



DOI [10.28925/2663-4023.2021.12.117131](https://doi.org/10.28925/2663-4023.2021.12.117131)

УДК 519.876.5: 534: 681.84

Астапеня Володимир Михайлович

кандидат технологічних наук, доцент кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки
Київський університет імені Бориса Грінченка, Київ, Україна
ORCID ID: 0000-0003-0124-216X
v.astapenia@kubg.edu.ua

Марценюк Максим Станіславович

студент факультету інформаційних технологій та управління
Київський університет імені Бориса Грінченка, Київ, Україна
ORCID ID: 0000-0002-6662-7610
msmartseniuk.fitu18@kubg.edu.ua

Шевченко Світлана Миколаївна

канд. пед. наук, доцент, доцент кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки
Київський університет імені Бориса Грінченка, м. Київ, Україна
ORCID ID: 0000-0002-9736-8623
s.shevchenko@kubg.edu.ua

Складаний Павло Миколайович

старший викладач кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки
Київський університет імені Бориса Грінченка, Київ, Україна
ORCID ID: 0000-0002-7775-6039
p.skladannyi@kubg.edu.ua

Марценюк Євген Вікторович

завідувач кабінетом кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки
Київський університет імені Бориса Грінченка, Київ, Україна
ORCID ID: 0000-0002-7355-4333
y.martseniuk@kubg.edu.ua

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕКРАНІВ І ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ НА РІВЕНЬ АКУСТИЧНОГО СИГНАЛУ У ПРИМІЩЕННІ ІЗ СКЛЯНИМИ ТА МЕТАЛОПЛАСТИКОВИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ

Анотація. У цифровий етап розвитку світу інформація постійно розширює свої грані можливостей. І тому обмін інформацією виступає провідною складовою постійних змін у житті. Хоча людство поступово переходить на застосування електронних технологій, акустична інформація досі відіграє одну із ключових ролей в інформаційному обігу. Це стосується службового спілкування у державних установах аж до найвищого рівня, ділових контактів у комерційних структурах та приватного спілкування між людьми. Процес передачі інформації у акустичній формі несе за собою небезпечні наслідки. Застосування відповідних пристроїв на кшталт акустичного мікрофона направленої дії або акустичних антен засобів технічної розвідки, які можуть знаходитись за межами об'єкту інформаційної діяльності, створює можливість несанкціонованого отримання відомостей, які не повинні потрапити до третіх осіб. Тому завдання із вияву та захисту каналів витоку інформації, в тому числі і акустичних, з кожним днем набуває нового ступеня важливості. Охорона приміщення або будівлі, де регулярно циркулює акустична інформація, передбачає комплекс створення організаційних та технічних заходів і засобів захисту інформаційного обігу, що враховує особливості розташування та облаштування об'єкту. Дане дослідження передбачає вивчення залежності рівня акустичного сигналу від способів запобігання витоку інформації акустичним каналом, до яких входить вібраційне зашумлення засобами технічного захисту та покриття підручними матеріалами (екранування) огорожувальних конструкцій об'єктів інформаційної діяльності (ОІД). Експеримент визначає ступінь впливу густини,



звукопоглинаючих властивостей матеріалів та їх комбінацій на акустичні коливання, джерело яких знаходиться в ОІД. За об'єкт дослідження було взято базове приміщення, де огорожувальними конструкціями є стіни з вікнами та дверми, стеля та підлога. Також варто звернути увагу на те, що виміри акустичного сигналу виконувались не в цілковитій тиші, що безпосередньо вплинуло на точність отриманих результатів. Такий крок був здійснений для того, щоб якнайкраще відтворити умови, в яких найчастіше працюють зловмисники.

Ключові слова: інформація; акустичний сигнал; об'єкт інформаційної діяльності (ОІД); мікрофон; канали витоку інформації; екранування.

ВСТУП

Постановка проблеми. Однією із головних рис сьогодення є стрімкий розвиток цифрових технологій. Науково-технічний прогрес з кожним днем збільшує свій масштаб впливу на всі сфери життя, через що розширюється діапазон інформаційного обігу, в епіцентрі якого знаходиться сучасна людина. Внаслідок цього, інформація набула нового значення, що ствердило її в якості рушія розвитку. Але у руках зловмисників вона перетворюється на зброю. Вільний доступ, відсутність організаційних заходів, використання уразливостей систем захисту надає можливість порушникам здобути інформацію та використати її в своїх цілях.

Серед усіх видів інформаційного обігу його значну частину становить мовна інформація, яка може становити загрозу несанкціонованого ознайомлення з нею, особливо в конкуренто-ринкових відносинах. Перехоплення акустичних сигналів-носіїв є одним із найпоширеніших методів отримання інформації тому, що для зловмисників: відразу з'ясовується зміст розмови; інформація отримується у реальному часі, що грає провідну роль для оперативного прийняття відповідних рішень; з'являється можливість здійснення ідентифікації учасників спілкування за тембром голосового сигналу та тонкою структурою амплітудних та спектральних параметрів і т. і.

Процес обміну інформацією з використанням акустичного сигналу ґрунтується на його розповсюдженні в середовищі. Знаючи його властивості, зловмисники використовують акустичні канали витоку, що утворюються шляхом перехоплення звукових сигналів з об'єкту інформаційної діяльності. Тому акустичні канали витоку є одними з найнебезпечніших, що підтверджує актуальність проблеми. В таких випадках, засобами отримання інформації найчастіше слугують акустичні мікрофони направленої дії чи акустичні антени пристроїв технічної розвідки. Тож, зважаючи на великий спектр можливостей зловмисників, необхідно приділяти посилену увагу захисту акустичних каналів зв'язку. Наприклад, варто провести оцінку можливості протидії досконалому (чутливому) обладнанню, яке дозволяє не тільки отримати саму голосову інформацію, але і виявити напрям на джерело розмови (за ефектом Доплера – зміна знаку доплерівського зсуву частоти при переміщенні приймального засобу вздовж прямої) в приміщенні. Або дослідити способи зменшення можливостей таких засобів щодо визначення ваги та форми джерела сигналу в приміщенні використовуючи відповідні розрахунки стосовно напрямку та сили відбивання акустичних хвиль від поверхні певного предмету в залежності від його форми та складу. Тобто, на сьогоднішній день актуальним є питання оцінки можливості запобігання ідентифікації джерел акустичного сигналу, а, саме людини, яка надавала акустичну інформацію.

