

АНАЛІЗ ЗАХИСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУЧАСНИХ ВИДІВ СКЛА В ШИРОКОМУ ДІАПАЗОНІ ЧАСТОТ ПО АКУСТИЧНОМУ КАНАЛУ ВИТОКУ

В.Б. Дудикевич, І.С. Собчук, П.І. Гаранюк, В.О. Ракобовчук, В.А. Дей

Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. С. Бандери, 12, Львів-13, 79013, Україна; e-mail: garanyuk@gmail.com

Досліджено можливості використання захисних характеристик сучасних видів скла в широкому діапазоні частот від акустичних витоків. За допомогою рентгенофлуоресцентного методу проведено аналіз складу хімічних елементів і відповідних їм масових концентрацій з похибкою визначення 0.01% масової частки для скла Saint-Gobain Diamant 6мм та Guardian float Guard 6мм. Проведено аналіз оптичних характеристик сучасних захисних плівок методом спектрофотометрії.

Ключові слова: лазерні системи активної розвідки, скло, захисна плівка, рентгенофлуоресцентний метод, метод спектрофотометрії, оптичні характеристики, склад хімічних елементів скла.

Вступ

Проблема протидії зніманню інформації з використанням лазерного випромінювання залишається актуальною і в той же час однією з найменш вивчених в порівнянні з іншими менш «екзотичними» засобами промислового шпигунства.

Особлива привабливість лазерних систем обумовлена тим, що вони дозволяють знімання мовної інформації максимально безпечно, на відстані, опосередковано, уникаючи необхідності присутності в приміщеннях з метою розміщення там підслуховування, що завжди пов'язане з ризиком. Крім того, і виявлення працюючого лазерного мікрофона дуже складне, а в ряді випадків технічно нездійсненно.

Система SIPE LASER 3-DA SUPER виробництва США використовує в якості джерела випромінювання гелій-неоновий лазер. Наводка приладу на віконне скло здійснюється за допомогою телескопічного візира, а знімання мовної інформації з віконних рам з подвійними склом з гарною якістю забезпечується з відстані до 250 метрів. Лазерний пристрій HPO150 фірми HEWLETT PACKARD забезпечує реєстрацію розмов, що ведуться в приміщеннях, на дальності до 1000 м [1].

Забезпечення захисту мовної інформації від «лазерних мікрофонів» може здійснюватися засобами активного захисту у складі генератора шуму та вібровипромінювача, закріпленого на шибці вікна. Наявність такого вібровипромінювача на вікні розкриває факт застосування засобу захисту від «лазерного мікрофону», що може бути небажано. Таким чином, виникає потреба у приховуванні засобу захисту. Крім того, обмежена маса вібровипромінювача не дає змогу створювати достатню амплітуду коливань шибки на низьких частотах [2,3]. Тому розробка методів захисту від лазерних систем акустичної розвідки (ЛСАР) є актуальною в сфері захисту інформації.

Метою роботи є дослідження використання захисних характеристик сучасних видів скла в широкому діапазоні частот від інформаційних витоків.

Структура та характеристики захисних плівок

Класифікація захисних плівок за технологію виготовлення та прозорістю приведена на рис.1. Найбільш актуальними для цілей захисту інформації слід вважати металізовані та спатерні плівки, які здатні відбивати ближнє та середнє інфрачервоне випромінювання, що може бути застосовано для блокування зчитування вібрацій скла за допомогою лазерного променя. Сучасні системи лазерного зчитування працюють в діапазоні 750 - 840 нм [4].

