

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ АКУСТИЧНОГО СИГНАЛУ НА АМПЛІТУДУ КОЛИВАНЬ ВІБРУЮЧОЇ ПОВЕРХНІ

Оптико-акустичний лазерний мікрофон є одним із засобів перехоплення мовної інформації з приміщень. Він дозволяє відтворити розмову за допомогою лазерного радара, який знімає коливання з вікна або інших вібруючих поверхонь. Дослідження спрямоване на побудову та аналіз математичної моделі каналу витоку інформації з використанням лазерного мікрофону. Це дозволить оцінити ймовірність витоку з приміщення мовної інформації через оптико-акустичний канал та вибрати відповідні ефективні методи та засоби захисту.

Opto-acoustic laser microphone is one of the threats of speech information leakage from the premises. They allow you to reproduce the language in any other sounds and acoustic noise in the room by laser radar sensing window glasses and other reflective surfaces. On the construction and analysis of the qualitative model information leakage directed this study. This will allow to assess the possible leakage of information from linguistic premises and take appropriate measures to protect it.

1. ВСТУП

На сьогоднішній день у конкурентній боротьбі широко поширені різноманітні дії, спрямовані на отримання конфіденційної інформації найрізноманітнішими способами, аж до прямого промислового шпигунства з використанням сучасних технічних засобів розвідки. У цих умовах захисту інформації від неправомірного оволодіння нею відводиться дуже значне місце. Одним з найбільш поширених каналів витоку інформації є оптико-електронний, оскільки він не вимагає проникнення так званих «агентів» не тільки у контрольовані, а й суміжні з ними приміщення. Розвідка по такому каналу може вестися з сусідніх будівель або інших технічних засобів на певній відстані до об'єкту за допомогою лазерних систем акустичної розвідки (ЛСАР). Принцип дії таких систем заснований на уловлюванні коливань через скло та інші відбиваючі поверхні, де згодом коливання трансформується в звук. Вони дозволяють перехоплювати на порівняно великих відстанях акустичну інформацію з віконного скла та інших відбиваючих світло предметів службових приміщень. [1]

¹ Національний університет “Львівська політехніка”

Для якісного захисту від ЛСАР потрібно враховувати особливості її роботи, в тому числі і чинники, що негативно впливають на якість ведення розвідки. Це дасть змогу знайти її потенційні можливості і на їх основі запропонувати необхідні заходи захисту.

Аналіз досліджень та публікацій

Отже, на сучасному етапі розвитку техніки, оцінка ефективності методів захисту інформації від витоку по оптико-електронному каналу є особливо актуальною. Зокрема в роботі [2] запропонована загальна модель каналу лазерної розвідки, а у роботі [3] – модель освітленості фотодетектора лазерного мікрофону, де розглянуто механізм реєстрації процесу інтерференції опорного та відбитого променів на фотодетекторі. Запропоновану в роботі [2] модель було взято за основу при створенні окремої моделі коливання віконного скла під дією акустичних вібрацій мовного діапазону. За даними роботи [4] отримано необхідні параметри, пов'язані з визначенням звукоізоляції вікон, що дозволило врахувати вплив зовнішніх шумів на можливість зняття інформації.

Постановка задачі

Метою роботи є дослідження впливу параметрів акустичного сигналу на амплітуду коливань віброуючої поверхні при витоку інформації через оптико-електронний канал. Для цього необхідно побудувати математичну модель, яка б дозволила описати вібрації частинок скла під дією акустичних коливань та визначити залежності амплітуди коливань скла від значень частоти і тиску акустичного сигналу в приміщенні.

2. МОДЕЛЬ КАНАЛУ ВИТОКУ ІНФОРМАЦІЇ У ВИПАДКУ ВИКОРИСТАННЯ ЛСАР

Типова ЛСАР складається із джерела когерентного випромінювання (лазера) та приймача оптичного випромінювання, оснащеного фокусуючою оптикою. Найчастіше в таких системах використовуються лазери, що працюють у інфрачервоному діапазоні довжин хвиль. Принцип дії лазерного мікрофону полягає в наступному: лазер здійснює опромінення зовнішньої шибки (віконне скло, являє собою мембрану, що коливається зі звуковою частотою під тиском акустичних хвиль, створюючи фонограму розмови) 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 телефонах або записується на відповідний пристрій.

