

УДК 621.317.39 : 532.574.6

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

В.Д. Погрєбенник, М.І. Паламар, Р.В. Політило, В.І. Мокрний

*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 гадно тощо.

Постановка проблеми. Як зазначалось в [1], найважливішими елементами охоронної системи є сенсори. До їх числа відносяться сенсори виявлення змін

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. Характеристики визначають основні параметри всієї системи охорони. Крім переваг, для кожного типу засобів охоронної сигналізації характерні вади 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 дріт або металоплужку фольги. Коли вікно або двері, які захищені таким чином, є відкриті то дріт або контакт фольги обривається, і струм не проходить, внаслідок чого спрацьовує система сигналізації. Не дивлячись на те, що даний тип систем простий за своєю конструкцією і досить дешевий, порушник може зашукати струм, використовуючи свій власний дріт. Крім цього, він може обійти всю систему, обрізаючи дроти, прокладені по периметру від стін. Така система видає сигнал тривоги, про те, що хтось намагався проникнути на об'єкт, хоча насправді ніхто не 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 її ефективність не потрібно переоцінювати, оскільки промені зазвичай розміщують близько до землі, а не до стелі, де, як правило, збирається дим. Тому слід бути уважним до того, що від пилу або диму інфрачервоні системи сигналізації можуть мимоволі вимкнутися. Більш того, якщо вони встановлені на вулиці, дощ, сніг, кущі або тварини можуть спровокувати їх включення.

Ультразвукові і мікрохвильові охоронні системи. Ці системи передають сигнал в приміщення, а потім прослуховують частину відбитого сигналу, внаслідок чого 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, порушник може обійти систему сигналізації. Крім цього, деякі матеріали поглинають звук і, якщо об'єкт, що охороняється містить багато предметів, зроблених з такого матеріалу, це створить труднощі у використанні системи внутрішні 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 більшість випадків застосовують на віддалених об'єктах. При зменшенні і

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 . 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

$$\begin{aligned} [P_i(C_2; T; g); P_e(C_i); P_k(v_x, v_y, v_z; c; rot v; H)] = \\ = F(t_1, t_2, t_3) \{L, P, \beta, z\} [D, K_p, K(\varphi), K_0], \end{aligned} \quad (1)$$

де P_i – інтегральні параметри, зокрема, C_2 – загальна концентрація домішок у повітрі; T – температура; g – нелінійний акустичний параметр; P_e – селективні параметри, зокрема, концентрації інгредієнтів C_i у шарі атмосфери; P_k – 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_3, P, β – вхідні параметри, відповідно, часи проходження акустичних сигналів вздовж вимірювальної бази у протилежних напрямках, різниця часів проходження, тиск повітря і коефіцієнт поглинання; $D, K_p, K(\varphi), K_0$ – 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 ос-

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°C ; α – 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_i проходження ультразвукового сигналу між першим та другим передавачем-приймачем до і від об'єкта

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

У варіанті А передбачено визначення відношення часів t_L та t_i

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

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

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

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

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

В основу роботи KBЗ покладено двоканальний ультразвуковий метод, що дає змогу виконувати вимірювання інваріантно до температури повітряного середовища. Основні переваги KBЗ – 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 KBЗ 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			
		LII-US/ LII-US-RR	OMNI-US/ OMNI-US-RP	ЭХО-5	Розроблений KBЗ
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

Подано результати математичного моделювання роботи KBЗ у випадку загасання ультразвукових сигналів.

Залежність середньоквадратичного відхилення σ вимірювання параметра z_n в повітрі від кількості відбиттів n має вигляд

$$\sigma = \{(1 - K_z^2)^{n-1} / [2(n-1)R^{2n-1} \exp\{-2\beta L(n-1)\}]\} \quad (14)$$

де K_z – 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_z при постійному коефіцієнті відбивання звуку $R = 0,99$ і коефіцієнті поглинання звуку $\beta = 0,05$, значень $n = 2$ (рис. 4) $n = 4$ (рис. 5) $n = 6$

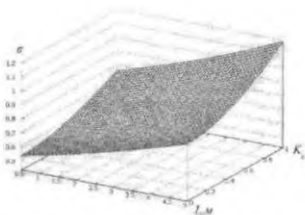


Рис. 4. Залежність параметра σ від відстані L та коефіцієнта K_s ($n=2$) за $R=0,99$ і $\beta=0,05$

