

М. М. БОРЗОВ, ст. викл., НТУ «ХП»

РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ РОБІТ БЕЗКОНТАКТНОГО ВИЯВЛЕННЯ КАНАЛІВ ВИТОКУ ІНФОРМАЦІЇ ПО ВІБРОАКУСТИЧНОМУ КАНАЛУ.

У статті розглянути методи кореляційної спекл-інтерферометрії на підставі аналізу зображень спеклу структур, які знаходяться під впливом акустичних пружних коливань для виявлення можливих каналів витоку інформації.

The methods of correlation speckle interferometry-based image analysis speckle structures that are influenced by acoustic vibrations of elastic channels to identify possible leaks are discussed.

Вступ. Бурхливий розвиток наукових досліджень в галузі нанотехнологій істотно вплинув на розробку систем і засобів, що використовуються розвідниками, працівниками силових структур, конкурентами і криміналом для несанкціонованого доступу (НСД) до інформаційних ресурсів. Одним з таких систем є лазерні системи акустичної розвідки (ЛСАР), та використання методу кореляції спекл-інтерферометрії для виявлення каналів витоку інформації у будівельних конструкціях.

1. Застосування властивостей спекл-картин для контролю віброакустичних коливань. У проведеному експерименті використовувалась особливість лазерного випромінювання, яка була виявлена слідом за винаходом лазерів. Особливість полягає в тому, що при відбитті від шорсткої поверхні когерентний промінь формує на екрані складну структуру у вигляді темних і яскравих цяток. Така структура отримала назву «спекл-картина» (від англ. «Speckle» – зернятко, плямочка). Спекл-картина не має безпосереднього зв'язку з реальним зображенням освітленої поверхні. Основний внесок у формування спекл-зображення вносять малі ділянки поверхні з центрами в дзеркально відображаючих точках [1].

2. Статистичний аналіз процесу знімання акустичної інформації зі світловідбивних поверхонь лазерним променем. Метою експериментальних досліджень є вивчення флуктуацій випадкової величини X – інформаційного обсягу (розмір файлу в байтах) ідентичних фотографій серій спекл-структур, що утворюються на прикріпленому до стіни екрані, в залежності від інтенсивності зовнішнього акустичного поля. Площина стіни перпендикулярна осі лазерного променя, що розходиться.

Експериментальні дослідження проводжувалися згідно з функціональною схемою, що зображена на рис. 1.

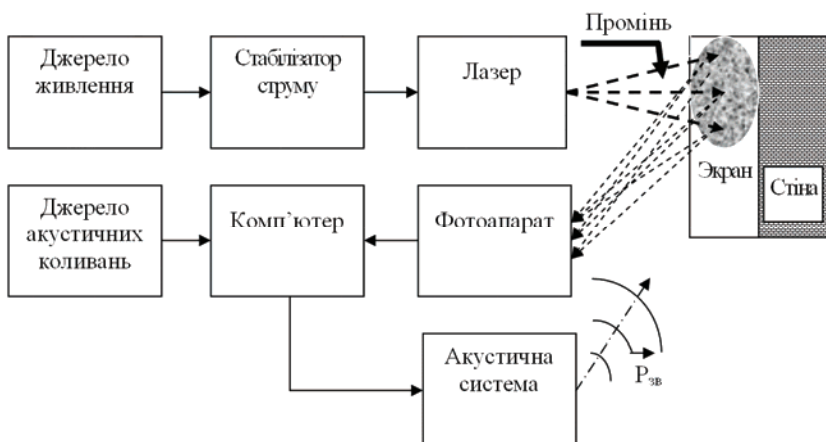


Рисунок 1 – Функціональна схема експерименту

3. Проведення вимірювань. Зроблено ряд незалежних вимірювань з результатами $X_1, X_2, \dots, X_1, \dots, X_n$. Обробка результатів вимірювань здійснювалась із застосуванням програми Microsoft Office Excel 2003.

