КІБЕРБЕЗПЕКА: освіта, наука, техніка
CYBERSECURITY: EDUCATION, SCIENCE, TECHNIQUE
№ 3(15), 2022
ISSN 2663 - 4023
DOI: 10.28925/2663-4023.2022.15.110123
УДК 004.49

Дудикевич Валерій Богданович
доктор технічних наук, професор
завідувач кафедри захисту інформації
Національний Університет "Львівська Політехніка", Львів, Україна
ORCID ID: 0000-0001-8827-9920
valerii.b.dudykevych@lpnu.ua

Опірський Іван Романович
доктор технічних наук, професор
професор кафедри захисту інформації
Національний Університет "Львівська Політехніка", Львів, Україна
ORCID ID: 0000-0002-8461-8996
ivan.r.opirskyi@lpnu.ua

Дзяний Назарій Ростиславович
асистент кафедри захисту інформації
Національний Університет "Львівська Політехніка", Львів, Україна
ORCID ID: 0000-0001-9101-3701
nazarii.r.dzianyi@lpnu.ua

Ракобовчук Лариса Маратівна
кандидат технічних наук, доцент
доцент кафедри захисту інформації
Національний Університет "Львівська Політехніка", Львів, Україна
ORCID ID: 0000-0001-9437-6137
larysa.m.rakobovchuk@lpnu.ua

Гаранюк Петро Ігорович
кандидат технічних наук, доцент
доцент кафедри захисту інформації
Національний Університет "Львівська Політехніка", Львів, Україна
ORCID ID: 0000-0002-7450-8881
petro.i.haraniuk@lpnu.ua

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ЛАЗЕРНОГО ДАТЧИКА ВІБРАЦІЇ ДЛЯ ПРОТИДІЇ ЛАЗЕРНИМ СИСТЕМАМ РОЗВІДКИ

Анотація. Одним з найуразливіших питань в технічному захисті інформації – це отримання даних, приватних або конфіденційних, за рахунок витоку по оптоелектронному каналу, основним джерелом отримання цих даних є лазерні системи акустичної розвідки або лазерні мікрофони. Від лазерних систем акустичної розвідки (ЛСАР) є активні та пасивні методи захисту. Активні методи використовують різні зашумлюючі або вібруючі пристрої, які створюють небезпеку для людського здоров'я. При пасивному захисті, зараз рекомендують використовувати або спеціальні гофровані вікна або повністю закриті ролети, що створюють певні незручності і тепер. Виявлення працюючого лазерного мікрофона дуже складне, а в ряді випадків технічно нездійсненно. Наприклад, зняття інформації за допомогою ЛСАР відбувається через скляні будівельні конструкції, як правило – вікна.. Ця стаття присвячена аналізу принципу дії лазерних систем акустичної розвідки та пасивних методів від зчитування акустичної інформації. Тріангуляційні лазерні датчики призначені для безконтактного вимірювання і контролю положення, переміщення, розмірів, профілю поверхні, деформацій, вібрацій, сортування, розпізнавання технологічних об'єктів, вимірювання рівня рідин і сипучих матеріалів. Відповідно їх можна використовувати для дослідження вібраційних властивостей скла і плівок, що на них нанесені. Описано методика роботи з лазерними триангуляційними датчиками вібрації, що дозволяє досліджувати відхилення скла різних виробників від звукових вібрацій, тим самим досліджувати анти

© В.Б. Дудикевич, І.Р. Опірський, Н.Р. Дзяний, Л.М. Ракобовчук, П.І. Гаранюк 2022

лазерні властивості існуючого скла, а також різних типів напилення та плівок. Крім того даний метод дозволяє проводити і перевіряти відхилення від звукових вібрацій для нових типів скла, плівок та напилення, доводячи результати спектральних досліджень і їхнього впливу на амплітуду вібрації скла. Проведено налаштування вібраційного датчика і проведено експериментальну оптимізацію параметрів програмного забезпечення для отримання найбільш істинних значень відхилення, що необхідно для роботи з напиленими зразками для пасивного захисту.

Ключові слова: лазерні системи акустичної розвідки, лазер, скло, вібрація, пасивний захист, відбивання, лазерний сигнал, протидія технічній розвідці.

ВСТУП

Одними з найнебезпечніших електронних пристроїв перехоплення мовної інформації можна вважати засоби дальньої розвідки, адже зловмиснику не потрібно мати доступу до приміщення і він легко здатен отримати потрібну йому інформацію[1-4]. До таких засобів належать спеціальні лазерні мікрофони, а канал витоку інформації з їх використанням називають оптико-електронним. Ці мікрофони здатні вловлювати коливання скла та інших блискучих поверхонь під дією акустичного поля, та в кінцевому результаті перетворити ці коливання на звук. Отримана мовна інформація може містити комерційні чи навіть державні таємниці. Тому захист від цих засобів сьогодні вважається актуальним, а проблема витоку інформації з використанням лазерних систем акустичної розвідки є об’єктом дослідження [5-8].

По-друге, виявлення працюючого лазерного мікрофона дуже складне, а в ряді випадків технічно нездійсненне. Стрімкий розвиток техніки та електроніки роблять реальним створення все більш компактних і більш досконалих систем. З'явилися відомості про створення ефективного дифузійного лазера, що дозволяє вести знімання сигналу із скла під досить великим кутом, практикується використання світлоповертаючих елементів. Отже, лазерні системи, при дотриманні ряду умов, можуть бути ефективним засобом технічної розвідки, хоча їх застосування пов'язане з певними труднощами і обмеженнями. Ефективний захист мовної інформації від ЛСАР забезпечується на сьогодні поєднанням активних і пасивних методів [9-10]. Безсумнівно, пасивні методи незамінні для реалізації захисту мовної інформації від ЛСАР. Як пасивний метод на цей час для захисту інформації від витоку з віконних шибок використовуються скло з витравленим рельєфом, зі спеціальним затемненням. Всі ці технології захисту передбачають збільшення розсіювання, або зменшення відбивання лазерного променя при зніманні інформації зі скла. На сьогоднішній день не розроблено технології які б повністю відповідали вимогам захисту мовної інформації від лазерного сканування. Повний захист здійснюється тільки завдяки використанню ролетів або жалюзі. Відповідно роботи в галузі технологій виготовлення скла з певними захисними властивостями, а також спеціальними захисними покриттями є актуальні.