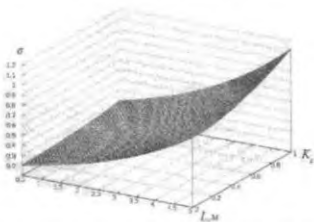


Рис. 5. Залежність параметра σ від відстані L та коефіцієнта K_s ($n=1$) за $R=0,99$ і $\beta=0,05$



Виконано аналіз методичної похибки прийняття рішення про порушення грольованої зони δ від часу t_L для різних значень l , яка має вигляд для кож- з 3 варіантів

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

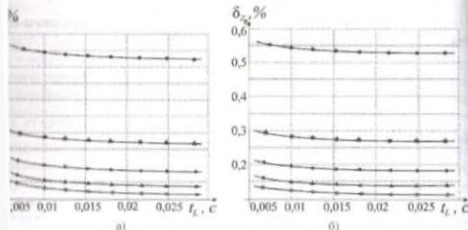
$$\delta z_B = (\Delta Z_B / Z_B) \cdot 100 = 100 \left(\left| \frac{\Delta t_{L+l}}{t_{L+l}} \right| + \left| \frac{\Delta t_l}{t_l} \right| \right); \quad (10)$$

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

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

де $\Delta t_L, \Delta t_C, \Delta t_{L+l}, \Delta t_C$ – абсолютні похибки вимірювання часових інтервалів, тобто, t_L, t_C, t_{L+l}, t_C

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 їх значень l . Значення абсолютних похибок $\Delta t_L = 3 \cdot 10^{-6}$ с і $\Delta t_{L+l} = 3 \cdot 10^{-6}$ с ви- но за умови мінімальної швидкості порушника 0,034 м/с.



с. 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.

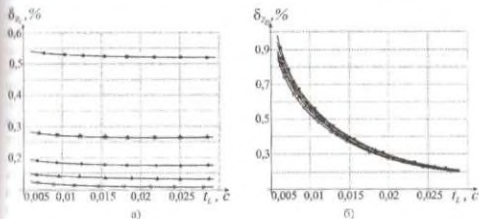


Рис. 2. Графики залежностей δ_{α} , δ_{β} від t_d на різних значень t для $M_1 = 3 \cdot 10^{-6}$ с, $M_{-1} = 3 \cdot 10^{-6}$ с.

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).

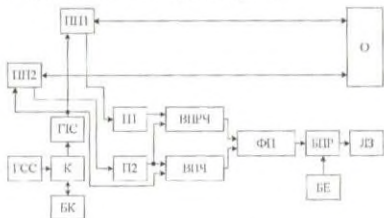


Рис. 3. Структурна схема ультразвукової системи охорони важливих об'єктів

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; ВІПЧ – вимірювальний перетворювач часу поширення ультразвукового сигналу; ВІПЧ4 – вимірювальний перетворювач різниці часів поширення ультразвукового сигналу.

Подамо рекомендації щодо вибору параметрів ультразвукового КВЗ:

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

2) параметр K , 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 двонадільне 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 оперативної 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. Магаусов Р.Г. Системы охранной сигнализации и другие элементы физической защиты. Краткий толковый словарь / Магаусов Р.Г. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 97с.
4. Магаусов Р.Г. Системы охранной сигнализации: основы теории и принципы построения. Учебное пособие для вузов / Магаусов 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. 42-45.
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. Політисю. – Вид-во Львівської політехніки. – 2013. – 148 с.

3. Maguznov R.G. (2007), Sistemy obrannoj signalizacii i drugie jelementy fizicheskoj zashity. Kratkij tolkovyj slovar' / Maguznov R.G. – M.: Gorjachaja linija. – Telekom. – 97s. (in Russian)
4. Maguznov R.G. (2008), Sistemy obrannoj signalizacii: osnovy teorii i principy postroeniya. Uchebnoe posobie dlja vuzov / Maguznov R.G. – M.: Gorjachaja linija. – Telekom. – 496 s. (in Russian)
5. Gonchar V.K. (2006), Ispol'zovanie ultrazvukovoj tekhniki v dejatel'nost pravoohranitel'nyh organov / Gonchar V.K., Zolotar A.V. // Biznes i bezopasnost' - N 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 Slaska (20-23 October 2012) – Pp. 245-249.
7. Pohrebennyk V.D. (2013), Komp'uterni systemy okhorony vazhlyvykh ob'ektiv monolitnija / 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 Pului

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

Стаття надійшла до редакції 26.02.26

Received 26.02.26