Наразі існує багато заходів та засобів для запобігання акустичного витоку інформації, серед яких першочерговими методами є екранування ОІД та вібраційне

зашумлення засобами технічного захисту, результат застосування яких потрібно дослідити.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Акустичні канали витоку утворюються шляхом перехоплення мовних сигналів (акустичних полів) з ОІД акустичними мікрофонами направленої дії чи акустичними антенами засобів технічної розвідки, що встановлюються за межами контрольованої зони в зоні прямої видимості з вікон (інших отворів) ОІД [1, с. 45]. Враховуючи, що такі канали витоку присутні в усіх об'єктах, ця проблема набуває загального характеру. Тому питання протидії цій проблемі потребує відповіді у вигляді конкретних методів і засобів захисту інформації від даного типу загроз. Ґрунтуючись на статті [2], до розгляду береться один із пасивних засобів захисту – зниження співвідношення сигнал/шум за рахунок зниження інтенсивності інформативного сигналу [2, с. 1], та один із активних – технічні пристрої, що створюють штучні завади [2, с. 2]. В статті описується дослідження властивостей поширення вібраційних сигналів у різних матеріалах. Виміри проводились на відстанях 0,2 м, 0,4 м та 0,6 м від джерела випромінювання для наступних матеріалів: скло, бетон, дерево, пластик і метал [2, с. 2]. Як результат, виявилось, що в різних матеріалах вібраційні хвилі поширюються по різному. Так, на відстані 0,2 м від віброперетворювача коефіцієнт затухання найбільший у бетоні і в середньому складав 28,5 дБ, а найменший у металі – в середньому 4,5 дБ. Оскільки джерело сигналів використовувалось як генератор «білого шуму», то вібраційні сигнали мали практично однакові рівні на різних частотах. На відстані 0,4 м спостерігалась схожа ситуація, найбільші показники затухання були присутні у бетоні – 36 дБ, а найменші у металі – 7,5 дБ. У випадку, коли вимірювання проводились на відстані 0,6 м, тенденція залишалась незмінною, тобто показники затухання у бетоні знову були найвищими — 37,5 дБ, а у металі – найменшими – 14,5 дБ [2, с. 4].

У висновку експеримент показав, що поширення вібрацій може відрізнитись залежно від матеріалу перешкоди, якою вони поширюються. Таким чином, при розробці системи захисту мовної інформації доцільним було б врахування зазначених особливостей, наприклад, знаючи, що коефіцієнт затухання у металі є невисоким, при обладнанні металевих конструкцій засобами активного захисту, можна використовувати відповідне обладнання [2, с. 5].

Дане дослідження продовжує тему вище вказаної статті, з урахуванням її висновків. В процесі використовується лише необхідна кількість техніки, інший набір матеріалів (ДСП, металева сітка Рабіца, органічний пластик і фольга) та інші відстані вимірювання (впритул до поверхні та на відстані двох метрів).

Мета статті. Дослідити за допомогою відповідних апаратних та програмних засобів залежність між випромінюванням акустичних хвиль та матеріалом будівельних конструкцій приміщення, де знаходиться джерело акустичного сигналу. Експеримент націлений на визначення впливу різного роду будівельних матеріалів та засобів ТЗІ на рівень акустичних коливань у середовищі, враховуючи основні його властивості.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Термін акустичного сигналу визначається як «механічні коливання часток у пружному середовищі». Відповідно вони можуть поширюватись у будь-якому середовищі, за винятком, коли в ньому відсутні частинки повітря, що зветься «вакуумом». Саме цей факт обумовлює можливість проходження акустичних сигналів

через складові будівельних конструкцій, такі як стіна, стеля, підлога, двері, скло, труби тощо.

В акустичному каналі витоку носієм інформації від джерела до несанкціонованого одержувача є акустична хвиля в атмосфері, воді та твердому середовищі. Її джерелами можуть бути [3, с. 163]:

- людина в процесі розмови, мова якого підслуховується в реальному масштабі часу або ж озвучується звуковідтворюючим пристроєм;
- механічні вузли механізмів та машин, які при роботі створюють акустичні хвилі.

Структура такого каналу витоку інформації принципово не відрізняється від структури розглянутих каналів витоку. Її вигляд зображено на рис. 1 [3, с. 164].

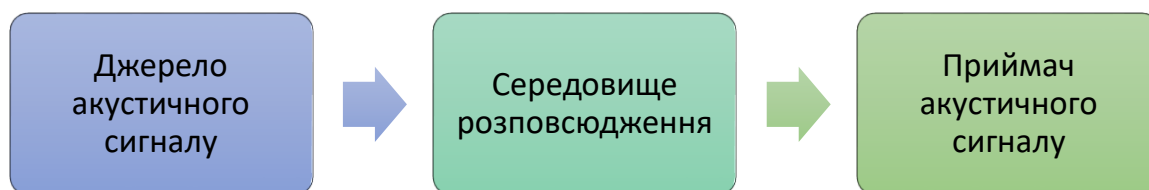


Рис. 1. Структура акустичного каналу витоку інформації

Джерелами акустичного сигналу можуть бути люди, механічні, електричні або електронні пристрої, що створюють звук, прилади та засоби, що відтворюють раніше записаний звук. Джерела сигналів характеризуються діапазоном частот, потужністю випромінювання в Вт, інтенсивністю випромінювання в Вт/м², гучністю звуку в дБ, що вимірюється як десятковий логарифм відношення інтенсивності звуку до порога чутності. Поріг чутності відповідає потужності звуку 10⁻¹² Вт або звуковому тиску на барабану перетинку вуха людини 2·10⁻⁵ Па. Рівні гучності різних звуків проілюстровані даними в таблиці 1 [3, с. 164].

