки (ЛСАР), так званих «лазерних мікрофонів», які дозволяють відтворювати мову, будь-які інші звуки та акустичні шуми в приміщенні шляхом лазерно-локаційного зондування віконних шибок та інших відбиваючих поверхонь.

### 1. ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС КАНАЛУ ВИТОКУ ІНФОРМАЦІЇ

Одним із можливих каналів витоку мовної інформації є малі коливання шибок у вікнах приміщень під дією акустичних хвиль, які можуть бути зчитані «лазерним мікрофоном».

Виток інформації здійснюється завдяки звичайній віконній шибці, яка являє собою своєрідну мембрану, що коливається із звуковою частотою під тиском акустичних хвиль, створюючи фонограму розмови. Генероване лазерним передавачем випромінювання розповсюджується в атмосфері та, відбиваючись від поверхні віконної шибки, модулюється акустичним сигналом. Потім це відбите випромінювання сприймається фотоприймачем (детектором), який і відновлює мовну інформацію в приміщенні.

### 2. МОДЕЛІ ЗАКРІПЛЕННЯ СКЛА У РАМІ

Необхідно розглянути три способи закріплення скла в рамі, кожному з яких відповідає особливий вид коливання (рис. 1) [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 кріплень.

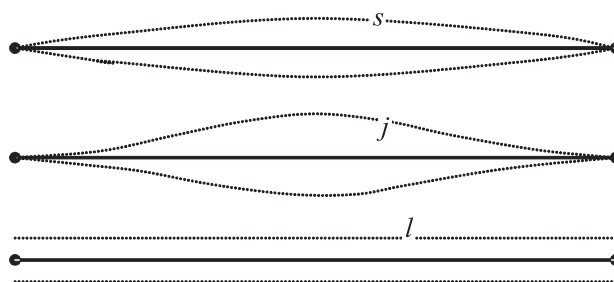


Рис. 1. Види коливання шибки

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

### 3. ОСНОВНІ ТИПИ СХЕМ «ЛАЗЕРНИХ МІКРОФОНІВ»

Що стосується «лазерних мікрофонів», то тут можна виділити два типи схем – з розділеними або суміщеними лазером та детектором.

На рис. 2 зображений найпростіший варіант подібної схеми з розділеними лазером та детектором: промінь лазера падає на шибку вікна під певним кутом. На границі скло-повітря відбувається модуляція променя звуковими коливаннями. Відбитий промінь вловлюється фотодетектором, розташованим з другої сторони вікна на куті, що дорівнює куту падіння.

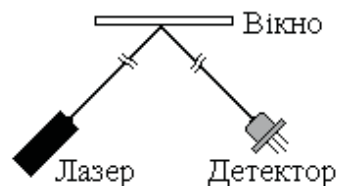


Рис. 2. Схеми з розділеними лазером та детектором

На рис. 3 в схемі із суміщеними лазером та детектором використовується сплітер (дільник) пуч-

ка. Сплітер дозволяє звести падаючий та відбитий промінь в одну точку. Це дає можливість сумістити лазер та детектор. Використання інтерферометрії дозволяє збільшити чутливість «лазерного мікрофона» за умови, якщо відбиті промені приходять когерентними по фазі.

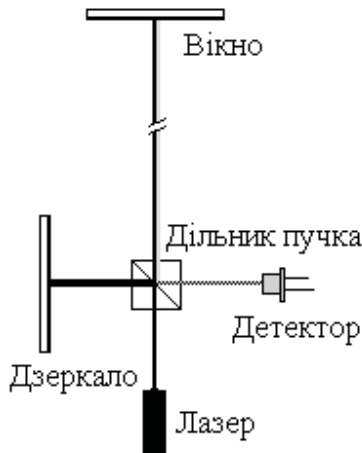


Рис. 3. Схема із суміщеними лазером та детектором

#### 4. ДОВЖИНА ХВИЛІ ЛАЗЕРА

Довжина хвилі лазера може знаходитися між видимим та інфрачервоним випромінюванням. Може використовуватися навіть область дальнього інфрачервоного випромінювання. Але найкраща довжина хвилі – ближній інфрачервоний діапазон. Сучасні лазери працюють на частотах приблизно  $3 \cdot 10^{13} - 5 \cdot 10^{14}$  Гц.

#### 5. 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 виявляється, 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 [2]:

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

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

#### 6. ПОТУЖНІСТЬ ПРИЙНЯТОГО СИГНАЛУ

Потужність сигналу, прийнятого на вхід фотоприймача після його відбиття від віконного скла, визначається наступним чином [3]:

$$P = S_A k S_0 / R^2, \quad S_0 = S k_F \xi,$$

де  $S$  – коефіцієнт пропорційності, що кількісно характеризує властивості скла щодо розсіюван-

ня лазерного випромінювання;  $k_{\text{ц}}$  – коефіцієнт направленої дії скла, який характеризує ступінь концентрації потужності лазерного випромінювання, що розсіюється склом в напрямку «лазерного мікрофону»;  $\xi$  – коефіцієнт деполаризації лазерного випромінювання під час відбиття від скла;  $\Pi$  – густина потоку потужності лазерного випромінювання біля скла;  $S_A$  – площа поверхні об'єктива прийомного оптичного пристрою;  $k$  – коефіцієнт пропускання (прозорості) прийомної 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 нашому випадку скла) щодо розсіювання та відбиття випромінювання.

#### 7. ОСНОВНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ ВІДБИТОГО СИГНАЛУ

Існують два основних методи отримання інформації із відбитого від шибки вікна сигналу – амплітудний та інтерференційний.

