

УДК 681.323

В.Ф. Белявін<sup>1</sup>, Р.М. Чигрін<sup>2</sup>, В.М. Миронович<sup>3</sup><sup>1</sup>Інститут проблем математичних машин і систем НАН України, Київ<sup>2</sup>Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків<sup>3</sup>Національний авіаційний університет, Київ

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИПАДКОВОГО СИГНАЛУ АНАЛОГОВОГО ПРОВІДНОГО КАНАЛУ СИГНАЛІЗАЦІЇ ОХОРОННИХ СИСТЕМ ВІЙСЬКОВИХ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ БАГАТОМІРНОЇ СИСТЕМИ АЛГЕБРАЇЧНИХ ЛІНІЙНИХ РІВНЯНЬ

Викладено обґрунтування математичної моделі адитивної суміші корисного та завадового сигналів для аналогового провідного каналу сигналізації системи охорони військових об'єктів. Корисний сигнал подається як детермінована функція з невідомим інформаційним параметром. Завадовий сигнал представлений як поточна реалізація випадкового процесу, що подається на обмеженому інтервалі спостереження у вигляді скінченного ряду Фур'є. Інформаційний параметр корисного сигналу, що визначає стан охоронної системи, знаходиться як рішення системи лінійних алгебраїчних рівнянь.

**Ключові слова:** математична модель, сигнал, завада, адитивна суміш, ряд Фур'є, система лінійних алгебраїчних рівнянь.

### Вступ

У сучасних умовах проблема забезпечення безпеки військових об'єктів набула значної актуальності, що обумовлено підвищенням загрози проведення широкомасштабних диверсійно-терористичних акцій. У світі накопичено значний досвід щодо здійснення охорони військових об'єктів різних класів важливості, забезпечення їх живучості при впливі різноманітних засобів ураження противника [1]. Одним з ефективних заходів для забезпечення безпеки військових об'єктів є створення систем фізичного захисту (СФЗ). Сучасні СФЗ [2] являють собою автоматизовані системи охорони, які здатні без втручання людини-оператора приймати рішення щодо оголошення тривоги на підставі інформації, що надходить від датчиків охоронної сигналізації до приймально-контрольних приладів системи охорони та здійснювати деякі заходи з протидії вторгненню (блокувати замки, вмикати освітлення тощо).

Однією з загальних важливих характеристик для систем охорони військових об'єктів є стійкість до завад, що дає можливість прийняття рішення щодо оголошення тривоги в умовах впливу завад на шлейфи сигналізації системи охорони. Так, згідно діючих вимог [3], кабельна мережа комплексу технічних засобів охорони повинна забезпечувати незалежність від ліній, які не використовуються в комплексі технічних засобів охорони. Ця вимога [3] обумовлена конструктивними особливостями сучасних систем охорони військових об'єктів, які використовують один і той же кабель, а саме: з'єднує блоки адресування систем обміну інформацією; здійснює спраження з електромережею; забезпечує обмін інформацією між охоронними системами різного призначення по одному кабелю.

Як відомо [4], існує явище взаємного впливу електричних кіл, створених провідними лініями зв'язку одного кабелю. Це явище суттєво проявляється в охоронних системах, створених за останні десятиріччя, зокрема в системах охорони військових об'єктів. Завада, що обумовлена сигналами засобів зв'язку інших систем, може бути визначена як "між-системна завада" [5]. Ця завада являє собою досить потужні випадкові сигнали, на фоні яких необхідно спостерігати корисні сигнали від сповіщувачів системи охорони.

Однак до цього часу у технічних нормативних документах на охоронні засоби, які використовуються на військових об'єктах, відсутні вимоги до завад, що зокрема діють на шлейфи сигналізації приладів приймально-контрольних (ППК). Хоча вимога щодо завадозахищеності шлейфа охоронної сигналізації проти радіозавади з прийняттям рішень за час порядку 0,1 секунди у стандарті [6] зазначена, проте припустимі науково-технічні методи завадозахищеності не визначені.

З урахуванням вищезазначеного, важливою актуальною задачею є підвищення завадозахищеності шлейфової частини охоронних систем військових об'єктів від впливу завад, підвищення ймовірності визначення тривоги та зниження ймовірності хибної тривоги.