Таким чином, постає питання розробки методу та засобу захисту, який зможе забезпечити достатню захищеність інформації, при цьому покращити зручність і комфортність проведення робіт та переговорів у приміщенні з меншими матеріально-фінансовими витратами.

Постановка проблеми.

Одним з найактуальніших та найперспективніших напрямків пасивного захисту від лазерних систем розвідки на сьогоднішній день є розробка різноманітних покриттів та відповідно спеціалізованих плівок. Проте на сьогоднішній день антилазерні покриття знаходяться в процесі розробки. Тому, розробки в цьому напрямку є актуальними і

необхідними. Тому ми пропонуємо розробки різних покриттів на скло, що унеможливлювали б зчитування інформації лазерним мікрофоном. Відповідно такі покриття на скло можуть мати не тільки захисні властивості від лазерних систем але й мати антиблікові властивості від лазерних систем. Тобто різні складові елементного складу скла та покриттів дозволяють збільшувати або зменшувати коефіцієнти відбивання, пропускання, поглинання і розсіювання, а також впливають на показник заломлення монохромного лазерного променя при його дії на скло або скло з покриттям.

Нами розроблено метод ренгенофлуоресцентного аналізу елементного складу скла і покриттів до скла, що дозволяє моделювати різні склади скла з добавкою необхідних елементів для досягнення характеристик за певними вимогами. Тобто різні складові елементного складу скла та покриттів дозволяють збільшувати або зменшувати коефіцієнти відбивання, пропускання, поглинання і розсіювання, а також впливають на показник заломлення монохромного лазерного променя при його дії на скло або скло з покриттям. Спектральний аналіз дозволить проаналізувати реакцію скла або скла з покриттями в залежності від його елементного складу на зміну коефіцієнтів пропускання та відбивання в широкому діапазоні довжин хвиль на яких працюють сучасні лазерні системи розвідки та детектування.

Даний метод відрізняється тим, що проблема зняття інформації вирішується не шляхом усунення самої можливості проникнення променя на вібруючу поверхню або вібракустичного зашумлення цієї поверхні, а шляхом унеможливлення або значного ускладнення перехоплення зловмисником вже відбитого променя. Такий підхід дозволить забезпечити покращення комфортності роботи при достатньому рівні захищеності інформації, оскільки усувається необхідність встановлення на вікнах та інших поверхнях приміщення спеціальних пристроїв віброакустичного захисту і, відповідно, зникають додаткові фонові акустичні шуми, а також відпадає необхідність встановлення оптично непрозорих конструкцій за типом металевих ролет, які б постійно закривали вікна під час роботи чи переговорів. Для підтвердження захисних властивостей скла і плівок необхідно провести додаткові експериментальні докази, одним з яких є запропонований метод на основі аналізу вимірювань з застосуванням триангуляційних датчків. Проте для підвищення істинності результатів необхідно провести дослідження з оптимізації параметрів налаштування самого методу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Одним з найвразливіших питань в технічному захисті інформації – це отримання даних, приватних або конфіденційних, за рахунок витоку по оптоелектронному каналу. Як відомо, основним джерелом отримання цих даних є лазерні системи акустичної розвідки. Дана вразливість отримала подальший розвиток і базується на тому, що об'єкти вібрують, коли стискаються зі звуковою хвилею. Вібрації створюють невеликі спалахи в рівному потоці світла. За запевненням дослідників, якщо використовувати досить потужні датчики, ці зміни в освітленості можна виявити, а потім реконструювати звукові хвилі, які впливали на поверхню лампочки [11].

У роботах [12-14] вітчизняні науковці розглядаються питання захисту мовної інформації від витоку за допомогою оптоелектронного каналу. Запропоновано пасивний метод, що використовує сонцезахисні віконні плівки. В результаті авторами зроблено висновок, що сонцезахисні покриття не дають бажаного ефекту як антилазерні. В роботі [15] описані плівки на основі мідних сполук що захищають вікна від випромінювання в ультрафіолетовому та видимому інфрачервоному діапазонах. Ці плівки працюють максимально ефективно в діапазоні 500 нм, що не може давати бажаний захист від сканування, тому що лазери працюють в діапазоні хвиль 650-3000 нм. Авторами роботи

ISSN 2663 - 4023

[16] проаналізовані варіанти для зменшення вібрації скла та запобігання лазерному прослуховуванню. В роботі розглянуто вплив конструкції склопакету на захисні властивості від лазерного сканування. Результати аналізу показують, що лише 1% вібрації скла передається віконними рамами, а все інше передається віконним склом. Було показано вплив антилазерних аерозолів на інтенсивність акустичних сигналів. Виявлено, що оптимальна сила сигналу корелює з кількістю абляційного матеріалу. Це дозволяє виконувати відповідне регулювання лазерного фокусу під час дискретизації для оптимальної абляції на основі інтенсивності звукового сигналу. Проаналізовані характеристики зворотного розсіювання об'єктів при дистанційній лазерній зйомці голосу [18]. Результати показують, що відновлена амплітуда голосового сигналу із збільшенням шорсткості поверхні поступово зменшується, Крім того, відновлена амплітуда голосового сигналу зростає зі збільшенням коефіцієнта загасання металу.

Мета статті.

Метою статті є дослідження та оптимізація програмного середовища та вхідних параметрів лазерного датчика вібрації для підтвердження анти лазерних властивостей скла та плівок при протидії лазерним системам акустичної розвідки.

Методологія дослідження.

Головною перевагою ЛСАР над іншими засобами розвідки є те, що вони дозволяють вирішувати задачі знімання мовної інформації максимально безпечно для зловмисника, оскільки виключається необхідність проникнення у приміщення з метою розміщення там закладних пристроїв. ЛСАР у спрощеному вигляді складається з лазерного випромінювача в інфрачервоному діапазоні та оптичного приймача. Принцип роботи цих пристроїв здійснюється таким чином. Лазерний випромінювач, за допомогою оптичного прицілу, направляється на плоску вібруючу поверхню (найкращим прикладом такої поверхні є шибка закритого вікна приміщення, в якому ведуться розмови), далі генерується лазерний промінь (високочастотний сигнал), що поширюється через атмосферу і падає на цю поверхню. Після він відбивається від віконного скла і при цьому модулюється за законом акустичного сигналу, який також впливає на скло, повторно долає атмосферу у зворотному напрямку і приймається фотоприймачем, що відновлює інформаційний сигнал (рис. 1). При відбитті лазерного променя від вібруючої поверхні відбувається його частотна, кутова і фазова модуляція.

