

УДК 621.317.39 : 532.574.6

## ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОХОРОНИ ВАЖЛИВИХ ОБ'ЄКТІВ

В.Д. Погребенник, М.І. Паламар, Р.В. Політило, В.І. Мокрий

*Національний університет «Львівська політехніка»*

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

*Статтю присвячено питанням розроблення нових методів і засобів підвищення точності вимірювальних засобів для охоронних систем важливих об'єктів. Запропоновано незалежні від зміни температури середовища варіанти ультразвукового методу охорони важливих об'єктів, в основу яких покладено двоканальне вимірювання та функціональне перетворення часових параметрів ультразвукових відбитих сигналів, що дало змогу зменшити похибки прийняття рішення про порушення контрольованої зони. Досліджено шляхи реалізації запропонованого методу за критерієм заданої точності та простоти реалізації.*

**Вступ.** У зв'язку з загальною тенденцією зростання обсягів конфіденційних відомостей у будь-якій організації особливу актуальність набуває задача створення надійної системи охорони об'єктів. Звідси – необхідність забезпечення безпеки даних на технічному та фізичному рівні. Розвитку і впровадженню технічних засобів захисту надається велика увага у провідних закордонних країнах, а останнім часом і в Україні [1-5].

Однією з основних систем при забезпеченні безпеки об'єктів є система охорони, з допомогою якої реалізують практичні заходи з попередження, недозволених доступу до техніки, обладнання, документів і охорони їх від шпигунства на користь конкурентів, диверсій, крадіжок та інших незаконних або злочинних дій.

За ступенем необхідної надійності охорони об'єкти поділяють на такі категорії: особливо важливі, важливі, загального призначення.

Відомі зараз вимірювальні засоби (ВЗ) для систем охорони важливих об'єктів мають недостатню точність, чутливість та надійність. Все це зумовлює необхідність розроблення ВЗ з покращеними метрологічними характеристиками для оперативного реагування на порушення безпеки об'єкта. У роботі розглядаються питання розроблення вимірювальних засобів системи охорони важливих об'єктів – цінних картин, сейфів, шаф, обладнання, демонстраційних табло і панно тощо.

**Постановка проблеми.** Як зазначалось в [1], найважливішими елементами охоронної системи є сенсори. До їх числа відносяться сенсори виявлення змін стану середовища і формування повідомлення про це. В охоронних системах використовують різноманітні сенсори: пасивні та активні інфрачервоні сенсори руху і присутності; сенсори розбиття скла; фотоелектричні сенсори; раді-

охвильові сенсори; ультразвукові сенсори; вібросенсори; магнітноконтактні сенсори; електроконтактні та ін.

Основною ознакою ефективної роботи охоронної системи є зведення до мінімуму числа помилкових спрацювань її складових – охоронних сенсорів. Їх характеристики визначають основні параметри всієї системи охорони. Проте крім переваг, для кожного типу засобів охоронної сигналізації характерні також і недоліки, які слід враховувати при їх виборі та встановленні. Зупинимось детальніше на аналізі недоліків охоронних систем [6, 7].

*Охоронні системи зі струмом, що проходить через дрiт або металеву смужку фольги.* Коли вікно або двері, які захищені таким чином, є відкритими, то дрiт або контакт фольги обривається, і струм не проходить, внаслідок чого вмикається система сигналізації. Не дивлячись на те, що даний тип системи простий за своєю конструкцією і досить дешевий, порушник може зашунтувати струм, використовуючи свій власний дрiт. Крім цього, він може обійти всю систему, обрiзаючи дроти, прокладені по периметру від стін. Така система видає сигнал тривоги, про те, що хтось намагався проникнути на об'єкт, що захищається і дійсно проник. Але ця система не допоможе виявити зловмисника.

*Інфрачервоні охоронні системи.* До них відносять пасивні та активні інфрачервоні сповіщувачі. Даний вид охоронної сигналізації є надійним і простим, що дозволяє виявляти проникнення порушника в контрольовану зону шляхом реєстрації зміни інтенсивності інфрачервоного випромінювання. Також ця система охорони може бути використана для виявлення пожежі. Проте цю особливість не потрібно переоцінювати, оскільки промені зазвичай розміщуються близько до землі, а не до стелі, де, як правило, збирається дим. Тому слід мати на увазі те, що від пилу або диму інфрачервоні системи сигналізації можуть мимоволі включатися. Більш того, якщо вони встановлені на вулиці, дощ, листя, кущі або тварини можуть спровокувати їх включення.