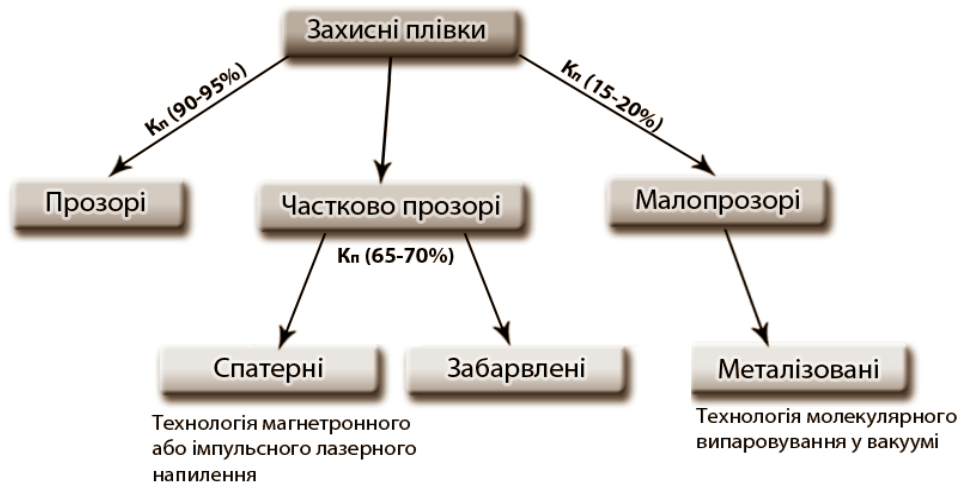


Рис.1. Класифікація захисних плівок за прозорістю та технологію виготовлення, K_p – коефіцієнт прозорості

Плівки «Signals Defenses» – це оптично прозорі, послаблюючі радіочастотні хвилі та інфрачервоне випромінювання віконні плівки. Застосування плівок на склі забезпечує приватність, захист даних та акустичної інформації. При необхідності вони можуть мати ударостійкі та вибухостійкі властивості.

З 2000 року плівки «Signals Defenses» застосовуються урядом США для послаблення радіочастотних сигналів та оптичного випромінювання інфрачервоного спектру з одночасно високим коефіцієнтом пропускання в діапазоні видимого світла і низьким коефіцієнтом відбивання. Це зменшує вплив пристроїв, які працюють в цих діапазонах, зокрема лазерних мікрофонів.

Оскільки плівки забезпечують високе послаблення радіочастотних сигналів та оптичного випромінювання інфрачервоного спектру, це дозволяє встановлювати вікна на об'єктах інформаційної безпеки. Вони встановлені більш як на 400 урядових об'єктах США. Міністерством оборони США було зазначено, що застосування плівки «Signals Defenses» – найдешевший спосіб зменшити велику кількість підслуховуючих та шпигунських засобів[5].

Плівка SD2500 відповідає високим вимогам, встановленим Агентством національної безпеки США, в той час як плівки SD1000 і SD2500 задовольняють вимоги, описані в директивах Розвідувального співтовариства та інші урядові організації США.

Варто зазначити, що плівки «Signals Defenses», за рахунок послаблення радіочастотних сигналів забезпечують захист від бездротових технологій передачі даних включно з Wireless LAN або 802.11, застосовуючи принцип «безпеки за рахунок відмови», а саме унеможливаючи проникнення радіочастотних хвиль в приміщення.

У табл.1 наведено дані випробувань з використання у сфері захисту інформації, які підтверджують високу ефективність деяких видів плівок для захисту приміщень від витоку інформації через вікна оптико-електронним каналом.

Таблиця 1.

Оптичні характеристики плівок

Плівка, (фірма, країна)	Назва плівки, марка	Діапазон випромінювання, нм	Кпроп, %	Котр, %	Кпогл, %	Оптична прозорість, %
Signals Defenses (ASTIC Signals Defenses, США) [9]	Signals Defenses, SD2500	800 -2500	<1			53
	SD1000		<3			70
LLumar (CPFilms, США) [10]	R 20 SR CDF	400 - 800	12	55	33	63
	R 15 GO SR HPR					60
Solar Gard (Solar Gard Corporate, США) [11]	4MIL Solar Bronze 175	800 -2500	9	50	41	18
	8MIL Silver 80		10	51	39	14
	4MIL Silver 80		11	52	37	17
	2MIL Clear		83	8	9	89
	8MIL Clear		82	9	9	89
	SD100		10			70

*4MIL – 100 мікрон, 84MIL – 200 мікрон

Для захисту скла від дії ЛСАР була випробувана плівка SMC 12, яка використовується для захисту вікон банківських структур та комерційних підприємств.

SMC 12 – це прозора плівка для захисту скла від руйнування. Вона складається з двох шарів прозорого поліестера. Крім того плівка містять антиподряпинний шар та інсталяційний клей. Інсталяційний клей являє собою стійкий до перепадів температури акриловий шар, що самоклеїться та містить УФ поглиначі і стабілізатори рис.2.

Експериментальні методи

Дослідження оптичних характеристик проводилося за допомогою спектрофотометра Shimadzu UV-3600.

Цей прилад призначений для проведення спектральних досліджень в надзвичайно широкій області спектра. Дозволяє проводити вимірювання поглинання, пропускання і віддзеркалення різних зразків в широкій області спектра, від 185 нм до 3300 нм.