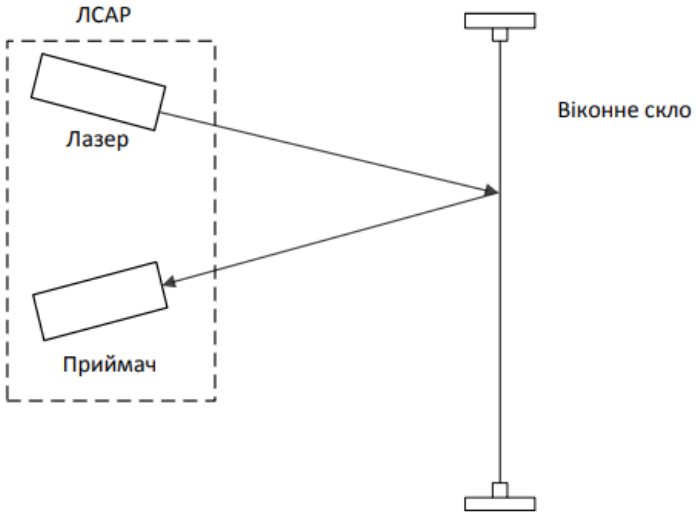

Рис. 1. Принцип зняття інформації з поверхні вікна приміщення

ISSN 2663 - 4023

Отже, 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.

В основу роботи датчика покладений принцип оптичної тріангуляції (рис. 2).

Випромінювання напівпровідникового лазера 1 фокусується об'єктивом 2 на об'єкті 6. Розсіяне на об'єкті випромінювання об'єктивом 3 збирається на CMOS лінійці 4. Переміщення об'єкта 6 - 6' викликає відповідне переміщення зображення. Процесор сигналів 5 розраховує відстань до об'єкта по положенню зображення світлової плями на лінійці 4.

Тріангуляційні лазерні датчики призначені для безконтактного вимірювання і контролю положення, переміщення, розмірів, профілю поверхні, деформацій, вібрацій, сортування, розпізнавання технологічних об'єктів, вимірювання рівня рідин і сипучих матеріалів. Відповідно їх можна використовувати для дослідження вібраційних властивостей скла і плівок, що на них нанесені.

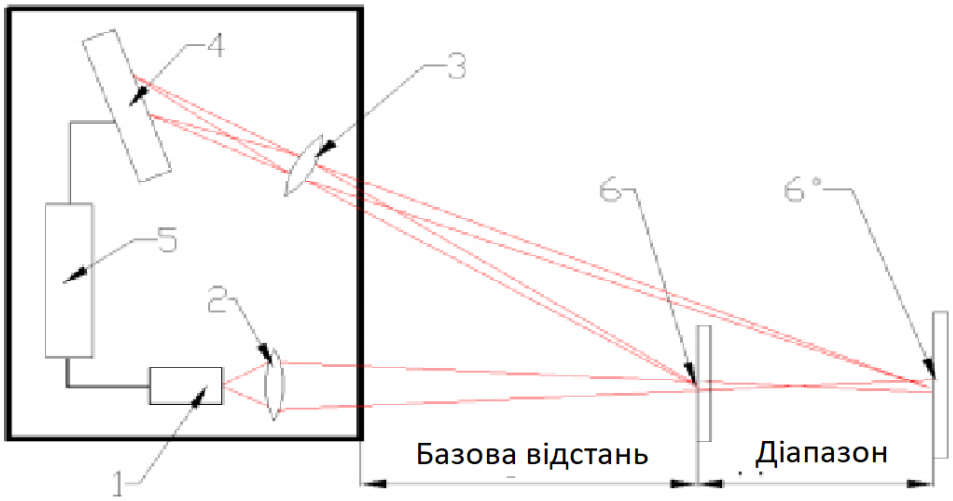

Рис. 2. Принцип оптичної тріангуляції

Серія включає 26 моделей датчиків з вимірювальним діапазоном від 2 до 1250 мм і базовим відстанню від 15 до 260 мм. Всі датчики доступні в двох версіях - на базі червоного лазера (660 нм) і на базі синього лазера (405 або 450 нм, версія BLUE). Використання синіх лазерів замість традиційних червоних істотно розширює можливості датчиків, зокрема, при контролі високотемпературних об'єктів, а також органічних матеріалів. В нашому дослідженні ми використовуємо датчик RF-603.

Загальні вимоги до установки.

Датчик встановлюється таким чином, щоб контрольований об'єкт розташовувався в зоні робочого діапазону датчика. Крім того, в області проходження падаючого на об'єкт і відбитого від нього випромінювання не повинно перебувати сторонніх предметів (необхідний простір для установки датчиків показано в таб. 1).

При контролі об'єктів складної форми і текстури необхідно мінімізувати потрапляння дзеркальної складової відбитого випромінювання у вхідний вікно датчика. Розміри лазерної плями для двох варіантів виконання (еліптична пляма і кругла пляма), а також параметри, що характеризують необхідну простір для проходження променів, представлені на рис.3).

ISSN 2663 - 4023

РФ603-	D, мкм			D1, мкм			D2, мкм			α, град	β, град	A, мм	B, мм
	SMR	MMR	EMR	SMR	MMR	EMR	SMR	MMR	EMR				
10/2	30	20	30	40	30	40	60	40	60				
39/4	110	140	110	90	110	80	190	470	80	38	42	27	37
15/5	100	40	100	200	60	200	300	80	300	45	53	15	25
15/10	250	50	250	350	80	350	700	90	700	49	50	17	30
25/10	200	50	200	300	80	300	650	90	650	38	40	19	29
60/10	200	60	200	250	80	250	700	90	700	27	30	30	39
15/15	400	60	400	450	100	450	1000	110	1000	50	46	18	32
30/15	300	70	300	350	80	350	900	120	900	35	35	20	32
65/15	220	80	220	250	90	250	850	130	850	25	25	39	39
25/25	400	60	400	500	70	500	1400	100	1400	42	35	23	36
45/25	400	70	400	450	80	450	1100	120	1100	31	28	27	39
80/25	250	80	250	350	90	350	800	130	800	21	21	31	40
35/30	500	70	500	550	80	550	1200	120	1200	38	31	26	37
55/30	350	60	350	450	90	450	800	130	1300	29	26	29	40
95/30	300	90	300	350	120	350	900	150	900	18	18	31	40
45/50	600	80	600	700	100	700	1600	130	2000	32	29	27	39
65/50	500	80	500	600	90	600	1100	140	1700	24	18	28	39
105/50	400	90	400	450	100	450	800	140	1300	17	14	31	39
60/100	700	70	700	900	80	900	2000	130	2500	28	15	31	43
90/100	700	100	700	900	120	900	1300	140	2300	17	9	28	39
140/100	600	120	600	650	140	650	1100	150	1700	12	10	31	43
80/250	1300	130	1300	1700	150	2400	2500	180	4000	21	7	32	43

Рис.3. Необхідний простір для установки датчиків

де, SMR - початок робочого діапазону, MMR – середина робочого діапазону, EMR - кінець робочого діапазону, MR - робочий діапазон.