*Ультразвукові і мікрохвильові охоронні системи.* Ці системи передають сигнал в приміщення, а потім прослуховують частину відбитого сигналу, будь-який рух в кімнаті спотворить сигнал і включить звукову сигналізацію. За допомогою цих систем можна виявити присутність порушника, але якщо він рухається повільно або пересувається в місцях, де система не реагує на рух, то порушник може обійти систему сигналізації. Окрім цього, деякі матеріали поглинають звук і, якщо об'єкт, що охороняється містить багато предметів, виготовлених з такого матеріалу, це створить труднощі у використанні системи. Повітряні потоки, що створюються кондиціонерами і опалювальними приладами також можуть призвести до помилкового спрацювання системи сигналізації.

*Системи, що використовують акустичні мікрофони.* Системи такого типу можуть включатися від вібрації і шуму, що йде, наприклад, з вулиці. Тому їх в більшості випадків застосовують на віддалених об'єктах. При зменшенні рівня чутливості такої системи, зростає кількість помилкових спрацювань, що збільшить ймовірність проникнення на об'єкт порушника. З іншої сторони, будь-який мікрофон, також може бути використаний, як підслуховуючий пристрій.

*Електромагнітні охоронні системи.* Електромагнітні системи сигналізації створюють електричне поле навколо незаземленого металевого об'єкту і видають сигнал попередження при порушенні цього поля. В порівнянні з вищезазначеними системами дана охоронна система має менше недоліків.

У результаті системного огляду встановлено, що найперспективнішим і разом з тим найменше розробленим є ультразвуковий метод. Його перевагами є: практична безінерційність, відсутність спотворення досліджуваного поля, значний обсяг та різноманіття отримуваної інформації та експресність.

Удосконалення ультразвукових КВЗ доцільно здійснити шляхом підвищення їх точності та завадостійкості, виходячи із запропонованих моделей і алгоритмів.

**Метою роботи є** розроблення методів і засобів підвищення точності комп'ютерних систем для охорони важливих об'єктів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Розглянуто модель повітряного середовища, яке характеризується наявністю домішок і дрібномасштабних вихорів, а також швидкістю руху  $v_p$ . Для даної моделі запропоновано методологію побудови вимірювально-інформаційних систем для охорони важливих об'єктів, яка полягає в урахуванні його інтегральних, селективних та аерофізичних параметрів.

Рівняння процесу передавання, відбору та перетворення інформації КВЗ охорони важливих об'єктів з урахуванням конструктивних параметрів має вигляд

$$[P_i \{C_\Sigma; T; g\}; P_c \{C_i\}; P_h \{v_x, v_y, v_z; c; rot v; H\}] = F\{t_1, t_x, t_2\} \{L, P, \beta, z\} [D, K_\beta, K(j), K_0], \quad (1)$$

де  $P_i$  – інтегральні параметри, зокрема,  $C_\Sigma$  – загальна концентрація домішок у повітрі;  $T$  – температура;  $g$  – нелінійний акустичний параметр;  $P_c$  – селективні параметри, зокрема, концентрації інгредієнтів  $C_i$  у шарі атмосфери;  $P_h$  – аерофізичні параметри, зокрема,  $v_x, v_y, v_z$  – компоненти швидкості потоку,  $c$  – швидкість звуку;  $rot v$  – вихровий компонент швидкості потоку;  $H$  – висота;  $L$  – база вимірювань;  $t_1, t_2, t_x, P, \beta$  – вхідні параметри, відповідно, часи проходження акустичних сигналів вздовж вимірювальної бази у протилежних напрямках, різниця часів проходження, тиск повітря і коефіцієнт поглинання;  $D, K_\beta, K(\varphi), K_0$  – конструктивні параметри, що враховують геометричні розміри сенсора, акустичні властивості повітряного середовища, діаграму спрямованості, взаємне розміщення сенсорів один відносно одного;  $z$  характеризує неточність моделі (розкид чутливості акустичних сенсорів, роздільна здатність за частотою, швидкість потоку, наявність турбулентності тощо).

Наведемо основні чинники, що впливають на завадостійкість роботи охоронних систем. Показано, що в існуючих методах результати залежать, в основному, від зміни температури навколишнього середовища, тому необхідним є внесення поправки при вимірюванні часу проходження сигналу від випромінювача до приймача.