Для проведення експериментальних досліджень було прийнято рішення застосувати у фотоапараті максимально інформативний режим - 5 МП.

За абсолютну похибку Δ_{MC} кожної серії з вимірів був узятий інтервал між максимальним і мінімальним значеннями об'ємів файлів кожної серії об'єкта багаторазового фотографування.

За відносну похибку δ_{MC} кожної серії з вимірів (у відсотках) було узятє відхилення Δ_{MC} від середнього арифметичного значення.

Параметри навколишнього середовища в момент фотографування – практично незмінні. 30-й знімок (файл DSC 02935.JPG) об'єкта екрану – спекл-структури – наведено на рис. 2. Горизонтальний розмір зображення – 30 сантиметрів.

Слід зазначити, що спекл-структура, відбита від поверхні скла, за якої розташований темний фон (чорна папір, затінений кабінет), дає більш чітке зернисте зображення. Розмір спеклів не перевищує 3-х міліметрів. Об'єм файлу – 529794 байт.

Спочатку досліджували першопричину виникнення шумів при зніманні інформації зі скла лазерним променем. При цьому оцінювалося відхилення значень обсягів файлів при фотографуванні одного й того самого об'єкта – спекл-структури перетину лазерного променя, від середньоарифметичного значення \tilde{x} та середньоквадратичне відхилення σ (1):

$$\tilde{x} = m_x^* = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}; \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}. \quad (1)$$

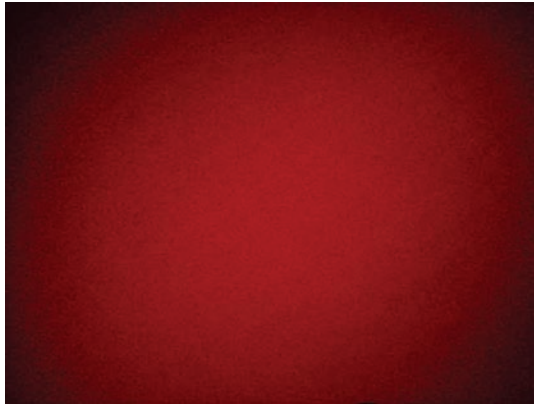


Рисунок 2 – Об'єкт фотографування спекл-структура – файл DSC 02935.JPG

У процесі досліджень було виявлено збільшення дисперсії результатів вимірювань при наявності в приміщенні порівняно слабких акустичних шумів (табл. 1).

Таблиця 1 – Серії по 5 вимірів об'ємів в байтах з результатами статистичного обчислення при наявності звуку

| № | Звук 30 дБ. Розмір (об'єм) файлу, байт. | Звук 60 дБ. Розмір (об'єм) файлу, байт. |
|------------------|---|---|
| 1 | 590196 | 558061 |
| 2 | 578156 | 555049 |
| 3 | 586301 | 557055 |
| 4 | 581911 | 560594 |
| 5 | 586478 | 563441 |
| \bar{x} , байт | 584608,4 | 558840 |

Результати вимірів (рис. 3), проведені в приміщенні з акустичними шумами близько 30 дБ і 60 дБ, дозволили припустити, що тиск акустичної хвилі впливає на обсяг інформації, яка міститься у фотографії спекл-структури.

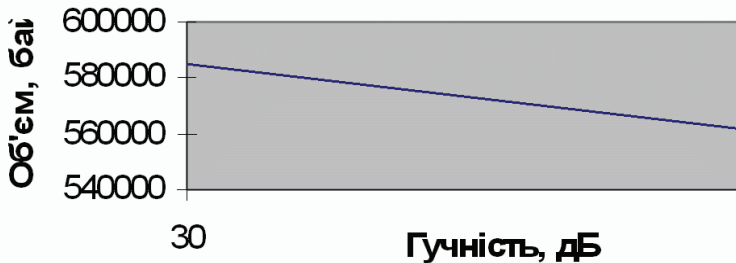


Рисунок 3 – Залежність розміру файлу від наявності звуку у приміщенні

Подальше додаткове вивчення флуктуації розміру файлу ідентичних фотографій серій спекл-структур, що утворюються на прикріпленому до стіни екрані, в залежності від інтенсивності зовнішнього акустичного поля показало, що в області слабких звуків існує деякий екстремум, що потребує додаткових досліджень[2].