Спектрофотометр компанії Shimadzu модель UV-3600 являє собою прилад, що працює в УФ, в інфрачервоному діапазоні ближнього і видимого спектра. Параметри виміральної системи володіють високим ступенем чутливості, малої похибкою вимірювань і мінімальним ступенем розкиду пучків світла[6].

Спектрофотометр укомплектований 3 детекторами: PMT детектор (ФЕУ) для ультрафіолетової і видимої області спектра, *InGaAs* і *PbS* детектори для ближньої ІЧ – області спектра. *InGaAs* автоматично починає працювати в тих областях спектра, в

яких чутливість детекторів РМТ – PbS дуже низька, що дозволяє досягати вкрай низького рівня розсіяного світла.



Рис.2. Структура плівки SMC 12

Зручне програмне забезпечення UVProbe дає можливість працювати в режимах:

- спектральний – реєстрація поглинання, пропускання або відбиття, сканування по довжині хвилі з можливістю подальшої обробки спектра (визначення положення максимумів і мінімумів, арифметичні операції, розрахунок площі, згладжування, зворотні величини, логарифмування, похідна з 1 до 4 порядку);
- фотометричний (кількісний) – вимірювання на одній або декількох (до 3) обраних довжинах хвиль, побудова градуовальної кривої методом К-фактора, однокрапковим або многоточечним;
- кінетичний – реєстрація зміни вимірюваної величини в часі;
- генератор звітів – вільне або за шаблоном розміщення матеріалу (спектри, таблиці, коментарі та ін.).

Всі режими вимірювання програмного забезпечення включають в себе різноманітну обробку отриманих даних і проведення математичних операцій. Поряд зі спектральним і фотометричним можливе вимірювання і в кінетичному режимі.

Елементарний аналіз скла було проведено на рентгенофлуоресцентному аналізаторі елементарного складу «EXPERT 3L» [7]

Рентгенофлуоресцентний метод полягає в тому, що на зразок діє первинне рентгенівське випромінювання, під впливом якого виникає вторинне випромінювання зразка, характер якого залежить від якісного та кількісного складу аналізованої речовини. Універсальне градування, яке зберігається на весь період роботи приладу, дає можливість не тільки експлуатувати аналізатор без застосування стандартних зразків, але й без попереднього налаштування і калібрування виконувати багатоелементний якісний і кількісний аналіз зразків будь-якого (зокрема невідомого) складу і довільної форми.

Кожен разок був встановлений у вимірювальну камеру, ми запустили програму і через 40-600 с. отримати його спектр та склад хімічних елементів і відповідних їм масових концентрацій з похибкою визначення 0.01% масової частки.

Результати та їх обговорення

Для досліджень було вибрано найбільш популярні зразки скла ринку України, а саме Saint-Gobain Diamant 6мм [8] та Guardian float Guard 6мм [9].

Після встановлення кожного зразка у вимірювальну камеру рентгенофлуоресцентного аналізатора елементарного складу «EXPERT 3L» і запуску програми, через деякий час ми отримали спектр та склад хімічних елементів і відповідних їм масових концентрацій з похибкою визначення 0.01% масової частки, які можна переглянути в таблиці 2.

Таблиця 2.

Склад хімічних елементів і відповідних їм масових концентрацій скла Saint-Gobain та Guardian

Saint-Gobain 6		Guardian 6	
Елемент	Мас. доля, %	Елемент	Мас. доля, %
14Si	55.248±0.257	14Si	57.349±0.280
20Ca	41.427±0.198	20Ca	37.108±0.185
11Na	2.251±0.428	11Na	2.378±0.400
16S	0.372±0.043	12Mg	2.093±0.226
22Ti	0.101±0.017	16S	0.321±0.044
26Fe	0.476±0.007	22Ti	0.085±0.017
30Zn	0.004±0.001	26Fe	0.482±0.007
33As	0.003±0.001	28Ni	0.004±0.001
38Sr	0.066±0.001	37Rb	0.004±0.001
40Zr	0.027±0.001	38Sr	0.057±0.001
50Sn	0.024±0.003	39Y	0.004±0.001
		40Zr	0.019±0.001
		41Nb	0.005±0.001
		47Ag	0.007±0.002
		50Sn	0.022±0.003
		51Sb	0.023±0.004
		53I	0.039±0.008

При аналізі зразків на домішки, було виявлено, що вміст таких елементів, як Mg, Na, S, Fe, Ti у зразках скла Saint-Gobain та Guardian перевищує 0.1%. (Рис 3).