Суть пропонованого методу полягає у випромінюванні імпульсного ультразвукового сигналу до об'єкту, що охороняється, на відстані  $L$ , прийнятті відбитого сигналу та вимірюванні часу поширення сигналу до об'єкта та назад, і порівнянні часу поширення сигналу у декількох послідовних тактах зондування. Крім цього для підвищення надійності, одночасно випромінюють імпульсний ультразвуковий сигнал до об'єкта, що розміщений на відстані  $(L + l)$ , приймають відбитий сигнал від об'єкта, вимірюють час поширення ультразвукового сигналу до об'єкта і назад та визначають різницю часів поширення сигналів на базі  $L$  та  $(L + l)$ . У разі перевищення заданого відношення різниці часів поширення сигналів до часу поширення ультразвукового сигналу, приймається рішення про порушення стану об'єкта, що охороняється.

Нехай віддаль між першим передавачем-приймачем та об'єктом становить  $L$ , а віддаль між другим передавачем-приймачем та об'єктом становить  $L + l$ .

Час  $t_L$  поширення ультразвукового сигналу від першого передавача-приймача до об'єкта і назад

$$t_L = 2 \int_0^{L+l} \frac{dL}{f(c_0, T, W, P)} \approx 2L / [c_0(1 + \alpha T)] \quad (2)$$

де  $c_0$  – швидкість звуку в повітрі при температурі  $0^\circ \text{C}$ ;  $\alpha$  – температурний коефіцієнт;  $T, W, P$  – відповідно, температура, вологість та тиск повітря.

Час  $t_{L+l}$  поширення ультразвукового сигналу від другого передавача-приймача до об'єкта і назад

$$t_{L+l} = 2 \int_0^{L+l} \frac{dL}{f(c_0, T, W, P)} \approx 2(L + l) / [c_0(1 + \alpha T)] \quad (3)$$

Різниця часів  $t_l$  проходження ультразвукового сигналу між першим та другим передавачем-приймачем до і від об'єкта

$$t_l = t_{L+l} - t_L = 2l / [c_0(1 + \alpha T)] \quad (4)$$

У варіанті А передбачено визначення відношення часів  $t_L$  та  $t_l$

$$z_A = t_L / t_l = L / l; \quad (5)$$

варіант В передбачає визначення відношення часів  $t_{L+l}$  та  $t_l$

$$z_B = t_{L+l} / t_l = (L + l) / l; \quad (6)$$

варіант С – визначення відношення суми часів  $t_{L+l}$  та  $t_L$  від  $t_l$

$$z_C = (t_{L+l} + t_L) / t_l = (2L + l) / l, \quad (7)$$

а варіант D – визначення відношення часів  $t_{L+l}$  та  $t_L$

$$z_D = (t_{L+l}) / t_L = (L + l) / L. \quad (8)$$

Виконано аналіз методичної похибки прийняття рішення про порушення контрольованої зони  $\delta$  від часу  $t_L$  для різних значень  $l$ , яка має вигляд для кожного з варіантів

$$\delta z_A = (\Delta Z_A / Z_A) \cdot 100 = 100 \cdot \left( \left| \frac{\Delta t_L}{t_L} \right| + \left| \frac{\Delta t_l}{t_l} \right| \right); \quad (9)$$

$$\delta z_B = (\Delta Z_B / Z_B) \cdot 100 = 100 \cdot \left( \left| \frac{\Delta t_{L+l}}{t_{L+l}} \right| + \left| \frac{\Delta t_l}{t_l} \right| \right); \quad (10)$$

$$\delta z_C = (\Delta Z_C / Z_C) \cdot 100 = 100 \cdot \left( \left| \frac{\Delta t_\Sigma}{t_\Sigma} \right| + \left| \frac{\Delta t_l}{t_l} \right| \right); \quad (11)$$

$$\delta z_D = (\Delta Z_D / Z_D) \cdot 100 = 100 \cdot \left( \left| \frac{\Delta t_{L+l}}{t_{L+l}} \right| + \left| \frac{\Delta t_L}{t_L} \right| \right); \quad (12)$$

де  $\Delta t_L, \Delta t_p, \Delta t_{L+l}, \Delta t_\Sigma$  – абсолютні похибки вимірювання часових інтервалів, відповідно,  $t_L, t_p, t_{L+l}, t_\Sigma$ .