Вирішення цієї задачі полягає у поліпшенні якості обробки сигналів в існуючих технічних засобах охорони шляхом розвитку та впровадження завадозахищених методів обробки сигналів у нових засобах охорони.

Узагальнений аналіз та порівняння відомих методів обробки сигналів наведено в [7]. Відомі різні методи обробки сигналів охоплюються однією аналітичною моделлю, що об'єднує операцію інтегру-

вання функцій, які описують сигнал, що спостерігається, та опірне коливання [7]:

$$Y(T) = \int_0^T x(t)\psi(t)dt, \quad (1)$$

де  $Y(T)$  – сигнал, одержаний в результаті обробки;  $x(t) = s(t) + \omega(t)$  – адитивна суміш сигналу  $s(t)$  та завади  $\omega(t)$ ;  $\psi(t)$  – вагова функція (опірне коливання).

Якщо у виразі (1)  $\psi(t) = 1$ , то має місце інтегруюча обробка, якщо  $\psi(t) = s(t)$  – когерентна обробка, при  $\psi(t) = s(t - \tau)$  – кореляційна, а при  $\psi(t) = x(t - \tau)$  – автокореляційна обробка. У випадку, коли  $\psi(t)$  співпадає з імпульсною характеристикою  $g(t)$  лінійної системи електричного фільтра:  $g(t) = s(t_0 - t)$ , має місце прийом на погоджений фільтр. Максимальне значення корисного сигналу досягається при когерентній обробці, коли  $\psi(t) \equiv s(t)$ . Якщо сигналом  $s(t)$  є коливання з відомими частотою та фазою, то маємо випадок синхронної демодуляції чи її спрощеного варіанту – синхронного детектування [8].

Синхронна демодуляція використовується у тому випадку, коли корисний сигнал, що містить інформаційний параметр, одного порядку з рівнем завади. Нехай сигнал  $s(t)$  займає спектральний інтервал  $\pm\Delta B$  навколо нульової частоти. Звичайно  $\Delta B$  мале, а сигнал  $s(t)$  є низькочастотним. Спектр сигналу  $s(t)$  знаходиться всередині спектра завади  $\omega(t)$ , тобто виділити сигнал  $s(t)$  простою фільтрацією неможливо. В результаті вимірювання методом синхронної демодуляції одержимо величину  $Y(T) = \overline{s(t)}$ , що представляє собою середнє значення сигналу  $s(t)$ :

$$Y(T) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x(t) \cos 2\pi\nu_0 t \cos(2\pi\nu_0 t - \phi) dt, \quad (2)$$

де сигнал  $x(t)$  – промодульований косинусоїдним сигналом з несучою частотою  $\nu_0$ ;

$\phi$  – початкова фаза демодуляційного косинусоїдного сигналу з несучою частотою  $\nu_0$ .

Якщо організувати процедуру вимірювання таким чином, щоб  $\phi = 0$ , одержимо середнє значення  $\overline{s(t)}$  сигналу  $s(t)$ , що не залежить від початкової фази демодуляційного сигналу, при умові, що час вимірювання  $T$  досить великий:  $T \in [1 - 10]$  с [9]. Це відповідає розумінню синхронної демодуляції (2) як процедури, що дозволяє реалізувати вузькосмуговий фільтр з як завгодно малою смугою. Таким чином, при застосуванні методу синхронної демодуляції при обробці шлейфового сигналу охоронної системи час прийняття рішень буде складати декілька секунд і більше, що не припустимо з урахуванням вимог до часу прийняття рішення щодо тривоги в системі охорони військового об'єкту порядку 50 мс [6].

**Метою даної статті** є розробка математичної моделі адитивної суміші сигналу  $s(t)$  і завади  $\omega(t)$  та алгоритму його обробки для периферійної частини системи охорони військового об'єкту, які забезпечують прийняття рішення про тривогу при обробці шлейфового сигналу в охоронній системі за припустимим часом.

## Основна частина

Узагальнена функціональна схема типової периферійної частини системи охорони за допомогою технічних засобів охорони наведена на рис. 1.