Таблиця 1

Рівні гучності звуку

Оцінка гучності звуку на слух	Рівень звуку, дБ	Джерело звуку
Дуже тихий	0	Усереднений поріг чутливості вуха
	10	Тихий шепіт (1,5 м)
Тихий	20	Цокання настінного механічного годинника
	30	Кроки по м'якому килиму (3-4 м)
	40	Тиха розмова, гамір в читальній залі
Помірний	50	Гамір в житловому помешканні, легковий автомобіль (10-15 м)
	60	Вулиця середньої гучності
Гучний	70	Спокійна розмова (1 м), зал великого магазину
	80	Радіоприймач (2 м), крик
Дуже гучний	90	Гучна вулиця, гудок автомобіля
	100	Симфонічний оркестр, автомобільна сирена
Оглушливий	110	Дуже гучний цех
	120	Грім над головою
	130	Звук сприймається як біль

Середовище розповсюдження носія інформації від джерела до приймача може бути однорідним (повітря, вода) і неоднорідним, утворене послідовними ділянками різноманітних фізичних середовищ: повітря, деревина дверей, віконного скла, бетону

або цеглин стін і т. і. Але і в однорідному середовищі не постійні параметри, адже вони можуть істотно відрізнитись в різних точках простору [3, с. 165].

Акустичні хвилі як носії інформації характеризуються такими показниками та властивостями як швидкість розповсюдження носія, коефіцієнтом затухання та умовами розповсюдження акустичної хвилі [3, с. 165].

У [4, с. 75] описуються канали витоку акустичної інформації в будівельних конструкціях. Їх різновиди автори класифікують відповідно до схеми, представленої на рис. 2.

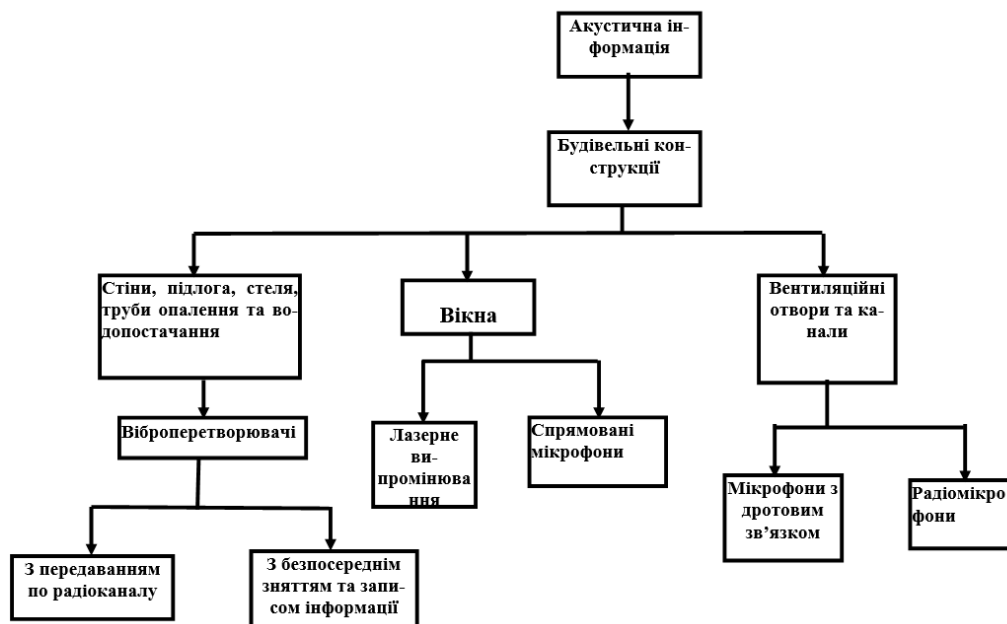


Рис. 2. Канали витоку акустичної інформації в будівельних конструкціях

Акустичні канали витоку за способом утворення поділяються на два основних типи: зумовлені особливостями приміщення або створені навмисно (наприклад, замасковані отвори у стінах або звуководні канали). Особливо це стосується старих споруд, та блочних бетонних споруд – в останніх звуководні канали утворюються на стиках блоків. [4, с. 98]

Якщо акустичні і віброакустичні характеристики приміщення, що захищається, не відповідають нормативним вимогам щодо захисту мовної інформації, тоді застосовують активні засоби захисту. Вони представляють собою генератори акустичного і віброакустичного маскуючого шуму, що містять аудіовипромінювачі, вібровипромінювачі і п'єзовипромінювачі [5, с. 233]. У будь якому випадку можливості зловмисників щодо перехоплення розмови обумовлені структурою та параметрами акустичного поля у тих чи інших потенційно можливих точках розміщення засобів перехвату.