Побудовано (рис. 1, а, б), (рис. 2, а, б) залежності  $\delta z_A, \delta z_B, \delta z_C, \delta z_D$  від  $t_L$  за різних значень  $l$ . Значення абсолютних похибок  $\Delta t_l = 3 \cdot 10^{-6}$  с і  $\Delta t_{L+l} = 3 \cdot 10^{-6}$  с вибрано за умови мінімальної швидкості порушника 0,034 м/с.

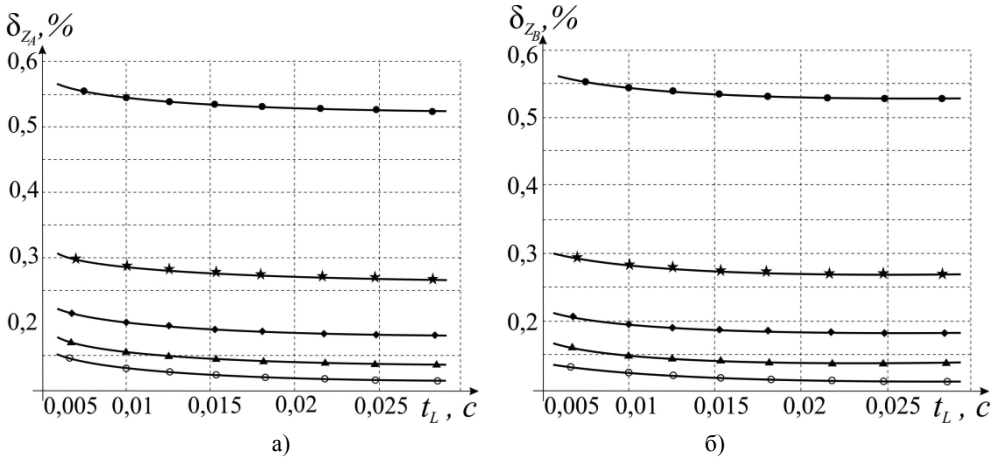


Рис. 1. Графіки залежностей  $\delta z_A, \delta z_B$ , від  $t_L$  за різних значень  $l$  для  $\Delta t_l = 3 \cdot 10^{-6}$  с,  $\Delta t_{L+l} = 3 \cdot 10^{-6}$  с.

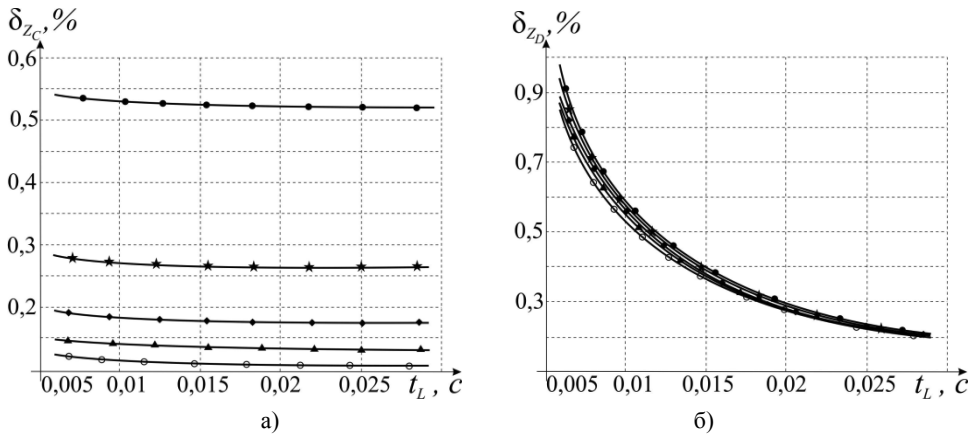


Рис. 2. Графіки залежностей  $\delta z_C$ ,  $\delta z_D$  від  $t_L$  за різних значень  $l$  для  $\Delta t_l = 3 \cdot 10^{-6}$  с,  $\Delta t_{L+1} = 3 \cdot 10^{-6}$  с.

Досліджено шляхи реалізації ультразвукового методу охорони важливих об'єктів за критерієм мінімуму апаратурних затрат при заданій точності вимірювань [6]. Показано, що для практичної реалізації можна рекомендувати варіант В ультразвукового методу, який має мінімальні апаратурні затрати при збереженні необхідної точності вимірювання (рис. 3).