Конфігураційні параметри.

Характер роботи датчика визначають його конфігураційні параметри, зміна яких проводиться тільки шляхом передачі команд через послідовний порт RS232 або RS485.

Граничний час накопичення: інтенсивність відбитого випромінювання, що надходить в датчик, залежить від властивостей поверхні контрольованого об'єкта, тому потужність випромінювання лазера і час накопичення випромінювання, що падає на CMOS-лінійку, автоматично регулюються з метою отримання оптимального сигналу і досягнення максимальної точності вимірювання. Параметр "граничний час накопичення" задає величину гранично допустимого часу накопичення лінійки. Якщо інтенсивність прийнятого датчиком випромінювання настільки мала, що за час накопичення, рівне граничному часу, не одержали результат, датчик передає нульове значення.

Примітка 1. Від величини часу накопичення приймальні лінійки залежить частота оновлення результату. Максимальна частота (9,4 кГц) досягається для часу накопичення 106 мкс (мінімально можливий час накопичення - 3 мкс). При збільшенні часу накопичення понад 106 мкс частота оновлення результату пропорційно зменшується.

Збільшення даного параметра розширює можливості контролю слабовідображаючих (дифузна складова) поверхонь, проте зменшує частоту оновлення результату вимірювання і збільшує вплив зовнішнього засвічення (фону) на точність вимірювання. Граничний час накопичення - 3200 мкс.

Зменшення даного параметра дозволяє підвищити результуючу частоту оновлення результату, але може привести до зниження точності вимірювання.

Налаштування з'єднання з датчиком.

Після запуску програми з'являється робоче вікно (рис. 4) :

КІБЕРБЕЗПЕКА: освіта, наука, техніка
CYBERSECURITY: EDUCATION, SCIENCE, TECHNIQUE
№ 3 (15), 2022
ISSN 2663 - 4023

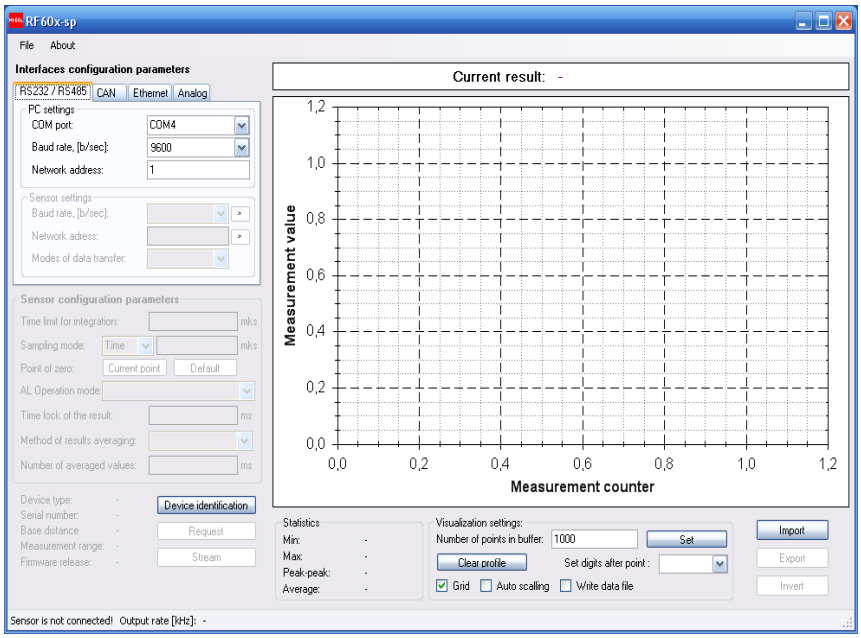

Рис. 4. Робоче вікно програми rf60x-sp

Для установки з'єднання по RS232 / RS485 інтерфейсів необхідно у вкладці RS232 / RS485 PC settings панелі Interface configuration parameters:

- Вибрати COM-порт, до якого підключений датчик (віртуальний порт, у випадку підключення датчика через USB-адаптер).
- Вибрати швидкість передачі (Baud rate), на якій працює датчик.
- Вибрати, при необхідності, мережевий адресу датчика.
- Натиснути кнопку Device identification.

Якщо встановлені параметри відповідають параметрам інтерфейсу датчика, програма виконає ідентифікацію датчика, зчитає і відобразить його конфігураційні параметри (рис. 5).

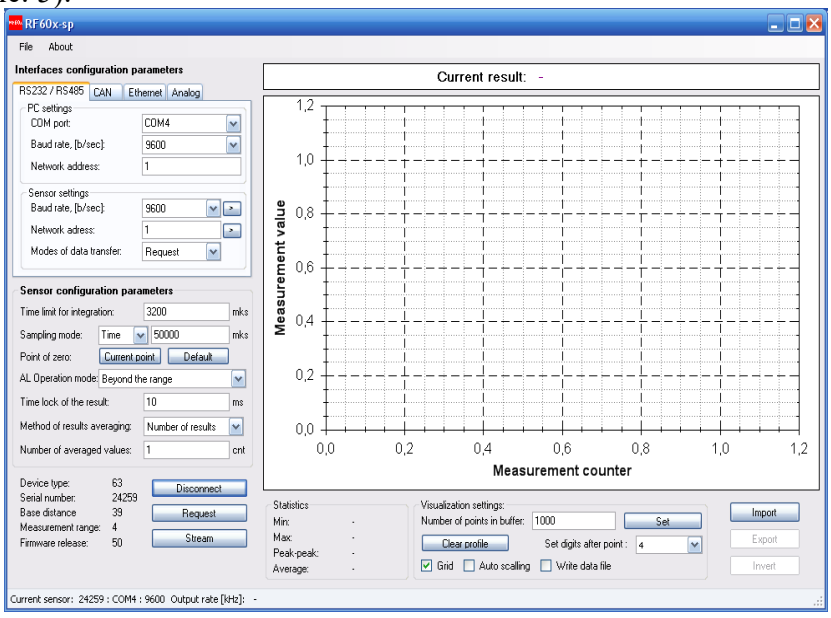

Рис 5. Робочий інтерфейс після успішної ідентифікації

ISSN 2663 - 4023

Якщо зв'язок не встановлений, видається повідомлення з пропозицією провести автоматичний пошук датчика (рис. 6):

- У рядку Baud rate встановити діапазон пошуку швидкості передачі
- У рядку Net address встановити діапазон пошуку мережевої адреси.
- Натиснути кнопку Search.