На рис. 1:  $Z_k$  – кінцевий опір; ЗВ – засіб виявлення загрози (в разі загрози спрацьовують контакти ЗВ);  $R_{ЗВ}$  – блокуючий опір ЗВ; ДЛЗ – двопровідна лінія зв'язку (ДЛЗ) – шлейф сигналізації системи охорони; ГВС – генератор контрольного (випробувального) сигналу; АФ – аналоговий фільтр, смуга пропускання  $\Delta f \approx 0 - 10^5$  Гц; АЦП – аналого-цифровий перетворювач; ЦОС – блок цифрової обробки сигналу.

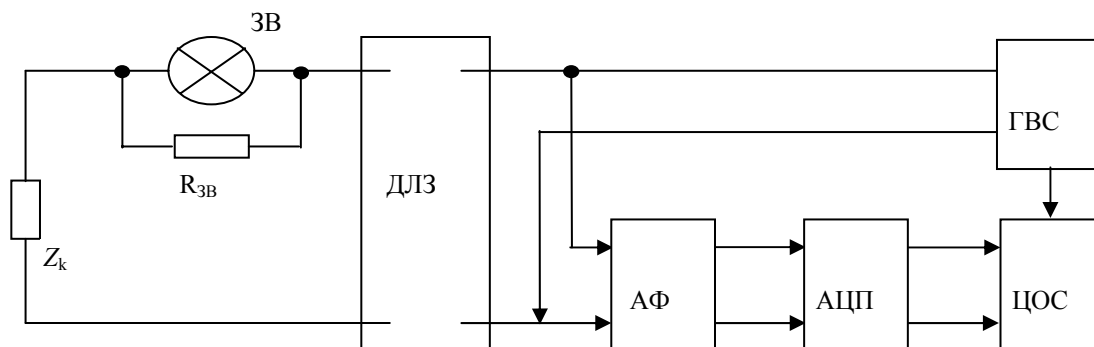


Рис. 1. Узагальнена функціональна схема периферійної частини системи охорони

Система має один вихід, вихідний сигнал системи  $x(t)$  доступний спостереженню та реєстрації на інтервалі часу довжиною  $T$ .

Припустимо, що дана система може знаходитись в одному із станів  $s_0, s_1, \dots, s_r$ . Стан системи

зумовлений значенням  $Z_k$  та станом ЗВ. На інтервалі  $T$  стан системи не змінюється, але може змінюватись при переході системи від одного інтервалу до іншого, якщо розглядається їх послідовність. Припустимо також, що система є стохастичною і сигнал

$x(t)$  для кожного із станів системи треба розглядати як випадковий процес, реалізації якого доступні спостереженню на інтервалі часу  $[t_0, t_0 + T]$ , де  $t_0$  – початковий момент. Для простоти запису у подальшому приймемо  $t_0=0$ .

Позначимо випадковий процес на виході системи через  $\xi(t)$ :

$$\xi(t) = s(t) + \chi(t).$$

Завада  $\chi(t)$ , що наведена у шлейфі сигналізації, може бути представлена як випадкова функція часу. В часовій області - це випадкові імпульсні коливання, тривалість яких дорівнює 0,1 – 10 мс. В частотній області ця функція має неперервний спектр від нульової частоти до  $10^6$  Гц та нескінчений період. У випадку розміщення ліній шлейфу охоронної сигналізації в мережних кабелях значення амплітуди наведених сигналів у вказаному частотному діапазоні складає величину порядку 1 – 10 В, що дорівнює чи перевищує значення амплітуди корисного сигналу.

Корисний контрольний сигнал  $s(t)$  може бути представлений як:

$$s(t) = A_{si} \times f(t, \{n\}), \quad (3)$$

де  $A_{si}$  – інформаційний параметр (амплітуда) сигналу  $s(t)$ .

Це випадкова величина, що приймає ряд допустимих значень  $A_{s0}, A_{s1}, \dots, A_{sr}$ , які відповідають можливим станам охоронної системи;  $f(t, \{n\})$  – детермінована функція часу  $t$  та сукупності параметрів  $\{n\}$ , що визначають форму та часове положення контрольного сигналу. Контрольний сигнал (3) в частотній області має постійну складову та лінійний спектр з частотами  $n\omega$ ,  $n = 0, 1, 2, \dots, N$ ;  $\omega=2\pi/T$  ( $T$  – період повторення контрольного сигналу). При  $T$  порядку 1 – 10 мс лінійний спектр сигналу займає область до 1 кГц. Таким чином, спектр корисного сигналу міститься всередині спектру завади і виділити його простою фільтрацією неможливо.