Від джерела звуку до отримувача інформацію переносить акустична хвиля, яка належить до категорії бігучих пружних хвиль. У газовому однорідному середовищі такі хвилі є поздовжніми. У твердих речовинах окрім поздовжніх можливі складові хвилі, що розповсюджуються під іншими кутами. [6 с.198, 199, 787]. Монохроматична акустична хвиля у однорідному ізотропному середовищі є сферичною. Рівняння такої хвилі як результат розв'язку хвильового диференціального рівняння другого порядку містить дві складові, що описують пряму та зворотну хвилі [7 с. 17, 23]:

$$u(t, r) = \frac{1}{r} \left[U_1 e^{-\alpha r} e^{-j(2\pi f - kr)} + U_2 e^{-\alpha r} e^{j(2\pi f + kr)} \right], \quad (1)$$

де: t – час;

r = відстань від джерела;

f = частота;

k = хвильове число;

α = коефіцієнт згасання;

$U_{1(2)}$ = амплітуда прямої (зворотної) хвилі на виході джерела.

Нижче будемо аналізувати тільки пряму хвилю. Приміщення і будівлі, де відбуваються розмови, перехопити які прагнуть зловмисники, з точки зору розповсюдження хвиль є досить складним середовищем. У будь яку точку прийому окрім хвилі, яка дістається цієї точки найкоротшим шляхом без відбиття, будуть приходити декілька хвиль, відбитих від різних поверхонь з різними коефіцієнтами відбиття. Кожна з цих хвиль проходить різну відстань і вони будуть мати відмінні фази. Це створює складну інтерференційну картину. Для деякої точки простору сумарна амплітуда N хвиль, які потрапили туди, (вважаючи хвильові числа та коефіцієнти згасання однаковими на всіх i -тих шляхах) буде:

$$u_{1\Sigma}(t, r) = \sum_{i=1}^N \frac{1}{r_i} \left[U_{1i} e^{-\alpha r_i} e^{-j(2\pi f - kr_i)} \right]. \quad (2)$$

де: r_i = шлях, який пройшла i -та хвиля;

U_{1i} = амплітуда хвилі у i -тому напрямі (джерело неізотропне).

Більш складною стає модель, коли хвиля долає декілька (M) шарів товщиною r_m речовини з різними коефіцієнтами згасання α_m . Такими шарами можуть бути конструктивні елементи приміщення і будівлі або навмисно розміщені поглинаючі конструкції (екрани). Тоді амплітуда i -тої складової виразу (2) може бути записана у вигляді:

$$u_{1i}(t, r) = \frac{1}{r_i} U_{1i} e^{-j(2\pi f - kr_i)} \prod_{m=1}^M e^{-\alpha_m r_{im}}. \quad (3)$$

де: $r_i = \sum_{m=1}^M r_{im}$.

В залежності від матеріалу відповідних шарів різною будуть і швидкості хвиль у цих шарах. Відповідно різними будуть хвильові числа. Таким чином, акустичне поле у приміщенні буде неоднорідним навіть на окремій частоті.

Звичайно буде впливати і частота. Між тим, для сприйняття людиною звуку першочергове значення мають критичні смуги частот [5 ст. 70], кількість яких у діапазоні частот до 16кГц дорівнює 24, а їх ширини поступово зростають починаючи від 100Гц на частотах до 500Гц і далі з коефіцієнтом 0,2 від середньої частоти. Тому інтенсивність звуку та ефективність заходів щодо протидії перехопленню акустичних сигналів доцільно проводити саме з урахуванням критичних смуг орієнтованих на їх середні частоти.

Значна частина обладнання для перехоплення розмов не передбачає деталізації у межах частотного діапазону звуку. Тому експериментальні дослідження, результати яких представлені у статті, спрямовані на узагальнену оцінку інтенсивності акустичного сигналу в зазначених нижче умовах.

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

У експериментальних дослідженнях для визначення рівня акустичного сигналу (одиниця вимірювання – децибел (дБ)) застосовується звичайний планшет з вбудованим мікрофоном та відповідною програмою «Sound Meter» від компанії Smart Tools, яка була обрана через наявність сертифікації та зручного інтерфейсу, який зображено на рис. 3. Програма відображає рівень отриманого акустичного сигналу, його мінімальне, максимальне та середнє значення за певний час своєї роботи. Використовуючи отримані показники, вона будує амплітуду акустичних коливань.

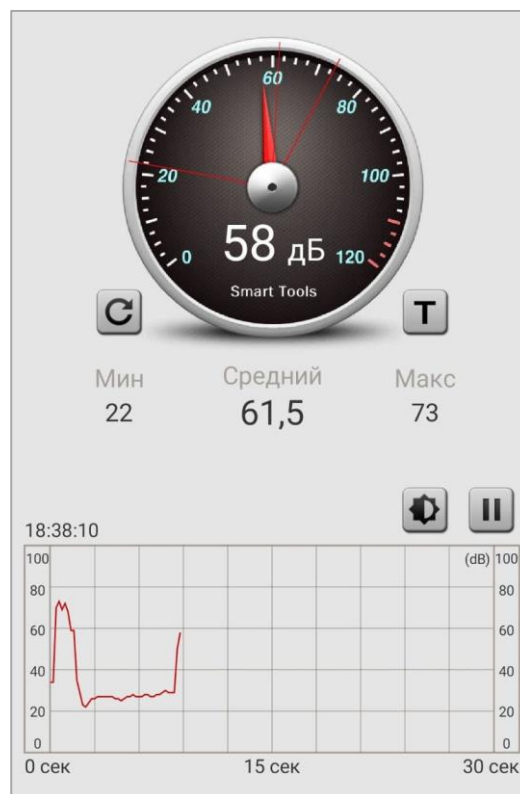


Рис. 3. Інтерфейс програми «Sound Meter»

Під час роботи Sound Meter, мікрофон планшета середньої потужності приймає акустичний сигнал, джерелом якого слугує запис голосу молодої людини з розмовною інтенсивністю та гучністю, відтворюваний з динаміку сучасного смартфона, який прикладено впритул до протилежної сторони поверхні.