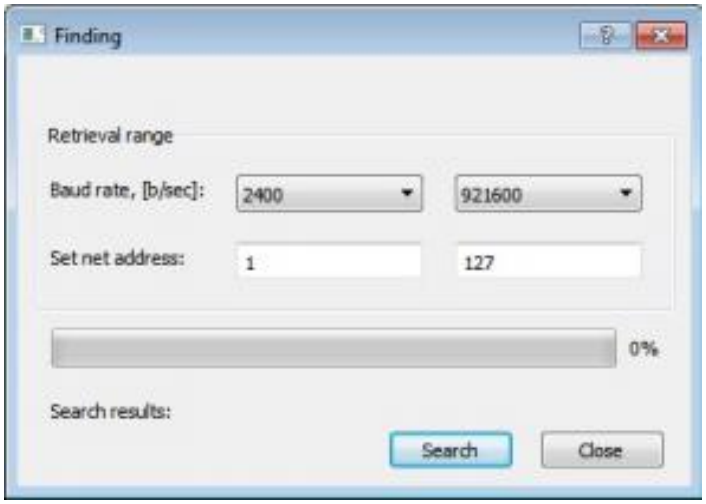

Рис 6. Вікно автоматичного пошуку датчика

Програма виконає автоматичний пошук датчика шляхом перебору можливих швидкостей, мережевих адрес і COM-портів ПК.

Після успішної ідентифікації перевіряємо працездатність датчика:

- Встановлюємо об'єкт в області робочого діапазону датчика.
- Натискання кнопки Request виводить на панель індикації (Current result) результат одиничного вимірювання.
- Натискання кнопки Stream переводить датчик в режим передачі потоку даних (рис. 7).
- Переміщаючи об'єкт, спостерігаємо зміну показань (рис. 8).
- У статусному рядку в нижній частині вікна відображаються поточні швидкість передачі і швидкість відновлення даних.

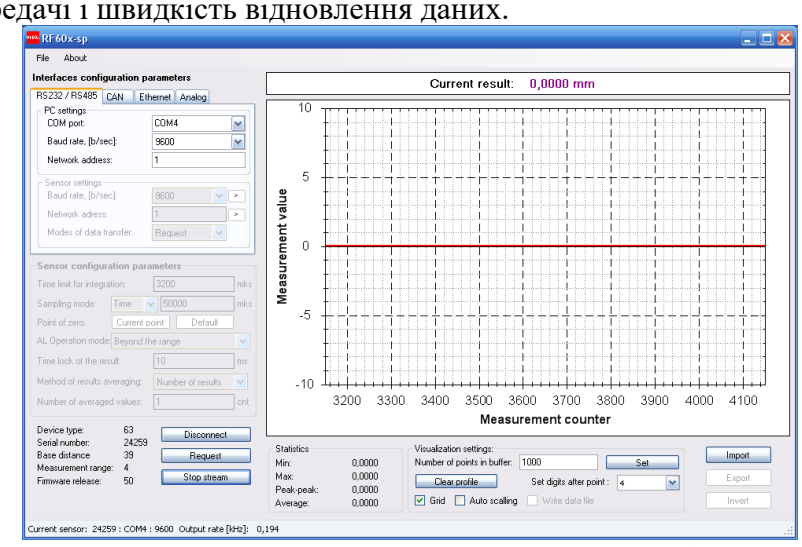

Рис 7.Робоче вікно після натискання кнопки Stream

КІБЕРБЕЗПЕКА: освіта, наука, техніка
CYBERSECURITY: EDUCATION, SCIENCE, TECHNIQUE
№ 3 (15), 2022
ISSN 2663 - 4023

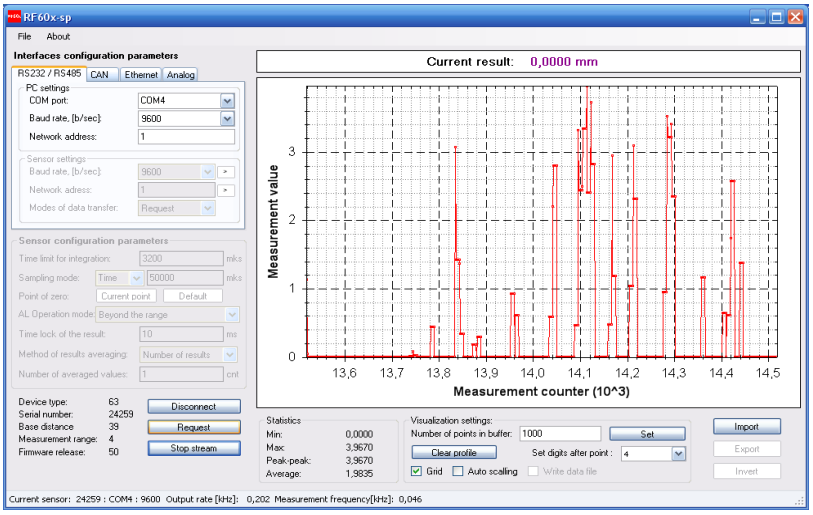

Рис 8. Зміни показників переміщуючи об'єкт

Натискання кнопки Stop stream зупиняє передачу даних.

Експериментальна частина.

Перед проведенням експерименту було перевірено роботу тріангуляційного датчика вібрації на різних частотах за певний період часу.