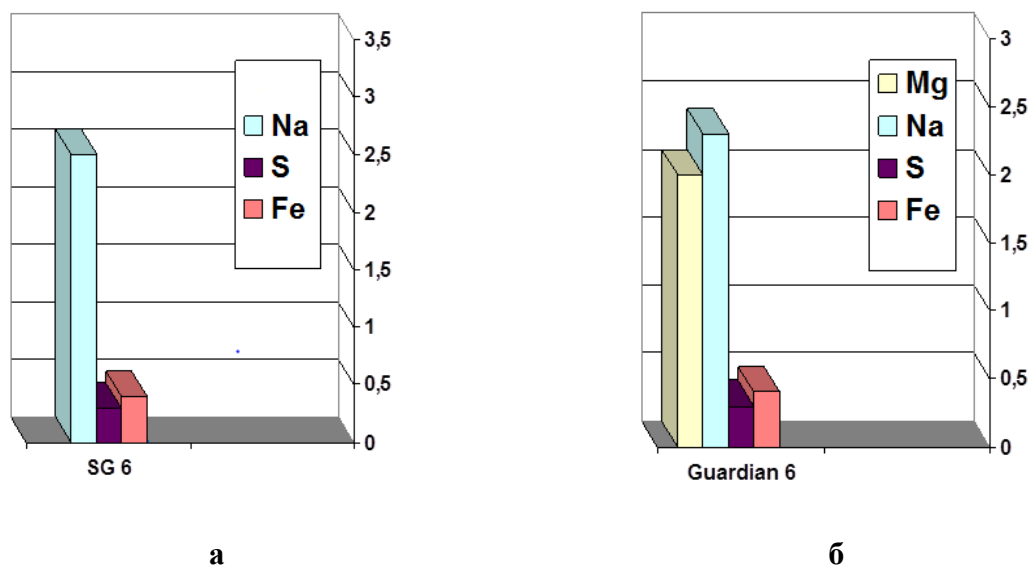


Рис.3. Вміст домішок в склі: а – виробника Saint-Gobain, кількість яких є більшою за 0.1%; б – виробника Guardian, кількість яких є більшою за 0.1%

Як видно з рис. 3, основний вміст домішок складає Na, S, Fe.

Saint-Gobain: Na – 2.251%, S – 0.372%, Fe – 0.476%.

Guardian: Na – 2.378%, S – 0.321%, Fe – 0.482%.

Такий вміст домішок в обох зразках майже однаковий. Відповідно на захисні характеристики може впливати компонент, який присутній в конкретному зразку. При порівнянні даних табл. 2 видно, що в склад скла Guardian входить ще досить велика кількість Mg – 2.093%. Очевидно, що цей елемент має вплив на поведінку зразків при дії випромінювання.

Спектральні характеристики зразків скла подані на рис.4 та рис.5.