Сучасні ЛСАР дозволяють знімати інформацію не тільки з зовнішніх, але й внутрішніх шибок, дзеркал, скляних дверей та інших предметів у приміщенні. Для протидії зніманні інформації таким способом шибки обробляють спеціальною сумішшю, що збільшує коефіцієнт відбиття лазерного випромінювання, а отже, погіршує умови для ведення розвідки. [5]

Для оцінки амплітуди коливання віконного скла під дією акустичної хвилі доцільно розглянути окрему модель коливання віконного скла (рис. 1):

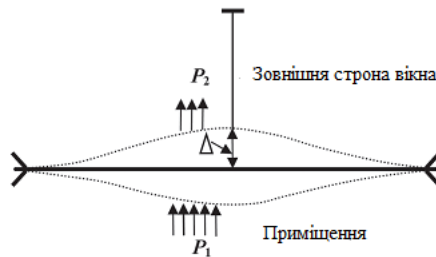


Рис. 1. Модель відбиваючої поверхні із затиснутим кріпленням

В запропонованій моделі P_1 - це звуковий тиск перед склом (в приміщенні), P_2 - звуковий тиск за склом, Δ - амплітуда коливання віконного скла.

Відомо, що в будь-який момент часу тиск звукової хвилі можна визначити як:

$$P(t) = v(t)rc \quad (1)$$

а для випадку гармонічних коливань як:

$$P(t) = P \sin 2\pi ft, \quad (2)$$

де P - тиск звукової хвилі, $v(t)$ - швидкість руху молекули повітря під дією звукової хвилі, r - густина атмосфери, c - швидкість поширення звукової хвилі в атмосфері; f - частота гармонійного коливання акустичної хвилі.

Амплітуда коливання віконного скла $\Delta(t)$ фактично є інтегралом від швидкості руху молекул віконного скла, що коливаються під дією звукової хвилі, яка в свою чергу співпадає зі швидкістю руху молекул повітря за віконним склом $v_2(t)$ (3):

$$\Delta(t) = \int v_2(t) dt = -\frac{P_2}{2\pi frc} \cos 2\pi ft \quad (3)$$

Звідси можна визначити максимальну амплітуду коливання віконного скла вікна Δ для заданої звукової частоти f і звукового тиску за склом P_2 (4):

$$\Delta = \frac{P_2}{2\pi frc} \quad (4)$$

Для нормальних атмосферних умов $rc=420\text{Н}\cdot\text{С}/\text{м}^3$. Скориставшись формулою для розрахунку звукоізоляції вікна $R = 10\lg\left(\frac{P_1}{P_2}\right)^2$ можна

визначити максимальну амплітуду коливання віконного скла вікна Δ для заданої звукової частоти f і тиску звукової хвилі в приміщенні P_1 (5):

$$\Delta = \frac{P_1}{2\pi frc \cdot 10^{R/20}} \quad (5)$$

3. ВИЗНАЧЕННЯ ЗВУКОІЗОЛЯЦІЇ ВІКОН

Величину звукоізоляції вікна R ,дБ визначали за допомогою еталонного спектру шуму потоку міського транспорту для діапазону середніх частот третинно-октавних смуг: від $i = 100$ Гц до $i = 3150$ Гц за формулою (6):

$$R = 75 - 10\lg \sum_{i=1}^{16} 10^{0.1(L_i - R_i)} \quad (6)$$

де L_i - скориговані по кривій частотної корекції «А» рівні звукового тиску еталонного спектру в 1-й третинно-октавній смузі частот, дБ;[4]

R_i - ізоляція повітряного шуму даної конструкції вікна в 1-й третинно-октавній смузі частот, дБ.[4]

Таким чином ми отримали набір значень величини звукоізоляції для різних типів віконних склопакетів та вітражів в залежності від товщини скла та повітряного проміжку між ними. Отримані результати зведено в табл. 1.

Таблиця 1

Звукоізоляція типових шумозахисних вікон і вітражів

№ п.п	Конструкція герметичних вікон	Формула скління $s_1 + l + s_2$ (Товщина силікатного скла і повітряного проміжку між ними в мм)	R, дБ
1	Вікно - двостінний склопакет	3 + 12 + 3	25
2	Вікно - двостінний склопакет	4 + 16 + 4	27
3	Вікно - двостінний склопакет	4 + 56 + 4	28
4	Вікно - двостінний склопакет	4 + 91 + 4	31
5	Вікно - двостінний склопакет	3 + 90 + 6	32
6	Металевий двостінний вітраж	4 + 100 + 4	33
7	Металевий двостінний вітраж	4 + 200 + 4	35
8	Металевий двостінний вітраж	8 + 100 + 8	37
9	Металевий двостінний вітраж	8 + 200 + 8	39
10	Металевий двостінний вітраж	8 + 400 + 8	41