На рис. 9. представлена пробна залежність роботи тріангуляційного датчика вібрації при налаштуванні наступних параметрів персонального комп'ютера (ПК):

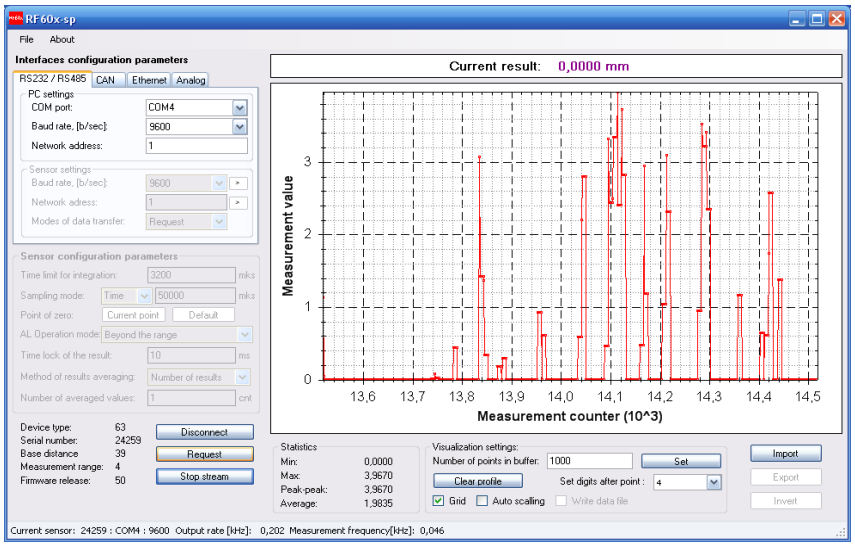

Рис. 9. Відносна залежність відбивання лазерного сигналу з довжиною хвилі 660 нм на частотах імпульсу від 0,046 кГц до 0,202 кГц за період часу від 13,5с до 14,5 с.

Для випробовування оптимальних режимів датчика було задіяно три зразки: чисте скло, і зразки з певним набором напилених елементів.

На рис. 10-12 представлені залежності, які ми отримали в результаті роботи датчика. Мінімальні та максимальні потужності та періоди виявлення тих сигналів в секундах, виведені нами в таблицю 1.

ISSN 2663 - 4023

Таблиця 1.

Експериментальні результати вимірювання

№	Зразок	Рвід, min	Рвід, max	Період, сек
1	Чистий	2,6282	3,1966	5
2	Б-1, скло №10	1,2066	1,4475	3,4
3	Pr Просвіта 500-950 нм	0,991	1,4172	6,5

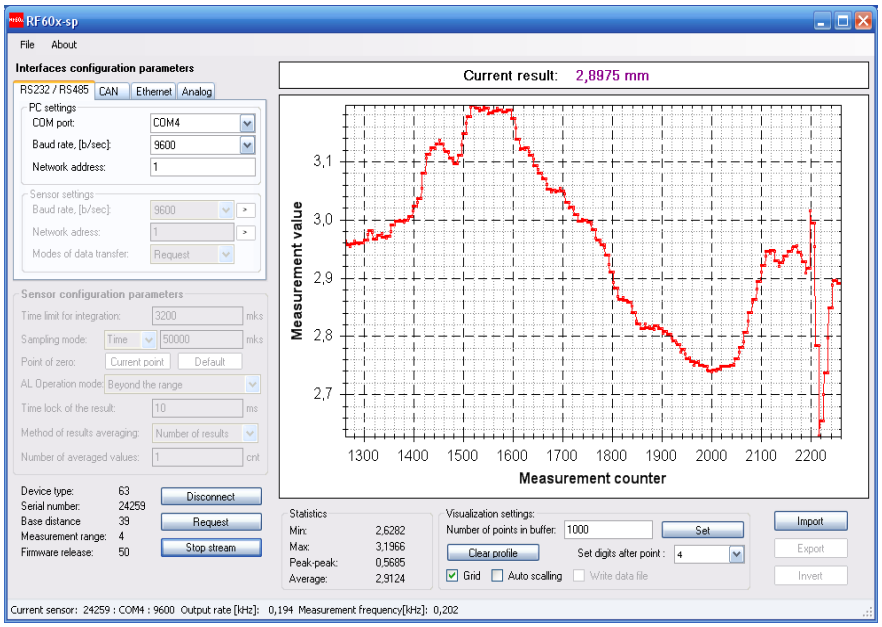

Рис. 10. Результати вимірювань зразка №1

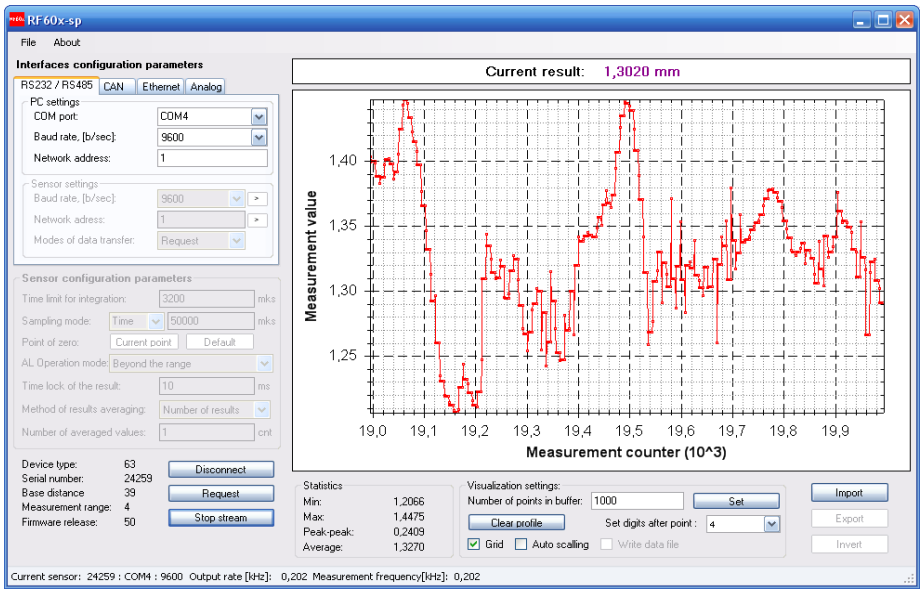

Рис. 11. Результати вимірювань зразка №2

ISSN 2663 - 4023

Рис. 12. Результати вимірювань зразка №3

Виходячи з отриманих даних можна сказати, що найкращі характеристики отримані при частоті 0,202 кГц і при періоді від 3 с до 6 с. Отримані результати можна використовувати при налаштуванні триангуляційних датчиків при дослідженні впливу антилазерних (антивібраційних) властивостях скла різної марки або хімічного складу на довжині хвилі 660нм.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Одним з найуразливіших питань в технічному захисті інформації – це отримання даних, приватних або конфіденційних, за рахунок витоку по оптоелектронному каналу, основним джерелом отримання цих даних є лазерні системи акустичної розвідки або лазерні мікрофони. Виявлення працюючого лазерного мікрофона дуже складне, а в ряді випадків технічно нездійсненно. Наприклад, зняття інформації за допомогою ЛСАР відбувається через скляні будівельні конструкції, як правило – вікна. Тому, розробки в цьому напрямку є актуальними і необхідними. Є методи захисту активні та пасивні. Активні методи використовують різні зашумлюючі або вібруючі пристрої, які створюють небезпеку для людського здоров'я. При пасивному захисті, зараз рекомендують використовувати або спеціальні гофровані вікна або повністю закриті ролети, що створюють певні незручності і тепер. В нашій роботі ми здійснювали дослідження щодо удосконалення та підвищення точності шляхів вимірювання анти лазерних властивостей скла. В роботі були отримані такі результати:

1. Проаналізувавши принципи дії лазерних систем акустичної розвідки та пасивні методи захисту від зчитування мовної інформації можна сказати, що використання різних типів плівок (напилених або наклеєних на скло) є актуальним в цій галузі.

2. Описано методика роботи з лазерними триангуляційними давачами вібрації, що дозволяє досліджувати антилазерні властивості скла і напилення на склу за допомогою цих датчиків.

3. Було проведено налаштування вібраційного датчика і оптимізовано інтерфейс для роботи з напиленими зразками для пасивного захисту. Виходячи з отриманих даних можна сказати, що найкращі характеристики отримані при частоті 0,202 кГц і при періоді від 3 с до 6 с. Отримані результати можна використовувати при налаштуванні

триангуляційних датчиків при дослідженні впливу антилазерних (антивібраційних) властивостях скла різної марки або хімічного складу на довжині хвилі 660нм.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1 Браіловський, М. М., Іванченко, І. С., Опірський, І. Р., Хорошко, В. О. (2019). Інформаційно-психологічне протиборство в Україні. *Безпека інформації*, *25*(3), 144–149.

2 Khoroshko, V., Artemov, V., Opirskyi, I., Brailovskyi, N., Ivanchenko, I. Information war in Ukraine. *Scientific and Practical Cyber Security Journal (SPCSJ)*, *4*(4), 28–34.

3 Opirsky, I. R., Tkach, Y. M., Khoroshko, V. O. (2020). Cyber attacks detection in information networks. *Informatics and Mathematical Methods in Simulation*, *10*(3-4), 177–189. https://doi.org/10.15276/imms.v10.no3-4.177.

4 Опірський, І.Р. (2014). Особливості процедури прогнозування несанкціонованого доступу. *Захист інформації, Спецвипуск*, 74–80.

5 Лазерные микрофоны – универсальное средство разведки или очередной миф. http://confident.org.ua/index.php/stati-po-teme/189-lazernye-ikrofony-universalnoe-sredstvo-razvedki-ili-ocherednoj-mif.html

6 Пасивний захист інформації від лазерного зондування. http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/23312/1/19-118-123.pdf

7 Метод активного захисту інформації від зняття лазерними системами акустичної розвідки. http://193.178.34.32/index.php/ZI/article/download/13545/19094

8 Вплив параметрів акустичного сигналу на амплітуду коливань вібруючої поверхні. http://ctp.uad.lviv.ua/images/ktd/32_partyka.pdf

9 Принципи зняття звукової інформації зі скла і її захист. http://ua.nauchebe.net/2012/09/principi-znyattyazvukovo%D1%97-informaci%D1%97-zi-skla-i-%D1%97%D1%97-zaxist/

10 Лазерные триангуляционные датчики https://riftek.com/media/documents/rf60x/manuals/Laser_Triangulation_Sensors_RF603

11 Nassi, B., Pirutin, Y., Shamir, A., Elovici, Y., Zadov, B. (2020). Lamphone: Real-Time Passive Sound Recovery from Light Bulb Vibrations. *IACR Cryptol. ePrint Arch.*, 708. https://eprint.iacr.org/2020/708.pdf

12 AHorev, A., Savin, A. (2021b). Efficiency Research of Sun Protection Window Films for Speech Information Protection from LEAKAGE by Optoelectronic Channel. У *2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (ElConRus)*. IEEE. https://doi.org/10.1109/elconrus51938.2021.9396253.

13 Abramov, P. I., Kuznetsov, E. V., Skvortsov, L. A. (2017). Prospects of using quantum-cascade lasers in optoelectronic countermeasure systems: review. *Journal of Optical Technology*, *84*(5), 331. https://doi.org/10.1364/jot.84.000331

14 Klochko, N. P., Barbash, V. A., Klepikova, K. S., Kopach, V. R., Tyukhov, I. I., Yashchenko, O. V., Zhadan, D. O., Petrushenko, S. I., Dukarov, S. V., Sukhov, V. M., Khrypunova, A. L. (2021). Biodegradable flexible transparent films with copper iodide and biomass-derived nanocellulose for ultraviolet and high-energy visible light protection. *Solar Energy*, *220*, 852–863. https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.04.014.

15 Zeng, Y., Pan, P., Cao, Y., Ai, H. (2021). Test and analysis of window vibration for anti-laser-eavesdropping. *Applied Acoustics*, *176*, 107871. https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2020.107871

16 Kradolfer, S., Heutschi, K., Koch, J., & Günther, D. (2021). Listening with Curiosity – Tracking the Acoustic Response of Portable Laser Ablation. *CHIMIA International Journal for Chemistry*, *75*(4), 300–304. https://doi.org/10.2533/chimia.2021.300

17 Li, L., Zeng, H., Zhang, Y., Kong, Q., Zhou, Y., Liu, Y. (2014). Analysis of backscattering characteristics of objects for remote laser voice acquisition. *Applied Optics*, *53*(5), 971. https://doi.org/10.1364/ao.53.000971

КІБЕРБЕЗПЕКА: освіта, наука, техніка
CYBERSECURITY: EDUCATION, SCIENCE, TECHNIQUE
№ 3 (15), 2022
ISSN 2663 - 4023

Valery B. Dudykevych
Dc.S, Professor, Head of Information Protection Department
Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID ID: 0000-0001-8827-9920
valerii.b.dudykevych@lpnu.ua

Ivan R. Opirskyy
Dc.S., Professor, Professor of Information Security Department
Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID ID: 0000-0002-8461-8996
ivan.r.opirskyi@lpnu.ua

Nazariy R. Dzianyi
Assistant of of Information Security Department
Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID ID: 0000-0001-9101-3701
nazarii.r.dzianyi@lpnu.ua