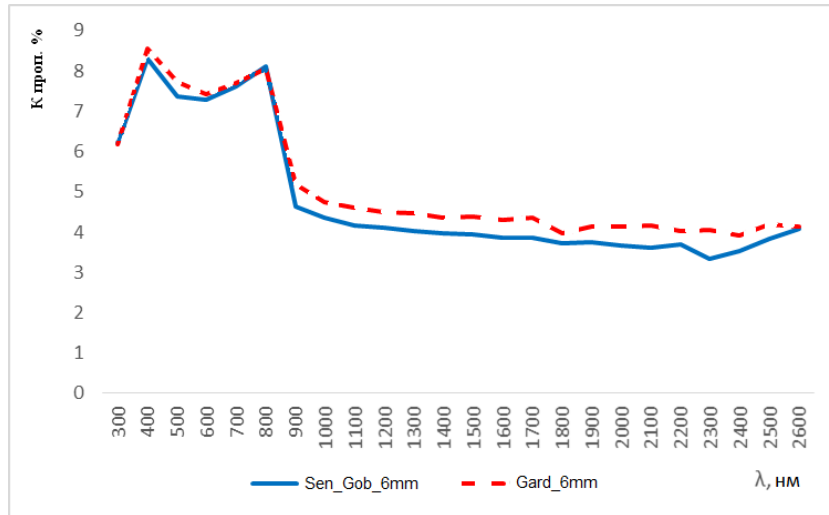


Рис.4. Коефіцієнти відбивання зразків скла в діапазоні частот від 300 до 2600 нм

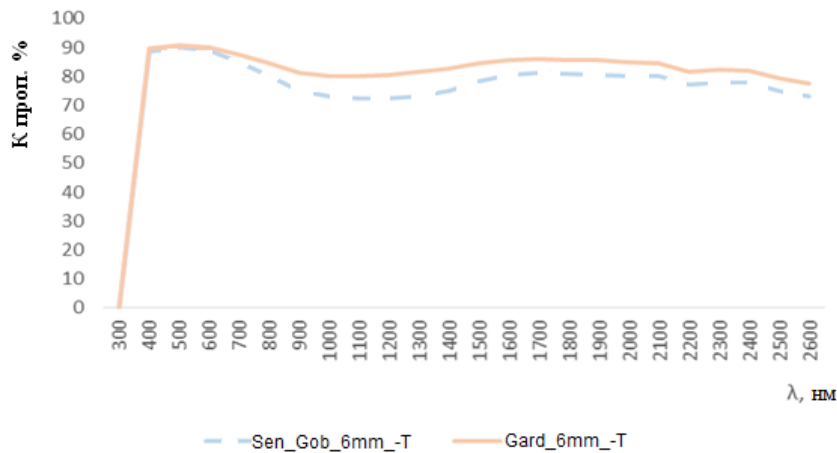


Рис.5. Коефіцієнти пропускання зразків скла в діапазоні частот від 300 до 2600 нм

Як видно, скло Guardian має інші характеристики за коефіцієнтом відбивання в діапазоні частот від 900 до 2500 нм. Тобто можна говорити, що Mg впливає на результативність захищеності в діапазоні від 900 до 2500 нм на 0.5% при його долі в склі 2.093%. Можна зауважити, що цей вплив не значний. Це підтвердило вимірювання коефіцієнтів заломлення зразків скла, що складає $n = 1.52 - 1.53$.

Для скла Guardian коефіцієнт пропускання перевищує коефіцієнт пропускання скла Saint-Gobain на 1 % в діапазоні частот 660-2600 нм. (див. рис.5)

Також проведено дослідження оптичних характеристик плівки SMC 12. В діапазоні частот 300 до 1800 нм плівка не покращує характеристики скла Guardian, а навіть трохи погіршує рис.6.

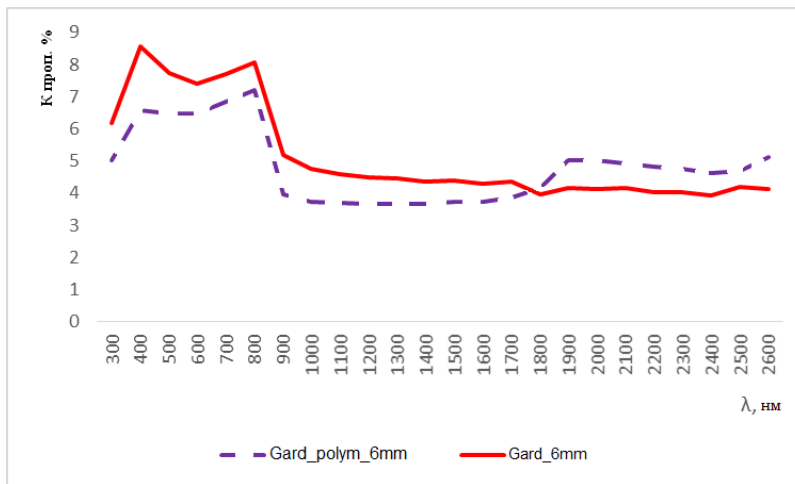


Рис.6. Результати вимірювання коефіцієнта відбивання Guardian із плівкою SMC 12

Висновки

Флуоресцентний аналіз показав, що вміст домішок в обох зразках майже однаковий: Saint-Gobain: Na – 2.251%, S – 0.372%, Fe – 0.476%; Guardian: Na – 2.378%, S – 0.321%, Fe – 0.482%. Відмінність цих зразків - наявність в складі скла Guardian елемента Mg, який очевидно впливає на захисні характеристики самого скла.

Спектральний аналіз показав, що скло Guardian має трохи кращі характеристики за коефіцієнтом відбивання в діапазоні частот від 900 до 2500 нм, проте його коефіцієнт пропускання перевищує коефіцієнт пропускання скла Saint-Gobain на 1 % в діапазоні частот 660-2600 нм. Тобто можна говорити, що Mg покращує результативність захищеності в діапазоні від 900 до 2500 нм на 0.5% при його долі в склі 2.093%. Зауважимо, що цей вплив не значний. Це підтвердило вимірювання коефіцієнтів заломлення зразків скла, що складає $n = 1.52 - 1.53$.