Приміщення, у якому проводились вимірювання, містило поверхні з віконного двохшарового скла та стінової перегородки, виготовленої із металопластику (характерні конструкції для офісних приміщень) У ході експериментів застосовувалось екранування поверхонь скла та стіни такими матеріалами як ДСП, металева сітка Рабіца, органічний пластик з щільністю у $1,19 \text{ г/см}^3$ та фольга, які зображено на рис. 4., щоб дослідити ефективність їх впливу на інтенсивність звуку.

Вимірювання рівня отриманого зовні сигналу за допомогою планшета проводились у таких умовах:

- 1) безпосередньо на зовнішній поверхні скла та стіни;
- 2) на відстані двох метрів від поверхні скла та стіни.

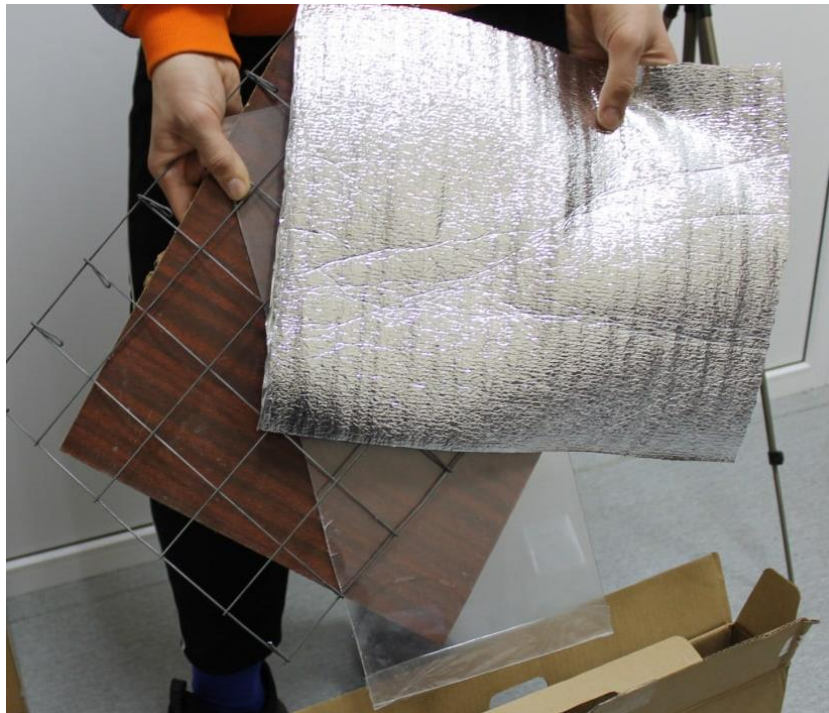


Рис. 4. Матеріали для екранування

Відповідно планшет встановлюється безпосередньо на зовнішній поверхні скла (рис. 5) та стіни (рис. 6), і на відстані двох метрів від них.

Для зручності використання матеріалів екранування, застосовано картонний пенал, в який поміщався кожний екран окремо, їх парні комбінації, потрібні та всі екрани разом, щоб отримати більший діапазон показників. Вміст пеналу змінювався під час кожного нового виміру рівня сигналу.



Рис. 5. Вимір рівня акустичного сигналу на виході зі скла



Рис. 6. Вимір рівня акустичного сигналу на виході зі стіни

Окрім звичайного екранування, в даному експерименті застосовані технічні засоби захисту інформації, відповідно сертифіковані для використання в Україні, та які є на обліку в лабораторії [8] Кафедри кібернетичної безпеки Факультету інформаційних технологій та управління Київського університету імені Бориса Грінченка. Вони включають в себе такі засоби як (рис. 7):

- Генератор акустичного шуму стаціонарний РІАС 2ГС – призначений для захисту об'єктів від витоку конфіденційної інформації акустичними та вібраційним каналами шляхом генерації сигналу шуму в діапазоні частот від 180 Гц до 5,6 кГц.

- Випромінювач акустичний РІАС 2 ВА – призначений для захисту об'єктів від витоку конфіденційної інформації віброакустичними каналами шляхом перетворення електричних сигналів в акустичні коливання в звуковому діапазоні частот від 180 Гц до 5,6 кГц.

- Вібровипромінювач п'єзоелектричний РІАС 2 ВП – призначений для захисту об'єктів від витоку конфіденційної інформації віброакустичними каналами шляхом перетворення електричних сигналів в механічні коливання в звуковому діапазоні частот від 180 Гц до 5,6 кГц.

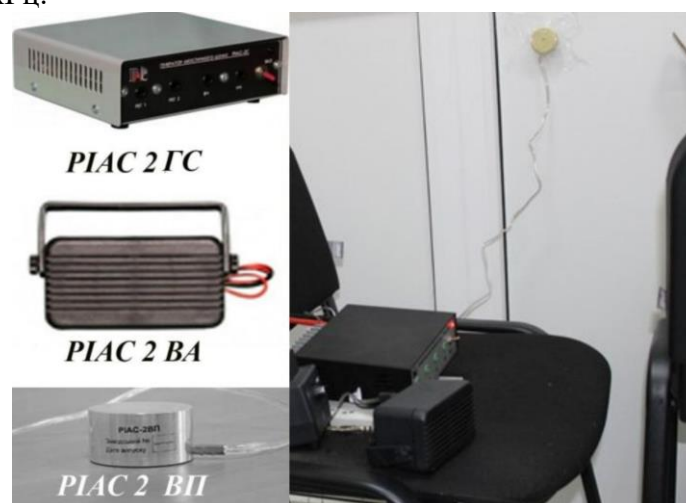


Рис. 7. Технічні засоби захисту, які застосовувались під час виміру акустичного сигналу