Larysa M. Rakobovchuk
Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of Information Protection
Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID ID: 0000-0001-9437-6137
larysa.m.rakobovchuk@lpnu.ua

Petro I. Garanyuk
Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of Information Protection
Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID ID: 0000-0002-7450-8881
petro.i.haraniuk@lpnu.ua

RESEARCH OF OPTIMIZATION OF LAMES OF THE LASER SENSOR OF VIBRATION TO COUNTER LASER INTELLIGENCE SYSTEMS

Abstract. One of the most vulnerable issues in the technical protection of information is the receipt of data, private or confidential, due to leakage through the optoelectronic channel, the main source of data is laser acoustic intelligence systems or laser microphones. There are active and passive methods of protection against laser acoustic reconnaissance systems (ACS). Active methods use various noisy or vibrating devices that pose a danger to human health. With passive protection, it is recommended to use either special corrugated windows or completely closed shutters, which create some inconvenience now. Detecting a working laser microphone is very difficult and in some cases technically impossible. For example, the removal of information using ACS occurs through glass building structures, usually windows. This article is devoted to the analysis of the principle of operation of laser systems of acoustic intelligence and passive methods of reading acoustic information. Triangulation laser sensors are designed for non-contact measurement and control of position, movement, size, surface profile, deformation, vibration, sorting, recognition of technological objects, measuring the level of liquids and bulk materials. Accordingly, they can be used to study the vibrational properties of glass and films applied to them. It is described the method of working with laser triangulation vibration sensors, which allows to study the deviations of glass from different manufacturers from sound vibrations, thereby investigating the anti-laser properties of existing glass, as well as different types of spraying and films. In addition, this method allows you to conduct and test deviations from sound vibrations for new types of glass, films and spraying, proving the results of spectral studies and their impact on the amplitude of vibration of the glass. The vibration sensor was adjusted and the software parameters were experimentally optimized to obtain the truest deviation values required to work with sprayed samples for passive protection.

Key words: laser acoustic intelligence systems, laser, glass, vibration, passive protection, reflection, laser signal, counteraction to technical intelligence.

REFERENCES

1 Brailovskyi, M. M., Ivanchenko, I. S., Opirskyi, I. R., Khoroshko, V. O. (2019). Informatsiino-psykholohichne protyborstvo v Ukraini. Bezpeka informatsii, 25(3), 144–149.

2 Khoroshko, V., Artemov, V., Opirskyi, I., Brailovskyi, N., Ivanchenko, I. Information war in Ukraine. *Scientific and Practical Cyber Security Journal (SPCSJ)*, *4*(4), 28–34.

3 Opirsky, I. R., Tkach, Y. M., Khoroshko, V. O. (2020). Cyber attacks detection in information networks. *Informatics and Mathematical Methods in Simulation*, *10*(3-4), 177–189. https://doi.org/10.15276/imms.v10.no3-4.177.

4 Opirskyi, I.R. (2014). Osoblyvosti protsedury prohnozuvannia nesanktsionovanoho dostupu. Zakhyst informatsii, Spetsvypusk, 74–80.

5 Lazernyye mikrofony – universal'noye sredstvo razvedki ili ocherednoy mif. http://confident.org.ua/index.php/stati-po-teme/189-lazernye-ikrofony-universalnoe-sredstvo-razvedki-ili-ocherednoj-mif.html

6 Pasyvnyi zakhyst informatsii vid lazernoho zonduvannia. http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/23312/1/19-118-123.pdf

7 Metod aktyvnoho zakhystu informatsii vid zniattia lazernymy systemamy akustychnoi rozvidky. http://193.178.34.32/index.php/ZI/article/download/13545/19094

8 Vplyv parametriv akustychnoho syhnalu na amplitudu kolyvan vibruiuchoi poverkhni. http://ctp.uad.lviv.ua/images/ktd/32_partyka.pdf

9 Pryntsypy zniattia zvukovoi informatsii zi skla i yii zakhyst. http://ua.nauchebe.net/2012/09/principi-znyattyazvukovo%D1%97-informaci%D1%97-zi-skla-i-%D1%97%D1%97-zaxist/

10 Lazernyye triangulyatsionnyye datchiki https://riftek.com/media/documents/rf60x/manuals/Laser_Triangulation_Sensors_RF603

11 Nassi, B., Pirutin, Y., Shamir, A., Elovici, Y., Zadov, B. (2020). Lamphone: Real-Time Passive Sound Recovery from Light Bulb Vibrations. *IACR Cryptol. ePrint Arch.*, 708. https://eprint.iacr.org/2020/708.pdf

12 AHorev, A., Savin, A. (2021b). Efficiency Research of Sun Protection Window Films for Speech Information Protection from LEAKAGE by Optoelectronic Channel. У *2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (ElConRus)*. IEEE. https://doi.org/10.1109/elconrus51938.2021.9396253.

13 Abramov, P. I., Kuznetsov, E. V., Skvortsov, L. A. (2017). Prospects of using quantum-cascade lasers in optoelectronic countermeasure systems: review. *Journal of Optical Technology*, *84*(5), 331. https://doi.org/10.1364/jot.84.000331

14 Klochko, N. P., Barbash, V. A., Klepikova, K. S., Kopach, V. R., Tyukhov, I. I., Yashchenko, O. V., Zhadan, D. O., Petrushenko, S. I., Dukarov, S. V., Sukhov, V. M., Khrypunova, A. L. (2021). Biodegradable flexible transparent films with copper iodide and biomass-derived nanocellulose for ultraviolet and high-energy visible light protection. *Solar Energy*, *220*, 852–863. https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.04.014.

15 Zeng, Y., Pan, P., Cao, Y., Ai, H. (2021). Test and analysis of window vibration for anti-laser-eavesdropping. *Applied Acoustics*, *176*, 107871. https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2020.107871

16 Kradolfer, S., Heutschi, K., Koch, J., Günther, D. (2021). Listening with Curiosity – Tracking the Acoustic Response of Portable Laser Ablation. *CHIMIA International Journal for Chemistry*, *75*(4), 300–304. https://doi.org/10.2533/chimia.2021.300

17 Li, L., Zeng, H., Zhang, Y., Kong, Q., Zhou, Y., Liu, Y. (2014). Analysis of backscattering characteristics of objects for remote laser voice acquisition. *Applied Optics*, *53*(5), 971. https://doi.org/10.1364/ao.53.000971

(cc) BY-NC-SA

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