Позначимо вибрану реалізацію випадкового процесу  $\xi(t)$  після аналогового фільтру на інтервалі часу  $[0, T]$  з його нескінченим періодичним продовженням через  $Y(t)$ . Фізичний сигнал, що відповідає цьому процесу, обмежений у часі, має обмежену енергію. Розкладемо такий сигнал на інтервалі спостереження  $[0, T]$  у дискретний ряд Фур'є:

$$Y(t) = \sum_{k=0}^{k=\infty} (A_k \cos k\omega t + B_k \sin k\omega t), \quad (4)$$

де  $A_k, B_k$  – коефіцієнти розкладення ряду Фур'є, що визначаються за методом Ейлера-Фур'є [10],  $\omega = 2\pi/T$ .

Сходимость цього ряду забезпечується у кожній точці інтервалу  $[0, T]$  за рахунок згладжувальних властивостей аналогового фільтру. Будемо розглядати цей вираз як математичну модель, що фізично відповідає походженню сигналу  $Y(t)$  як суперпозиції

реально існуючих гармонійних складових контрольного сигналу  $s(t)$  та завади  $\chi(t)$ , або як суперпозицію (адитивну суміш) контрольного сигналу  $s(t)$  та спектральних складових завади.

Нехай аналоговий фільтр АФ системи охорони має детерміновану обмежену смугу пропускання  $\Delta F$ , погоджену з частотним спектром контрольного сигналу  $s(t)$ . Допустимо, що після проходження через АФ сигнал  $s(t)$  має вигляд:

$$s(t) = B_{si} \times g(t, \{n\}), \quad (5)$$

де  $B$  – амплітуда сигналу, що визначається станом охоронної системи та коефіцієнтом передачі фільтра;  $g(t, \{n\})$  – детермінована функція часу  $t$  та сукупності параметрів  $\{n\}$  контрольного (випробувального) сигналу, що визначається з урахуванням амплітудно-частотної характеристики АФ.

Завада  $\chi(t)$ , що наведена у шлейфі охоронної сигналізації, після проходження через АФ може бути представлена як випадкова функція часу, що допускає представлення нескінченим рядом Фур'є. З урахуванням диференціальних властивостей функції завади на виході аналогового фільтра допустимо можливість представлення функції завади скінченим рядом Фур'є, число членів  $N_{max}$  якого забезпечує потрібну точність представлення:

$$\chi(t) = \sum_{k=0}^{k=N_{max}} (A_{\chi k} \cos k\omega t + B_{\chi k} \sin k\omega t), \quad (6)$$

де  $A_{\chi k}, B_{\chi k}$  – коефіцієнти розкладення ряду Фур'є для завади.

Представимо вираз (4) для  $Y(t)$  у вигляді:

$$Y(t) = B_{si} \times g(t, n) + \sum_{k=0}^{k=N_{max}} (A_{\chi k} \cos k\omega t + B_{\chi k} \sin k\omega t). \quad (7)$$

Цей вираз (7) для  $Y(t)$  відповідає математичній моделі сигналу, що спостерігається на інтервалі  $[0, T]$  як суперпозиція (адитивна суміш) контрольного сигналу  $s(t)$  та спектральних складових завади  $\chi(t)$ .

Розглянемо вираз (7) з точки зору можливості визначення невідомої величини амплітуди (інформаційного параметру) контрольного сигналу  $B_{si}$ , що відповідає одному з можливих станів охоронної системи. Позначимо цю величину, як невідому  $X_0$ . Відповідно, коефіцієнти  $A_{\chi k}, B_{\chi k}$  ( $k = 1, 2, \dots, N = N_{max}$ ) позначимо, як невідомі  $X_1, X_2, \dots, X_{2N}$ . Тоді вираз (7) для  $Y(t)$  набуде вигляду:

$$X_0 \times g(t, n) + X_1 \times \cos \omega t + X_2 \times \sin \omega t + X_3 \times \cos 2\omega t + X_4 \times \sin 2\omega t + \dots + X_{2N} \times \sin N\omega t = Y(t). \quad (8)$$