4. ОЦІНКА АМПЛІТУДИ КОЛИВАНЬ СКЛА В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЧАСТОТИ ЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ І ТИСКУ

Для отримання залежності максимальної амплітуди коливання віконного скла L від частоти f і від звукового тиску P_l акустичного сигналу в приміщенні за формулою (5) проведено моделювання в пакеті прикладних програм для технічних обчислень MatLab. Звуковий тиск в приміщенні від людської мови P_l становить від 0,2 Па до 1 Па, достатній діапазон частоти f під час розмови знаходиться в межах від

150 Гц до 5 кГц. Значення звукоізоляції сучасного євро вікна приймаємо приблизно 40 дБ.

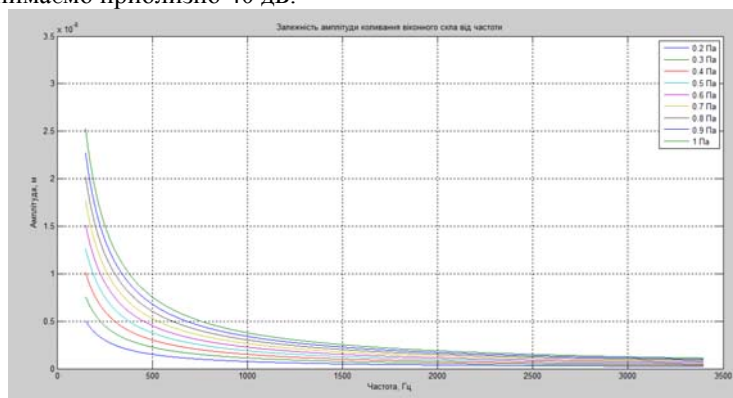


Рис. 2. Графік залежності максимальної амплітуди коливання віконного скла Δ від частоти акустичного сигналу f

З графіків (рис. 2–3) видно, якщо в приміщенні відбувається тиха розмова ($P_1 = 0,2$ Па), то в разі високої тембрації людського голосу ($f = 5$ кГц), максимальна амплітуда коливання віконного скла вікна Δ дорівнюватиме приблизно 0,2 нм, а в разі низької тембрації людського голосу ($f = 150$ Гц), амплітуда буде рівною 5 нм.

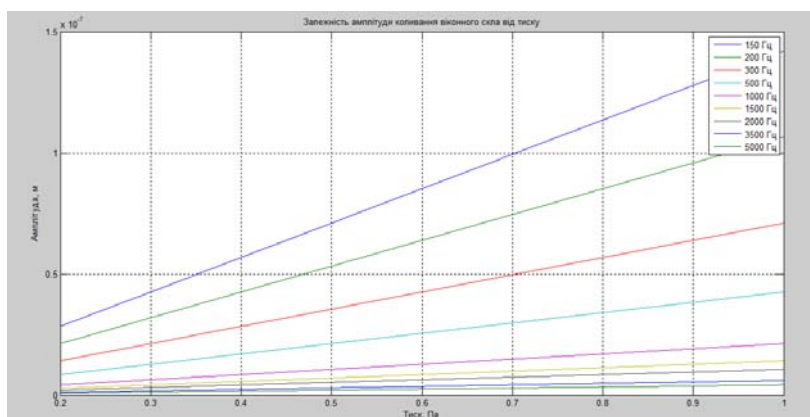


Рис. 3. Графік залежності амплітуди коливання віконного скла Δ від тиску акустичного сигналу в приміщенні P_1

Якщо ж у приміщенні голосно розмовляють ($P_1 = 1$ Па), то при високій тембрації людського голосу максимальна амплітуда коливання

віконного скла вікна Δ буде рівною близько 1 нм, а у випадку низькочастотних звукових тембрацій, амплітуда дорівнюватиме приблизно 25 нм.

Отже, за результатами підрахунків амплітуда коливань скла під дією акустичної хвилі в середньому знаходиться в межах від одиниць нанометра до 25 нм. Амплітуда коливання віконного скла збільшується зі збільшенням акустичного тиску в приміщенні і зменшується зі зростанням частоти звукових коливань.