Слід зауважити, що виміри проводилися не в цілковитій тиші, що в свою чергу вплинуло на точність отриманих результатів. В процесі дослідження були присутні шумові сигнали від роботи серверу в сусідньому приміщенні, побутові шуми від діяльності людей в будівлі та шуми навколишнього середовища, які проникають в приміщення через вікна та стіни будівлі. Особливістю даного етапу експериментальних досліджень було неповне покриття поверхонь екрануючим матеріалом, що надає перспективу вивчити в наступних дослідженнях вплив розташування джерела акустичного від засобу для його перехоплення, змінюючи при цьому тип використаних будівельних конструкцій, через які розповсюджується сигнал, та їх кількість.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Використавши за основу розглянуту методику, проведено дослідження рівня акустичного сигналу при застосуванні екранування, засобів ТЗІ та зміни відстані до джерела сигналу. Умовно, дослідження було поділене на три етапи, в кожному з яких виміри поділяються на дві групи: вимірювання при проходженні акустичної хвилі через двошарове скло та через стіну, виготовлену із металопластику.

Екранування без технічних засобів захисту

Перший етап дослідження показав, що при звичайному екрануванні діапазон рівня акустичного сигналу складає від 42,5 дБ до 46 дБ на поверхні скла та від 43 дБ до 47 дБ на поверхні стіни. За відсутності будь-яких екранів, отриманий сигнал на склі та стіні відповідає показникам 48 та 49 дБ відповідно. Беручи до уваги кожний матеріал окремо, найбільший вплив створили пластик та фольга (по 45 дБ), а найменший – металева сітка (46 дБ). За результатами наведеними в таблиці 2, найвдалішою комбінацією матеріалів виявилися фольга та пластик з показником у 43 дБ.

Таблиця 2

Виміри рівня акустичного сигналу з екрануванням поверхні

№	Задіяні види екранів	Вимір на склі	Вимір на стіні
1.	Без екранування	48	49
2.	Металева сітка	46	47
3.	ДСП	47	48
4.	Фольга	45	45.5
5.	Пластик	45	45.5
6.	Сітка + ДСП	44	47
7.	Сітка + фольга	45	46
8.	Сітка + пластик	44	45.5
9.	ДСП + фольга	43	46
10.	ДСП + пластик	44	46
11.	Фольга + пластик	43	45
12.	Сітка + ДСП + фольга	43.5	47
13.	Сітка + фольга + пластик	43	45
14.	ДСП + фольга + пластик	44	46
15.	ДСП + сітка + пластик	43.5	47
16.	ДСП + сітка + пластик + фольга	42.5	43

Екранування при застосуванні засобів ТЗІ

Згідно з результатами таблиці 3, використання генератора шуму РІАС 2ГС та комплексних пристроїв РІАС 2ВА і РІАС 2ВП на другому етапі створили значний вплив на діапазон рівня акустичного сигналу, тому його показник знизився приблизно на 3 дБ та склав 43.3 – 40.2 дБ. Початковий рівень сигналу без екранування та застосування засобів ТЗІ дорівнює 45 дБ на склі та 45.6 дБ на поверхні стіни. Серед засобів екранування найбільше виділяється пластик, що спричинив найбільший вплив на акустичний сигнал з показником у 42 дБ. Найгірше себе проявила ДСП – 44 дБ. На даному етапі найкращою комбінацією матеріалів знову стали фольга та пластик, при яких рівень сигналу дорівнює 41.5 дБ.

Таблиця 3

Виміри рівня акустичного сигналу з екрануванням поверхні та застосуванням генератора акустичного шуму стаціонарного “РІАС-2ГС”, вібровипромінювача п'єзоелектричного “РІАС-2ВП” та випромінювача акустичного “РІАС-2 ВА”

№	Задіяні види екранів	Вимір на склі	Вимір на стіні
1.	Без екранування	45	45.6
2.	Металева сітка	43.3	43.8
3.	ДСП	44	44.5
4.	Фольга	42.7	43
5.	Пластик	42	42.4
6.	Сітка + ДСП	44.1	44.6
7.	Сітка + фольга	43	43.4
8.	Сітка + пластик	42.5	42.9
9.	ДСП + фольга	42.5	42.8
10.	ДСП + пластик	42	42.3
11.	Фольга + пластик	41.5	42
12.	Сітка + ДСП + фольга	42.4	42.8
13.	Сітка + фольга + пластик	41.5	41.9
14.	ДСП + фольга + пластик	42.2	42.7
15.	ДСП + сітка + пластик	43.1	43.5
16.	ДСП + сітка + пластик + фольга	40.2	41.3

Екранування із виміром на відстані двох метрів

На третьому етапі залучалися всі наявні засоби перекриття каналів витоку акустичної інформації, але виміри сигналів здійснюються не на поверхні, а на відстані двох метрів. Тому діапазон акустичних коливань значно зменшився, в порівнянні з попередніми етапами, а саме 38.1 – 33 дБ без використання засобів ТЗІ та 34 – 30.1 дБ з їх застосуванням, опираючись на результати таблиці 4. Вкотре, серед усіх задіяних екранів найкраще себе проявив пластик, де показник рівня акустичного сигналу дорівнює 37 дБ та 32 дБ без/з використанням засобів ТЗІ відповідно. Комбінацією матеріалів, що спричинила найбільший вплив, стало поєднання пластику та фольги.