Зробимо  $(2N+1)$  часовий відлік процесу  $Y(t)$  (8), що спостерігається. В результаті відліків одержимо систему  $(2N+1)$  лінійних рівнянь для  $(2N+1)$  невідомих, що мають вигляд:

$$X_0 \times g(t_1, n) + X_1 \times \cos \omega t_1 + X_2 \times \sin \omega t_1 + X_3 \times \cos 2\omega t_1 + X_4 \times \sin 2\omega t_1 + \dots + X_{2N} \times \sin N\omega t_1 = Y(t_1)$$

$$X_0 \times g(t_2, n) + X_1 \times \cos \omega t_2 + X_2 \times \sin \omega t_2 + X_3 \times \cos 2\omega t_2 + X_4 \times \sin 2\omega t_2 + \dots + X_{2N} \times \sin N\omega t_2 = Y(t_2)$$

$$X_0 \times g(t_r, n) + X_1 \times \cos \omega t_r + X_2 \times \sin \omega t_r + X_3 \times \cos 2\omega t_r + X_4 \times \sin 2\omega t_r + \dots + X_{2N} \times \sin N\omega t_r = Y(t_r), \text{ де } r = (2N+1).$$

Ця система може бути вирішена відносно невідомої  $X_0$ , що дозволяє прийняти рішення щодо стану системи за час, що не перевищує  $t$ , де  $t \in [0, T]$ .

Наведемо приклад, що пояснює викладене вище. Контрольний сигнал на виході АФ визначимо, наприклад, як:

$$u(t) = B_{si} \exp - (\pi/3 - t)^2$$

де  $B_{si}$  – амплітуда сигналу, що відповідає дії оператора  $S_i$  засобу виявлення охоронної системи. Позначимо  $B_{si}$  через змінну  $X_0$ , тоді  $u(t) = X_0 \exp - (\pi/3 - t)^2$ .

Сигнал завади сигнал на виході АФ визначимо спрощено, з урахуванням тільки двох спектральних складових, наприклад, як:

$$v(t) = X_1 \cos t + X_2 \sin t + X_3 \cos 2t + X_4 \sin 2t.$$

Сигнал на виході АФ представляється, як:

$$A(t) = u(t) + v(t) = X_0 \exp - (\pi/3 - t)^2 + X_1 \cos t + X_2 \sin t + X_3 \cos 2t + X_4 \sin 2t.$$

Можливі апіорні значення невідомих  $X_0, X_1, X_2, X_3$  та  $X_4$  назначимо в табл. 1.

Таблиця 1

Апіорні значення невідомих

| $X_0$ | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1,0   | 2,0   | 0,3   | 0,4   | 0,5   |

Час  $T$  спостереження (вимірювання) вихідного сигналу АФ прийемо рівним  $T = 2\pi$ , спектральні складові завади мають колові частоти  $\omega_1 = 1, \omega_2 = 2$ . Візьмемо відліки, яких потрібно не менш ніж 5, з інтервалом  $\pi/6$  с.

Апіорні значення параметрів у деяких одиницях (наприклад, вольти), представлені у табл. 2.

Таблиця 2

Апіорні значення параметрів контрольного сигналу

| t (сек)                           | 0     | $\pi/6$ | $\pi/3$ | $\pi/2$ | $2\pi/3$ |
|-----------------------------------|-------|---------|---------|---------|----------|
| $X_0 \times \exp - (\pi/3 - t)^2$ | 0,334 | 0,760   | 1,0     | 0,760   | 0,334    |
| $X_1 \cos t$                      | 2     | 1,732   | 1,0     | 0       | -1,0     |
| $X_2 \sin t$                      | 0     | 0,15    | 0,26    | 0,3     | 0,26     |
| $X_3 \cos 2t$                     | 0,40  | 0,20    | -0,20   | -0,4    | -0,2     |
| $X_4 \sin 2t$                     | 0     | 0,433   | 0,433   | 0       | -0,433   |
| A(t)                              | 2,734 | 3,275   | 2,493   | 0,66    | -1,039   |

На рис. 2 представлено графіки функцій контрольного сигналу та сигналу, що спостерігається (суміш контрольного сигналу та завади), які побудовані на основі даних табл. 2.