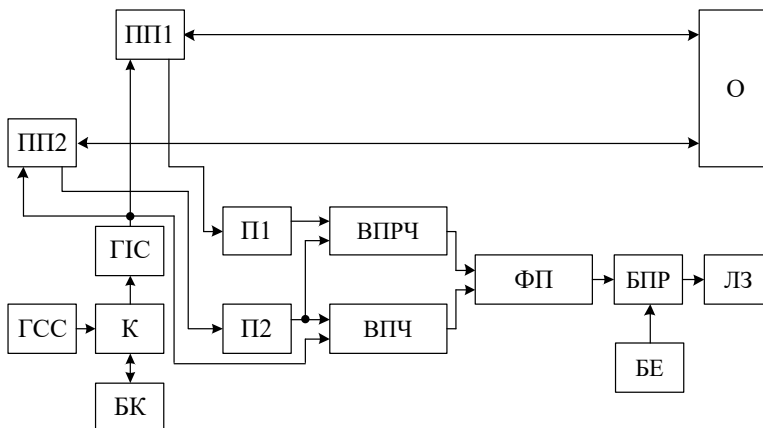


Рис. 3. Структурна схема ультразвукової системи охорони важливих об'єктів

На рис. 3 позначено: ПП1, ПП2 – первинні ультразвукові перетворювачі; О – об'єкт; П1, П2 – приймальні підсилювачі; ГІС – генератор імпульсного сигналу; ГСС – генератор синусоїдального сигналу; К – комутатор; ВПЧ – вимірювальний перетворювач часу поширення ультразвукового сигналу; ВПРЧ – вимірювальний перетворювач різниці часів поширення ультразвукового сигналу; ФП – функціональний перетворювач для визначення відношення часових параметрів; БЕ – блок еталонів; БПР – блок прийняття рішення; ЛЗ – лінія зв'язку; БК – блок керування.

В основу роботи КВЗ покладено двоканальний ультразвуковий метод, що дає змогу виконувати вимірювання інваріантно до температури повітряного середовища. Основні переваги КВЗ – сучасна мікропроцесорна база, що забезпечує розширення її функціональних можливостей, автоматизацію роботи, підвищення точності вимірювань, накопичення інформації протягом заданого періоду, програмна зміна періодичності контролю, автоматична термокомпенсація похибок вимірювань, суттєве зменшення часу вимірювань, розмірів та маси апаратури, передавання інформації з допомогою сучасних інформаційних технологій.

Розроблено алгоритмічне та програмне забезпечення роботи створених КВЗ на базі мови C++, перевагами якого є робота в реальному часі, висока продуктивність роботи та ефективність використання пам'яті в порівнянні з іншими мовами програмування.

У таблиці наведено порівняльні технічні характеристики відомих ультразвукових сенсорів та розробленого засобу.

*Таблиця*

**Технічні характеристики ультразвукових сенсорів**

№ п/п	Характеристика	Тип сенсора			
		LH-US/ LH-US-RR	OMNI-US/ OMNI-US-RP	ЭХО-5	Розроблений КВЗ
1	Діапазон робочих відстаней, м	до 10	5..14	до 10	0,3..5
2	Діапазон робочих частот, кГц	40	40	30..50	40
3	Споживаний струм, мА	40..50	33	30	30
4	Напруга живлення, В	~120..277	24	10,6..15	5..12
5	Час реакції сенсора, с	–	–	0,5	0,25
6	Діапазон робочих температур, °С	0..+40	0..+40	0..+50	0..+40
7	Похибка вимірювання, %	5	5	5	0.6

Подамо результати математичного моделювання роботи КВЗ у випадку загасання ультразвукових сигналів.

Залежність середньоквадратичного відхилення  $\sigma$  вимірювання параметра  $z_b$  в повітрі від кількості відбиттів  $n$  має вигляд

$$\sigma = [(1 + K_s^2)^{0,5}] / \{2(n-1)R^{2(n-1)} \exp[-2\beta L(n-1)]\}. \quad (14)$$

де  $K_s$  – відношення середньоквадратичного відхилення похибки квантування до середньоквадратичного відхилення похибки визначення часового інтервалу;  $R$  – коефіцієнт відбивання звуку. Критерієм оптимізації акустичного каналу є мінімізація похибки впливу завад протягом часу вимірювання.