У якості джерела сигналів був застосований набір синтезованих і натуральних сигналів для експертної та суб'єктивної оцінки аудіотехніки [3].

Приміщення озвучувалося сигналом білого шуму. При цьому на акустичну систему (права та ліва) подавався фазово-незалежний білий шум.

В табл. 2 викладені результати обчислення, які дозволяють стверджувати, що флуктуації випадкової величини X – інформаційного обсягу (розмір файлу в байтах) ідентичних фотографій серій спекл-структур, що утворюються на прикріпленому до стіни екрані, – на деяких дільницях істотно залежать від інтенсивності зовнішнього акустичного поля (див. рис.4) [4, 5].

Таблиця 2 – Серії по 5 вимірів об'ємів в байтах з результатами статистичного обчислення

| Звук 0 % | Звук 10 % | Звук 20 % | Звук 30 % | Звук 40 % | Звук 50 % |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 2161275 | 2177587 | 2174026 | 2164492 | 2152700 | 2161877 |
| 2168547 | 2185238 | 2173112 | 2154906 | 2157085 | 2155925 |
| 2105700 | 2170515 | 2158045 | 2165366 | 2151471 | 2151740 |
| 2150646 | 2173521 | 2168855 | 2166637 | 2156284 | 2163569 |
| 2169102 | 2175979 | 2166089 | 2161692 | 2168936 | 2162001 |
| 2151054 | 2176568 | 2168025,4 | 2162618,6 | 2157295,2 | 2159022,4 |
| Звук 60 % | Звук 60 % | Звук 70 % | Звук 80 % | Звук 90 % | Звук 100% |
| 2160318 | 2160318 | 2158596 | 2153717 | 2157706 | 2158619 |
| 2157028 | 2157028 | 2152957 | 2153922 | 2147199 | 2148543 |
| 2162127 | 2162127 | 2153708 | 2157449 | 2143762 | 2166605 |
| 2164066 | 2164066 | 2152160 | 2152907 | 2156942 | 2159697 |
| 2160013 | 2160013 | 2149513 | 2152792 | 2148625 | 2164485 |
| 2160710 | 2160710 | 2153387 | 2154157,4 | 2150846,8 | 2159589,8 |

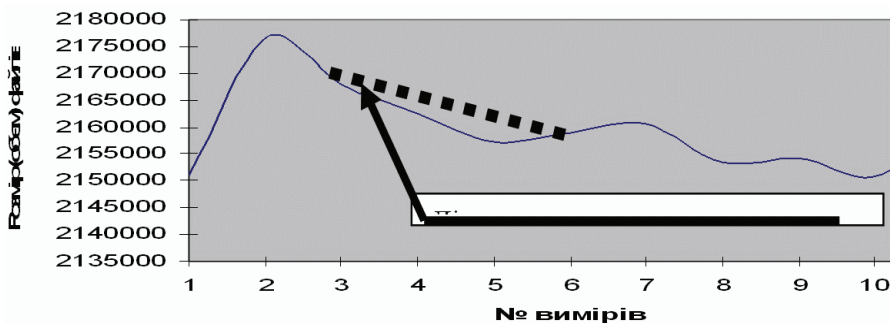


Рисунок 4 – Залежність розміру файлу від рівня акустичного шуму у приміщенні

Побудова регресивної моделі з допомогою табличного процесору програми Excel

На підставі даних, які приведені у табл. 2 створена скорочена табл. 3, побудований графік (рис. 5) та проведена поліноміальна апроксимація.