Таблиця 4

Виміри рівня акустичного сигналу з екрануванням поверхні та застосуванням ТЗІ на відстані двох метрів

№	Задіяні види екранів	Вимір без ТЗІ	Вимір з ТЗІ
1.	Без екранування	39	34.2
2.	Металева сітка	38.1	34
3.	ДСП	38.2	33.4
4.	Фольга	37.2	32.1
5.	Пластик	37	32
6.	Сітка + ДСП	37.8	33.1
7.	Сітка + фольга	36.2	32.8
8.	Сітка + пластик	36.1	32
9.	ДСП + фольга	37.2	32.6
10.	ДСП + пластик	37.4	32.4
11.	Фольга + пластик	34	30.5
12.	Сітка + ДСП + фольга	36.1	32.1
13.	Сітка + фольга + пластик	34.2	30.4
14.	ДСП + фольга + пластик	35.3	30.2
15.	ДСП + сітка + пластик	36.7	31.1
16.	ДСП + сітка + пластик + фольга	33	30.1

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

В процесі проведення вимірювань отримана залежність рівня акустичного сигналу на зовнішній поверхні приміщення, у якому знаходилось джерело сигналу, при екранування та технічних засобів захисту. Підтверджено, що акустичний канал витоку дозволяє легко перехопити важливу інформацію не маючи мікрофонів з високою чутливістю. Дослідження довели, що найбільший вплив на акустичні коливання серед наявних екранів має органічний пластик, а найменший – металева сітка (сітка Рабіца).

На підставі отриманих результатів можливо зробити висновки з приводу виявлених залежностей:

1. Залежність рівня заміряного акустичного сигналу від щільності та товщі поверхні, на якій здійснено вимір. Поверхнями для виміру служили двошарове скло та стіна з металопластику. Було виявлено, що стіна має меншу пропускну здатність акустичних коливань, ніж скло, через більшу щільність матеріалу. Різниця сигналу на поверхнях складала приблизно 1-2 дБ.

2. Залежність рівня сигналу від властивостей матеріалу екрану. Найкращими для запобігання витоку акустичної інформації виявилася екрани у вигляді пластику та фольги, що пояснюється їхніми звукоізоляційними властивостями та рівнем щільності. Під час їх використання рівень акустичного сигналу зменшувався на 2-3 дБ. Найгіршим чином себе проявила металева сітка, вплив якої складав до 1 дБ.

3. Залежність рівня сигналу від комбінації застосованих екранів. Виходячи з попереднього визначення найкращих матеріалів для стримування поширення акустичних коливань, найбільш вдалою комбінацією стало поєднання пластику та фольги. Їх вплив становив в діапазоні 4-5 дБ. Низькі показники прослідковувалися в поєднанні ДСП та металевої сітки (до 1 дБ.).

4. Залежність рівня сигналу від застосування технічних засобів. При використанні генератора акустичного шуму РІАС 2ГС, випромінювача РІАС 2ВА та



вібровипромінювача РІАС 2 ВП рівень акустичного сигналу зменшився приблизно на 3-4 дБ, що відповідає призначенню їх роботи.

5. Залежність рівня сигналу від того, на якій відстані від поверхні робиться вимір. Під час екранування, зі збільшенням відстані між приладом для фіксації інформації (мікрофоном) та поверхнею, з якої знімається інформація, - рівень отриманого сигналу зменшувався. Показники рівня акустичного сигналу зменшились в діапазоні 6-10 дБ. Що у першому наближенні відповідає зменшенню інтенсивності за рахунок сферичної розбіжності.

Розглянуті залежності та отримані результати можуть бути використані в подальших дослідженнях та розробках. Вони можуть слугувати основою для створення і калібрування математичних моделей каналів витоку акустичних сигналів з урахуванням оточуючого середовища, а також проведення окремих експериментів, пов'язаних з видами каналів витоку акустичної інформації та для розроблення організаційних і технічних заходів захисту інформації. В перспективі, майбутні дослідження можуть бути пов'язані з вивченням впливу на рівень акустичного сигналу гіпсових та бетонних стін, бетонного міжповерхового перекриття, дверей, віконних штор, пластикових та металевих жалюзей і т. і. При цьому інтерес представляє не тільки зменшення інтенсивності пружної хвилі екраном і його вплив на просторовий розподіл звукового поля, але і виконання екраном функції частотного фільтру для зменшення розбірливості акустичного сигналу та можливостей з ідентифікації джерела за тембром. Обладнання та методика вимірювань можуть бути застосовані при проведенні практичних та лабораторних робіт, наприклад, з дисципліни Фізичні основи захисту інформації, а також у експериментальних дослідженнях у рамках підготовки бакалаврських та магістерських робіт.

Стаття присвячена пам'яті доктора технічних наук, професора, завідувача кафедрою інформаційної та кібернетичної безпеки Київського університету імені Бориса Грінченка, засновнику даної лабораторії Бурячку Володимирі Леонідовичу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Іванченко, С. О., Гавриленко, О. В., Липський, О. А., Шевцов, А. С. (2016). *Технічні канали витоку інформації. Порядок створення комплексів технічного захисту інформації*. Інститут спеціального зв'язку та інформації Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/15155/1/NP_Tekhnichni_kanalny_vytku_inf.pdf
2. Kataiev, V. S., Grycak, A. V., Leontiev, V. O., & Liahovchenko, N. V. (2016). Проблеми активного захисту інформації від витоку через віброакустичні канали. *Реєстрація, зберігання і обробка даних*, 18(3), 54–58. <https://doi.org/10.35681/1560-9189.2016.18.3.101220>
3. Торокин А.А. *Инженерно-техническая защита информации*, 2005. (б. д.). StudFiles. <https://studfile.net/preview/5815465/>
4. Кудінов, В. А., Хахановський, В. Г., Смаглюк, В. М. та ін. (2013). *Інформаційні технології в правозастосовній діяльності*. Міністерство внутрішніх справ України, Національна академія внутрішніх справ. <https://nni1.naiu.kiev.ua/files/KIT/pidruchnik.doc>
5. Зайцев, А. П., Мещеряков, Р. В. та ін. (2009). *Технические средства и методы защиты информации: Учебник для вузов*. ООО «Издательство Машиностроение».
6. *Физический энциклопедический словарь*. (1984). Советская энциклопедия.
7. Виноградова, М. Б., Руденок, О. В., Сухоруков, А. П. (1990). *Теория волн*. Наука.
8. Buriachok, V. L., Shevchenko, S. M., & Skladannyi, P. M. (2018). Virtual Laboratory for Modeling of Processes in Informational and Cyber Securities as a form of Forming Practical Skills of Students. *Electronic Professional Scientific Edition «Cybersecurity: Education, Science, Technique»*, 2(2), 98-104. <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2018.2.98104>