Для захисту скла від дії ЛСАР була випробувана плівка SMC 12. Оскільки сучасні лазерні системи працюють в діапазоні 700-1800 нм, то використання плівки не покращує характеристики скла Guardian, а навіть трохи погіршує в діапазоні частот від 300 до 1800 нм.

Поєднання методів визначення відсоткового складу скла та спектроскопії доцільно використовувати при тестуванні захисних плівок та склопакетів, що використовується в приміщеннях де функціонує інформація з обмеженим доступом.

Список літератури

1. Украинский ресурс по безопасности [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.kiev-security.org.ua> (Дата звернення 14.11.2014р.).
2. Дослідження каналу витоку мовної інформації у випадку використання «лазерних мікрофонів»: тези доп. XI Міжнародної науково-практичної конференції «Безпека

- інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах» (20-23 травня 2008 р.). – Київ: Державна служба спеціального зв'язку й захисту інформації України, 2008. – 55 с.
3. Хореев, А.А. Способы и средства защиты информации: учеб. пособие / А.А. Хореев. – М.: МО РФ, 2000. – 316 с.
 4. Специальные технические средства негласного получения акустической (речевой) информации. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://phreaking.ru/printpage.php?s=&pageid=54213> (Дата звернення 14.11.2014р.).
 5. Signal Defense full spectrum security solution [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.signalsdefense.com/security-solutions-products.cfm> (Дата звернення 14.11.2014р.).
 6. Спектрофотометр UV-3600, двухлучевой, 185-3300 нм, Shimadzu. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.xn--80ahmr8f.xn--p1ai/lab/spektrofotometriy/corningprugex-uv-3600-spektrofotometr-uv-3600-dvuhluchevoj-185-3300-nm>. (Дата звернення 14.11.2014р.).
 7. Мультиэлементный экспресс-анализатор состава сплавов "EXPERT 3L". [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.inam.kiev.ua/Expert3L.html> (Дата звернення 14.11.2014р.).
 8. A building products library for customers industry professionals [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.ribaproductselector.com/Product.aspx?ci=20953&pr=saintgobainglassuk-SGGDiamant> (Дата звернення 14.11.2014р.).
 9. Guardian Glass, Automobile, Bilding Products [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.gulfguard.com/Products/ClearFloatGlass/> (Дата звернення 14.11.2014р.).

АНАЛИЗ ЗАЩИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СОВРЕМЕННЫХ ВИДОВ СТЕКЛА В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ ПО АКУСТИЧЕСКОМУ КАНАЛУ УТЕЧКИ

В.Б. Дудикевич, И.С. Собчук, П.И. Гаранюк, В.А. Ракобовчук, В.А. Дей

Национальный университет «Львовская политехника»,
ул. С. Бандеры, 12, Львов 13, 79013, Украина; e-mail: garanyuk@gmail.com

Исследованы возможности использования защитных характеристик современных видов стекла в широком диапазоне частот от акустических утечек. При помощи рентгенофлуоресцентного метода проведен анализ состава химических элементов и соответствующих им массовых концентраций с погрешностью определения 0,01% массовой части для стекла Saint-Gobain Diamant 6мм и Guardian float Guard 6мм. Проведен анализ оптических характеристик современных защитных пленок методом спектрофотометрии.

Ключевые слова: лазерные системы активной разведки, стекло, защитная пленка, рентгенофлуоресцентный метод, метод спектрофотометрии, оптические характеристики, химический состав элементов стекла.

WIDE-BAND ANALYSIS OF PROTECTIVE PERFORMANCE OF MODERN GLASS TYPES WITH REGARD TO ACOUSTIC LEAKAGE PATHS

V.B. Dudykevich, I.S. Sobchuk, P.I. Haranyuk, V.O. Rakobovchuk, V.A. Dej

National University «Lviv Polytechnika»,
12 S.Bandera str., Lviv -13 , 79013, Ukraine; e-mail: garanyuk@gmail.com

The potential of utilizing protective performance of modern glass types over a wide frequency band with regard to acoustic leakage was investigated. Two types of glass, 6-mm Saint-Gobain Diamant and 6-mm Guardian float Guard, were subjected to X-ray fluorescence analysis of chemical composition and related mass concentration analysis. Additionally, spectrophotometric analysis of optic characteristics of modern protective films was performed.

Keywords: active laser investigation systems, glass, protective film, X-ray fluorescence analysis, spectrophotometric analysis, optic characteristics, chemical glass composition.