Амплітудний метод оснований на аналізі зміни величини (амплітуди) кута відхилення відбитого променя відносно падаючого під дією коливань шибки вікна.

Інтерференційний метод може використовувати частотну чи фазову модуляції сигналу (ЧМ та ФМ). За рахунок коливального руху з певною швидкістю елементів поверхні шибки відбувається зсув частоти та фази відбитого сигналу відносно опорного. Цей доплерівський зсув частоти  $f_D$  можна визначити за формулою [3]:

$$f_D = \frac{2f_1 V}{c} = \frac{V}{\gamma}, \quad \gamma = \frac{c}{2f_1},$$

де  $c$  – швидкість розповсюдження оптичних хвиль (лазерного випромінювання) у вільному просторі (в вакуумі) має постійне значення  $c \approx 2,998 \cdot 10^8$  м/с;  $V$  – швидкість переміщення ділянки шибки, яка відбиває лазерне випромінювання, відносно «лазерного мікрофону»;  $f_1$  – частота випромінювання «лазерного мікрофону»;  $\gamma$  – коефіцієнт пропорційності.

#### 8. ПРИНЦИП РОБОТИ ФОТОДЕТЕКТОРА

Фотодетектування в оптичному діапазоні хвиль є квантомеханічним процесом. Зазвичай, на виході фотодетектора спостерігають потік одноелектронних імпульсів, моменти появи яких відповідають вильоту фотоелектронів з фотокатоду, що випускаються під час впливу на фотокадод приймача вузькополосного оптичного сигналу (лазерне відбите випромінювання або теплове випромінювання після оптичного фільтру) з певною миттєвою інтенсивністю.

Фізична сутність процесу прийому оптичного випромінювання полягає в тому, що падаючий світловий потік перетворюється в потік фотоелектронних імпульсів фотоструму (напруги), який необхідно зареєструвати. Внаслідок випад-

кового характеру часу появи фотоелектронних (одноелектронних) імпульсів  $t_i$  та випадкового їх числа  $n$  на кожному підінтервалі спостереження  $(t, t+T)$  фотострум є флуктуаційним процесом  $\xi(t)$ , який можна представити наступною математичною моделлю [3]:

$$\xi(t) = \sum_{i=1}^n a_i F(t-t_i),$$

де  $a_i$  – амплітуда одноелектронного імпульсу;  $F(t)$  – функція, що описує форму одноелектронного імпульсу.

Ця модель справедлива для будь-якого типу фотодетекторів. Найбільш розповсюдженим фотонним (квантовим) детектором, призначеним для прийому слабких оптичних сигналів на квантовому рівні, є фотоелектронний помножувач (ФЕП), який має високий рівень чутливості.

За умови малої інтенсивності світлового потоку, а відповідно й малої швидкості фотовідліків на виході ФЕП струм (напруга) має імпульсний характер.

При збільшенні інтенсивності світлового потоку флуктуаційний процес реалізується як суперпозиція елементарних імпульсів, причому чим більше інтенсивність і тривалість одноелектронних імпульсів, тим менше виражений імпульсний характер процесу.

Таким чином, в залежності від інтенсивності потоку фотоелектронів, що приймається, імпульсний потік на виході ФЕП може представляти собою або рідку послідовність розділених (накладених один на одного) імпульсів, яку не важко порахувати, або нерозділених (накладених один на одного) імпульсів, які порахувати вже неможливо.

В першому випадку середня густина імпульсного потоку мала. Під час прийому таких сигналів фотодетектор може реєструвати окремі фотоелектрони, тобто працювати в режимі рахунку фотонів. Такий режим не має аналогу в радіолокації. В цьому способі реєстрації вимірюваним параметром випадкового імпульсного потоку є число імпульсів  $n$ , що спостерігаються в інтервалі часу від  $t$  до  $t+T$ . Цей режим ефективний під час прийому слабких оптичних сигналів. На практиці вказана задача вирішується за допомогою дискретних (цифрових) пристроїв, тому цей спосіб реєстрації називають дискретним.

В другому випадку густина імпульсного потоку велика і фотоелектричний сигнал на виході ФЕП має неперервний характер. Цей режим має місце у випадку сильного потоку фотоелектронів, коли може бути відтворена огинаюча оптичного сигналу. В цьому способі реєстрації параметром, що вимірюється, є аналогова величина фотоструму на виході фотодетектора. Для реєстрації вихідного сигналу із фотодетектора використовують аналогові пристрої. Тому даний спосіб реєстрації називають аналоговим.

За умови використання «лазерного мікрофону» необхідно враховувати, що дощ, сніг та туман можуть суттєво вплинути на відбитий сигнал, ослаблюючи його, в основному, за рахунок розсіювання.

## ВИСНОВКИ

Розглянута якісна модель витоку мовної інформації з приміщень за умови використання «лазерного мікрофону» дозволяє створити сукупність окремих кількісних моделей. Використання кількісних моделей дає змогу оцінити можливий канал витоку мовної інформації та вжити відповідні заходи щодо її захисту.

### 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] *Григорук В.І.* Лазерна фізика : навч. посібник / В.І. Григорук, П.А. Коротков, А.І. Хижняк ; МОН України. – К.: МП «Леся», 1997. – 480 с.
- [3] *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.

Поступила в редколлегию 5.09.2008



**Ковальчук Юрій Олексійович**, аспірант кафедри БІТ ХНУРЕ. Область наукових інтересів: технічний захист інформації.