Таблиця 3 – Результати статистичного обчислення

| Гучність звука, дБ | Середн. Зн., байт | Гучність звука, дБ | Середн. Зн., байт |
|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| 0 | 2151054 | 60 | 2160710,4 |
| 10 | 2176568 | 70 | 2153386,8 |
| 20 | 2168025,4 | 80 | 2154157,4 |
| 30 | 2162618,6 | 90 | 2150846,8 |
| 40 | 2157295,2 | 100 | 2159589,8 |
| 50 | 2159022,4 | | |

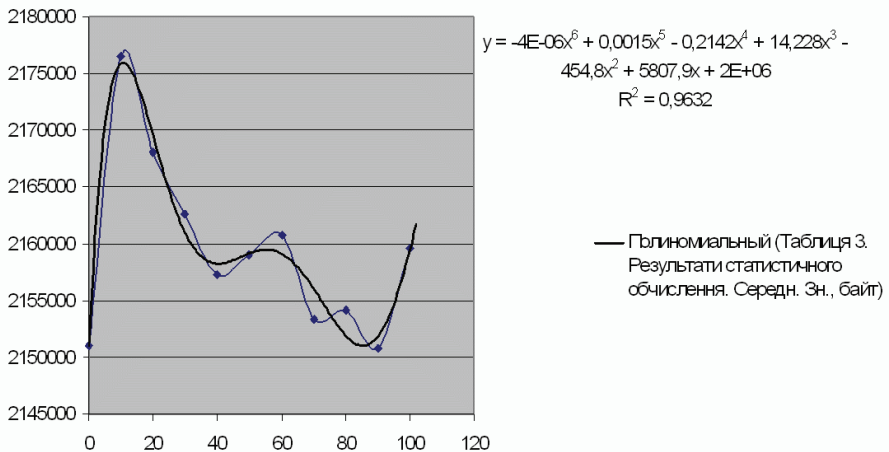


Рисунок 5 – Поліноміальна апроксимація залежності інформаційного змісту спекл-структур від рівня акустичних коливань пружного повітряного середовища

В результаті визначена математична модель (2) впливу акустичних коливань пружного середовища на інформаційний зміст спекл-структур:

$$y = -4 \left(\frac{x}{e} \right)^6 + 0,0015x^5 - 0,2142x^4 + 14,228x^3 - 454,8x^2 + 5807,9x + 2e^6. \quad (2)$$

Величина достовірності апроксимації має значення, яке близьке до одиниці $R = 0,9632$.

Висновки. У даній роботі представлені результати розробки цифрового лазерного безконтактного спекл-інтерферометричний вимірювача малих зміщень поверхні. Необхідність створення такого пристрою була пов'язана з рішенням конкретного завдання: визначення просочування звукових коливань на зовнішній поверхні стіни виділеного приміщення. Цифрова спекл-

інтерферометрія дозволяє з допомогою чисельної процедури обробки спекл-картин отримати кількісну інформацію про просторовий розподіл зсувів точок поверхні в наочній графічній формі, та зробити висновок про наявність, або відсутність можливого каналу витоку інформації.

Список літератури: 1. *М.Франсон* Оптика спекло / *М.Франсон*. – М.: Мир, 1980. – 171 с. 2. Изучение лазерного устройства, обеспечивающего регистрацию разговоров, ведущихся в помещениях. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к документу: <http://www.studfiles.ru/dir/cat32/subj1348/file14451/view148775.html>. 3. *Н.Сухов* 77 Синтезированных и натуральных сигналов для экспертной и субъективной оценки аудиотехник / *Н. Сухов, В. Широков*. – М.: Аудиохобби, 2004. – 352 с. 4. *М.Борзов* Метод кореляційної спекл-інтерферометрії // Інформатизація вищих навчальних закладів МВС України. Матер. наук.-практ. конф. – Харківський національний університет внутрішніх справ, 2010. – № 59 (168) 28 травня. 5. *В.Я. Певнев, М.Н. Борзов* Способ определения внутренних дефектов в стенах помещений // Системы обробки інформації. – 2009. – № 7 (79) (154) 8 квітня.

Надійшла до редколегії 31.03.2011.