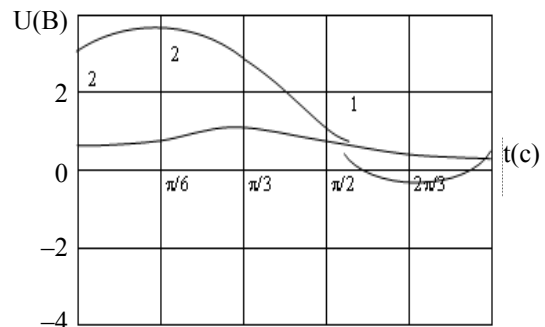


Рис. 2. Контрольний сигнал (1) та сигнал, що спостерігається

Таблиця 3

Апіорні значення параметрів сигналу, що спостерігається

| A(t)                 | $\exp - (\pi/3 - t)^2 \times X_0$ | $\cos t \times X_1$ | $\sin t \times X_2$ | $\cos 2t \times X_3$ | $\sin 2t \times X_4$ |
|----------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| $A(0) = 2,734$       | $0,334 \times X_0$                | $1 \times X_1$      | $0 \times X_2$      | $1 \times X_3$       | $0 \times X_4$       |
| $A(\pi/6) = 3,275$   | $0,760 \times X_0$                | $0,866 \times X_1$  | $0,5 \times X_2$    | $0,5 \times X_3$     | $0,866 \times X_4$   |
| $A(\pi/3) = 2,493$   | $1 \times X_0$                    | $0,5 \times X_1$    | $0,866 \times X_2$  | $-0,5 \times X_3$    | $0,866 \times X_4$   |
| $A(\pi/2) = 0,66$    | $0,760 \times X_0$                | $0 \times X_1$      | $1 \times X_2$      | $-1 \times X_3$      | $0 \times X_4$       |
| $A(2\pi/3) = -1,039$ | $0,334 \times X_0$                | $-0,5 \times X_1$   | $0,866 \times X_2$  | $-0,5 \times X_3$    | $-0,866 \times X_4$  |

Представляючи дані табл. 2 у формі табл. 3, одержимо наступну систему лінійних рівнянь:

$$0,334 \times X_0 + 1 \times X_1 + 0 \times X_2 + 1 \times X_3 + 0 \times X_4 = 2,734$$

$$0,760 \times X_0 + 0,866 \times X_1 + 0,5 \times X_2 + 0,5 \times X_3 + 0,866 \times X_4 = 3,275$$

$$1 \times X_0 + 0,5 \times X_1 + 0,866 \times X_2 - 0,5 \times X_3 + 0,866 \times X_4 = 2,493$$

$$0,760 \times X_0 + 0 \times X_1 + 1 \times X_2 - 1 \times X_3 + 0 \times X_4 = 0,66$$

$$0,334 \times X_0 - 0,5 \times X_1 + 0,866 \times X_2 - 0,5 \times X_3 - 0,866 \times X_4 = -1,039$$

Виключаючи з системи рівнянь змінні  $X_4, X_3, X_2$  та  $X_1$ , одержимо значення  $X_0 \approx 0,99$ .

Підсумовуючи вищевикладене, можна зробити висновок, що у загальному випадку оцінка інформаційного параметра може бути визначена як функція від вектору вибірки  $\{A(t_1), A(t_2), A(t[2N+1])\}$  та множини констант  $\{\cos k\omega t\}$ ,  $\{\sin k\omega t\}$ , де  $k = 1, 2, \dots, N$ .

З іншого боку, оцінка представляється через лінійну форму значень вибірки з певними ваговими константами, тобто при обчисленні оцінки досить застосовувати тільки операції множення та сумування. Крім того, відмітимо, що метод вирішення системи лінійних рівнянь повинен бути орієнтований на визначення тільки однієї змінної, в даному випадку  $X_0$ , що суттєво дозволяє зменшити обсяг розрахунків та спростити алгоритм обчислення.

Спеціального розгляду потребує аналіз помилок обчислення оцінки та ймовірносних характеристик помилок оцінки параметрів корисного сигналу.

Із застосуванням методів лінійного програмування та певних класів функцій, що описують вимірювальний сигнал та міжсистемну заваду, в рамках цієї роботи одержані результати, що підтверджують можливість виділення корисного сигналу амплітудою близько 1 В із суміші з завадовим сигналом, амплітуда якого досягає декілька вольт, без застосування методів інтегрування чи синхронного детектування, за час однієї вибірки сигналу.