Проаналізовано виходячи з моделей сигналу зондування та середовища вплив параметра  $K_s$  при постійному коефіцієнті відбивання звуку  $R = 0,99$  і коефіцієнті поглинання звуку  $\beta = 0,05$ , значенні  $n=2$  (рис. 4),  $n=4$  (рис. 5),  $n=6$  (рис. 6) та при зміні відстані  $L$  між акустичними перетворювачами. Як бачимо, мінімальні похибки отримуються при  $K_s \rightarrow 0$  та  $n=6$ .

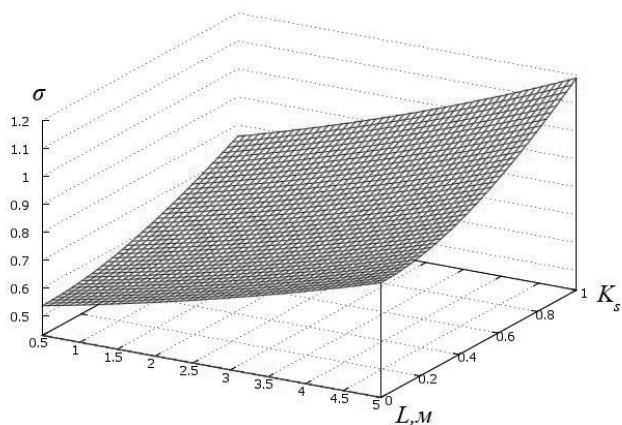


Рис. 4. Залежність параметра  $\sigma$  від відстані  $L$  та коефіцієнта  $K_s$  ( $n=2$ ) за  $R = 0,99$  і  $\beta = 0,05$

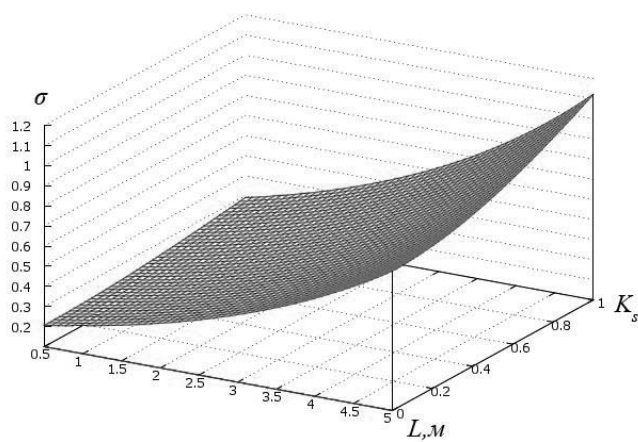


Рис. 5. Залежність параметра  $\sigma$  від відстані  $L$  та коефіцієнта  $K_s$  ( $n=4$ ) за  $R = 0,99$  і  $\beta = 0,05$

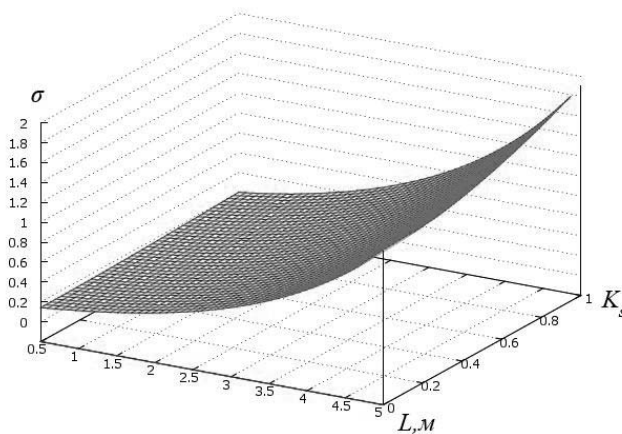


Рис. 6. Залежність параметра  $\sigma$  від відстані  $L$  та коефіцієнта  $K_s$  ( $n=6$ ) за  $R = 0,99$  і  $\beta = 0,05$



Подамо рекомендації щодо вибору параметрів ультразвукового КВЗ:

1) слід вибирати матеріал акустичних перетворювачів і відбивачів з коефіцієнтом відбивання звуку більшим за  $R=0,9$ ;

2) параметр  $K_s$  слід вибирати меншим за 0,2.

**Висновки.** Запропоновано незалежні від зміни температури середовища варіанти нового ультразвукового методу охорони важливих об'єктів, в основу яких покладено двоканальне вимірювання та функціональне перетворення часових параметрів ультразвукових відбитих сигналів, що дало змогу зменшити на порядок похибки прийняття рішення про порушення контрольованої зони.