З наведених вище міркувань змодельовано залежність амплітуди коливання віконного скла від значення звукоізоляції вікон для найнесприятливіших умов для перехоплення акустичної інформації (частота 5000 Гц і тиск 0.2 Па акустичного сигналу). З рис. 4 видно, що амплітуда коливань зменшується від 0,85 до 0,15 нм при зростанні величини звукоізоляції вікна від 25 до 41 дБ.

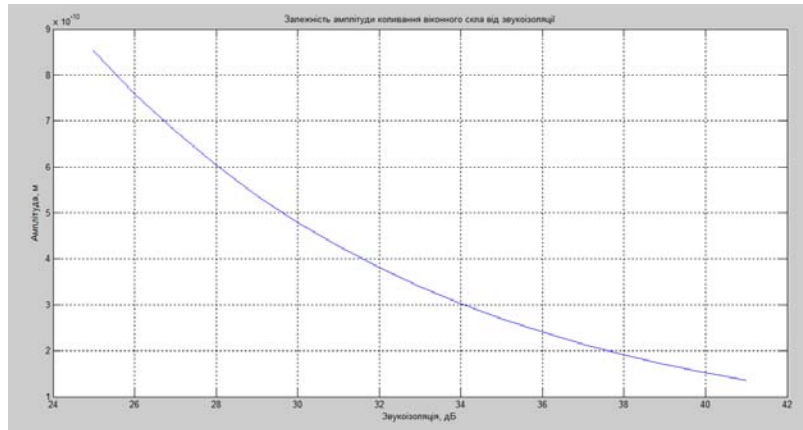


Рис. 4. Графік залежності амплітуди коливання віконного скла від значення звукоізоляції вікон

Для найсприятливіших умов для перехоплення акустичної інформації (частота 150 Гц і тиск 1 Па акустичного сигналу) отримано, що амплітуда коливань скла змінюється від 160 до 25 нм.

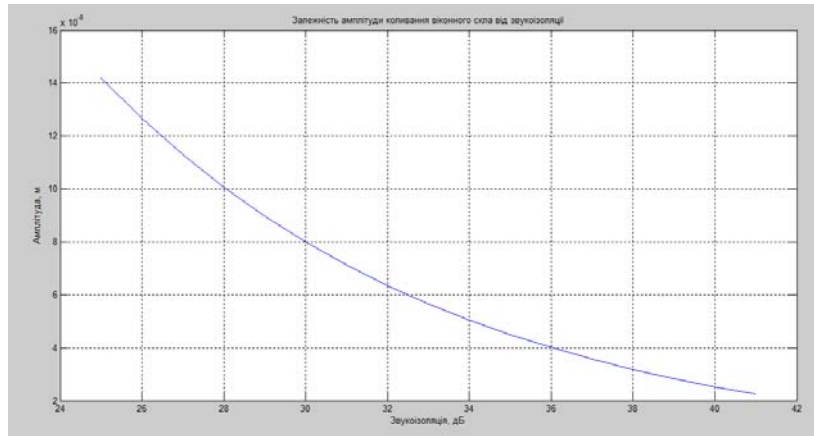


Рис. 5. Залежність амплітуди коливання віконного скла від значення звукоізоляції вікон (частота 150 Гц і тиск 1 Па акустичного сигналу)

4. ВИСНОВКИ

В роботі досліджено модель коливання віконного скла, жорстко закріпленого по краях, під дією акустичної хвилі, що збуджується під час розмови в приміщенні. Проведена оцінка амплітуди коливання віконного скла під дією акустичної хвилі в залежності від частоти і тиску розмови в приміщенні. Дослідження проводились для різних значень звукоізоляції, що відповідає різним видам вікон. Для різних значення звукоізоляції вікон проведена оцінка найкращих і найгірших умов для перехоплення мовної інформації за допомогою лазерних систем акустичної розвідки.

1. Хорошко В.А. Методы и средства защиты информации // Хорошко В.А., Чекатков А.А. — К.: Юниор, 2003. — 504 с. 2. 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. 3. Заболотный В.И. «Безиумный» захват від «лазерних мікрофонів» / В.И. Заболотный, Ю.О. Ковальчук // Прикладная радиоэлектроника. — 2009. — Т. 8, №3. С. 377-381. 4. Боголепов И.И., Три метода определения необходимой звукоизоляции окон: плюсы и минусы // Инженерно-строительный журнал, №1, 2010. 5. Лазерный микрофон. Описание устройства [Электронный ресурс] <http://www.bre.ru/security/5203.html>