**Astapenia Volodymyr**

Candidate of Technological Sciences, Associate Professor of the Department of Information and Cyber Security
Borys Grinchenko Kyiv University, Kyiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0003-0124-216X
v.astapenia@kubg.edu.ua

Martseniuk Maksym

student of the Faculty of Information Technology and Management
Borys Grinchenko Kyiv University, Kyiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-6662-7610
msmartseniuk.fitu18@kubg.edu.ua

Shevchenko Svitlana

PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information and Cyber Security
Borys Grinchenko Kyiv University, Kyiv, Ukraine
ORCID: 0000-0002-9736-8623
s.shevchenko@kubg.edu.ua

Skladannyi Pavlo

senior lecturer of the Department of Information and Cyber Security
Borys Grinchenko Kyiv University, Kyiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-7775-6039
p.skladannyi@kubg.edu.ua

Martseniuk Yevhen

Head of the Office of the Department of Information and Cyber Security
Borys Grinchenko Kyiv University, Kyiv, Ukraine
ORCID ID: 0000-0002-7355-4333
y.martseniuk@kubg.edu.ua

EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF THE INFLUENCE OF SCREENS AND PROTECTIVE EQUIPMENT ON THE LEVEL OF ACOUSTIC SIGNAL IN A ROOM WITH GLASS AND METAL PLASTIC

Abstract. In the digital stage of world development, information is constantly expanding its facets. That is why the exchange of information is a leading component of constant change in life. Although humanity is gradually moving to the use of electronic technology, acoustic information still plays a key role in information circulation. This applies to official communication in public institutions up to the highest level, business contacts in commercial structures and private communication between people. The process of transmitting information in acoustic form has dangerous consequences. The use of appropriate devices, such as directional acoustic microphones or technical intelligence acoustic antennas, which may be outside the scope of the information activity, makes it possible to obtain unauthorized information that should not reach third parties. Therefore, the task of detecting and protecting information leakage channels, including acoustic ones, is gaining a new degree of importance every day. The protection of the premises or building, where acoustic information regularly circulates, provides a set of organizational and technical measures and means of protection of information circulation, taking into account the peculiarities of the location and arrangement of the object. This study involves the study of the dependence of the level of the acoustic signal on ways to prevent leakage of information through the acoustic channel, which includes vibration noise by means of technical protection and coverage of improvised materials (shielding) of enclosing structures of information activities (OID). The experiment determines the degree of influence of density, sound-absorbing properties of materials and their combinations on acoustic oscillations, the source of which is in the OID. The object of the study was a basic room, where the enclosing structures are walls with windows and doors, ceiling and floor. It is also worth noting that the acoustic signal measurements were not performed in complete silence, which directly affected the accuracy of the results. This step was taken in order to best reproduce the conditions in which criminals often work.



Keywords: information; acoustic signal; object of information activity (OID); microphone; information leakage channels; screening.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Ivanchenko, S. O., Havrylenko, O. V., Lypskyi, O. A., Shevtsov, A. S. (2016). Tekhnichni kanaly vytku informatsii. Poriadok stvorennia kompleksiv tekhnichnoho zakhystu informatsii. Instytut spetsialnoho zviazku ta informatsii Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy "Kyivskiy politekhnichnyi instytut". https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/15155/1/NP_Tekhnichni_kanaly_vytku_inf.pdf
2. Kataiev, V. S., Grycak, A. V., Leontiev, V. O., & Liahovchenko, N. V. (2016). Problemy aktyvnoho zakhystu informatsii vid vytku cherez vibroakustychni kanaly. Reiestratsiia, zberihannia i obrobka danykh, 18(3), 54–58. <https://doi.org/10.35681/1560-9189.2016.18.3.101220>
3. Torokyn A.A. Ynzhenerno-tekhnycheskaia zashchyta ynformatsyy, 2005. (b. d.). StudFiles. <https://studfile.net/preview/5815465/>
4. Kudinov, V. A., Khakhanovskiy, V. H., Smahliuk, V. M. ta in. (2013). Informatsiini tekhnolohii v pravozastosovnii diialnosti. Ministerstvo vnutrishnikh sprav Ukrainy, Natsionalna akademiia vnutrishnikh sprav. <https://nni1.naiu.kiev.ua/files/KIT/pidruchnik.doc>
5. Zaitsev, A. P., Meshcheriakov, R. V. ta in. (2009). Tekhnnycheskye sredstva y metody zashchyty ynformatsyy: Uchebnyk dlia vuzov. OOO «Yzdatelstvo Mashynostroenye».
6. Fyzycheskyi entsyklopedycheskyi slovar. (1984). Sovetskaia entsyklopedyia.
7. Vynohradova, M. B, Rudenok, O. V., Sukhorukov, A. P. (1990). Teoryia voln. Nauka.
8. Buriachok, V. L., Shevchenko, S. M., & Skladannyi, P. M. (2018). Virtual Laboratory for Modeling of Processes in Informational and Cyber Securities as a form of Forming Practical Skills of Students. Electronic Professional Scientific Edition «Cybersecurity: Education, Science, Technique», 2(2), 98-104. <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2018.2.98104>



This work is licensed under Creative Commons Attribution-noncommercial-sharealike 4.0 International License.