Доцільне проведення подальших досліджень у цьому напрямку, що дозволить сформувати у технічних вимогах стандартів та номенклатурі показників параметрів для шлейфів сигналізації ППК вимоги до завод, що діють на шлейфи охоронної сигналізації, та визначити рівень заводостійкості охоронних систем, а також створити зразки нових, заводостійких довгих сигнальних шлейфів та ППК.

## Висновок

Таким чином, запропонована математична модель адитивної суміші корисного та завадового сигналу сис-

теми охорони, що представлена сумою функції з невідомим інформаційним параметром та скінченого ряду Фур'є, в умовах обмеженого часу та наведеної завади, максимальне амплітудне значення якої значно перевищує амплітуду корисного сигналу, дозволяє визначити параметри корисного сигналу, що визначає стан системи охорони військового об'єкту.

## Список літератури

1. Закон України № 638-IV від 20.03.03 р. «Про боротьбу з тероризмом».
2. Средства охранной, пожарной и охранно-пожарной сигнализации. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 25 с.
3. Белявін В.Ф. Умови стійкості рішення багатовимірної системи лінійних рівнянь як математичної моделі випадкового сигналу лінії зв'язку систем охорони військових об'єктів / В.Ф. Белявін, В.М. Миронович, Ю.О. Саричев // Збірник наук. пр. ННДЦ ОТ і ВБ України, 2007. – Вип. 3(37). – С. 70-75.
4. Жураковский Ю.П. Каналы связи / Ю.П. Жураковский, В.Д. Назаров. – К.: Вища школа, 1985. – 223 с.
5. Совместимость радиоэлектронных средств электромагнитная. Термины и определения. – ГОСТ 23611-79.
6. Средства охранной, пожарной и охранно-пожарной сигнализации. Типы, основные параметры и размеры. – ГОСТ 26342-84.
7. Зюко А.Г. Теория передачи сигналов: учеб. для вузов / А.Г. Зюко, Ю.Ф. Коробков. – М.: Связь, 1972. – 282 с.
8. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях: В 2-х томах: пер. с франц. / Ж. Макс. – М.: Мир, 1983. – Т. 2. – 256 с.
9. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях: В 2-х томах. Пер.с франц. / Ж. Макс. – М.: Мир, 1983. – Т. 1. – 312 с.
10. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Том 3 / Г.М. Фихтенгольц. – М., 1969. – 656 с.

Надійшла до редколегії 10.02.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук. проф. С.А. Калкаманов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЛУЧАЙНОГО СИГНАЛА АНАЛОГОВОГО ПРОВОДНОГО КАНАЛА СИГНАЛИЗАЦИИ ОХРАННЫХ СИСТЕМ ВОЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ МНОГОМЕРНОЙ СИСТЕМЫ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ

В.Ф. Белявін, Р.М. Чигрін, В.М. Миронович

Изложено обоснование математической модели аддитивной смеси полезного и помехового сигналов для аналогового проводного канала сигнализации системы охраны военных объектов. Полезный сигнал представляется как детерминированная функция с неизвестным информационным параметром. Помеховый сигнал представлен как текущая реализация случайного процесса, который представлен на ограниченном интервале наблюдения в виде конечного ряда Фурье. Информационный параметр полезного сигнала, который определяет состояние охранной системы, находится как решение системы линейных алгебраических уравнений.

**Ключевые слова:** математическая модель, сигнал, помеха, аддитивная смесь, ряд Фурье,.

## MATHEMATICAL MODEL OF THE CASUAL SIGNAL OF THE ANALOG WIRE CHANNEL OF THE ALARM SYSTEM OF SECURITY SYSTEMS OF MILITARY OBJECTS ON THE BASIS OF MULTIDIMENSIONAL SYSTEM OF THE ALGEBRAIC LINEAR EQUATIONS

V.F. Belyavin, R.N. Chigrin, V.M. Mironovich

The substantiation of mathematical model of an additive mix useful and casual signals for the analogue wire channel of the alarm system of system of protection of military objects is stated. The useful signal is represented as the determined function with unknown information parametre. Casual signal is presented as current realisation of casual process which is presented on the limited interval of supervision in the form of final Fourier's number. The information parametre of a useful signal which defines a condition of security system, is as the decision of system of the linear algebraic equations.

**Keywords:** mathematical model, a signal, the casual signal, an additive mix, Fourier's number.