Отримано нові залежності методичної похибки прийняття рішення про порушення контрольованої зони для кожного з варіантів ультразвукового методу і на цій основі мінімізовано сумарну похибку вимірювання комп'ютеризованого засобу, зокрема, для варіанту В сумарна похибка становить 0,6%, що на порядок менше як в існуючих засобах.

Досліджено шляхи реалізації ультразвукового методу за критерієм заданої точності та простоти реалізації та створено засади побудови нового ультразвукового комп'ютеризованого вимірювального засобу.

У процесі математичного моделювання різних типів відбивачів отримано дані, які підтвердили реальну можливість оперативно і з високою вірогідністю виявляти порушення стану об'єкту, що охороняється.

#### Список використаних джерел

1. Security Engineering: A Guide to Build Dependable Distributed Systems, Part. 1, F.Piper, ISG, Chicago, 2006. – 241 p.
2. Library Security. M. McComb, RLS Inc., San Francisco, 2004. – 29 p.
3. Магауенов Р.Г. Системы охранной сигнализации и другие элементы физической защиты. Краткий толковый словарь / Магауенов Р.Г. – М.: Горячая линия. – Телеком, 2007. – 97с.
4. Магауенов Р.Г. Системы охранной сигнализации: основы теории и принципы построения: Учебное пособие для вузов / Магауенов Р.Г. – М.: Горячая линия - Телеком, 2008. – 496 с.
5. Гончар В.К. Использование ультразвуковой техники в деятельности правоохранительных органов / Гончар В.К., Золотар А.В. // Бизнес и безопасность – 2006, № 2. – С. 42-43.
6. Politylo R. Accuracy increase in computer measuring tools for security systems of important objects // XIV International PhD Workshop OWD 2012, Gliwice: Politechnika Śląska (20-23 October 2012). – Pp. 245–249.
7. Погребенник В.Д. Комп'ютерні системи охорони важливих об'єктів: монографія / В.Д. Погребенник, Р.В. Політило. – Вид-во Львівської політехніки. – 2013. – 148 с.

#### REFERENCES

1. F.Piper, (2006), Security Engineering: A Guide to Build Dependable Distributed Systems, Part. 1, ISG, Chicago,. – 241 p.
2. Library Security. (2004), M. McComb, RLS Inc., San Francisco– 29 p.

3. Magaenov R.G. (2007), Sistemy ohrannoj signalizacii i drugie jelementy fizicheskoj zashhity. Kratkij tolkovyj slovar' / Magaenov R.G. – M.: Gorjachaja linija. – Telekom. – 97s. (in Russian)
4. Magaenov R.G. (2008), Sistemy ohrannoj signalizacii: osnovy teorii i principy postroenija: Uchebnoe posobie dlja vuzov / Magaenov R.G. – M.: Gorjachaja linija - Telkom. – 496 s. (in Russian)
5. Gonchar V.K. (2006), Ispol'zovanie ul'trazvukovoj tehniki v dejatel'nosti pravoohranitel'nyh organov / Gonchar V.K., Zolotar A.V. // Biznes i bezopasnost' –№ 2. – S. 42-43. (in Russian)
6. Politylo R. (2012), Accuracy increase in computer measuring tools for security systems of important objects // XIV International PhD Workshop OWD, Gliwice: Politechnika Śląska (20-23 October 2012). – Pp. 245–249.
7. Pohrebennyk V.D. (2013), Komp'juterni systemy okhorony vazhlyvykh ob'iektiv: monografija / V.D. Pohrebennyk, R.V. Politylo. – Vyd-vo Lvivskoi politekhniki. – 148 s. (in Ukrainian)

### **IMPROVING THE ACCURACY OF COMPUTER SYSTEMS FOR PROTECTION OF IMPORTANT OBJECTS**

V.D. Pohrebennyk, M.I. Palamar, P.V. Politylo, V.I. Mokryi.

*National University “Lviv Polytechnic”*

*Ternopil National Technical University named after Ivan Pulyui*

*The article deals with the development of new methods and means to improve the accuracy of measuring means for protection systems of important objects. The independent from temperature change variations of ultrasonic method of protection of important objects have been suggested, based on a two-channel measurement and functional transformation of time parameters of the reflected ultrasound signals, allowing us to reduce errors decision on infringement controlled zone. The ways of implementation of the proposed method for the criterion of specified accuracy and ease of implementation have been researched.*

*Стаття надійшла до редакції 26.02.2015*

*Received 26.02.2015*