

УДК 004.045:621.396.967.2

І.В. Свид, А.І. Обод

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

## ОЦІНКА ЯКОСТІ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПОЖИВАЧІВ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ ІДЕНТИФІКАЦІЙНИМИ СИСТЕМАМИ

В статті наводиться оцінка якості інформаційного забезпечення споживачів даними ідентифікаційної системи як одного із головних інформаційних ресурсів системи контролю повітряного простору.

**Ключові слова:** інформаційне забезпечення, системи спостереження

### Вступ

#### Постановка проблеми та аналіз літератури.

Головним інформаційним ресурсом (ІР) системи КПП є первинні та ідентифікаційні системи спостереження (СС), обробка даних (ОД) яких і є основою для прийняття рішень [1, 2]. Дійсно первинні СС надають інформацію «де» знаходиться повітряний об'єкт (ПО), а система ідентифікації (СІ) «хто» він.

Правильне рішення може бути прийнято лише тоді, коли є досить повна, точна, достовірна й безперервна інформація про повітряну обстановку в зоні управління яка надається зазначеним ІР.

**Метою роботи** є оцінка якості інформаційного забезпечення системами ідентифікації.

### Основна частина

Інформаційні здатності СІ будемо характеризувати імовірністю виявлення ПО  $P_c$ , яку визначають як імовірність отримання потрібного числа СВ на запити СІ, яка розглядається. Розглянемо залежність цього показника  $P_c$  від інтенсивності потоку сигналів запиту (СЗ).

Наземний радіозапитувач прийме СВ від літакового відповідача (ЛВ) тоді і тільки тоді, якщо одночасно відбудуться дві події:

- ЛВ прийме, правильно декодує СЗ і сформує СВ (імовірність цієї події дорівнює коефіцієнту готовності ЛВ  $P_0$ );
- сигнал відповіді ЛВ прийме та виявить наземний радіозапитувач (НРЗ).

Розглянемо імовірності цих двох подій при наявності завад та проаналізуємо імовірність одночасного їх виконання.

Слід зазначити, що ЛВ СІ є відкритою одноканальною системою масового обслуговування з відмовами[3]. Після прийому СЗ ЛВ закривається на час паралізації котрий достатньо великий для режиму імітостійкої ідентифікації.

Будемо вважати, що сумарний потік завад утворюється потоком СЗ сусідніх СІ, потоком наземних корельованих завад від зацікавленої сторо-

ни та потоком хаотичних імпульсних завад. Розрахунки проведемо для сумарного потоку СЗ імітостійких режимів і для існуючих алгоритмів виявлення ПО.

Вплив потоку СЗ призводить до паралізації ЛВ на час паралізації, який визначається СЗ. Хаотична імпульсна завада (навмисна або ненавмисна) впливає на роботу ЛВ двобічно:

- по-перше, подавляє окремі імпульси СЗ, що робить неможливим обслуговування даного СЗ;
- по-друге, паралізує ЛВ через утворення хибних СЗ (хибна тривога першого та другого роду).

Оцінимо завадостійкість ЛВ при впливі вказаних завад. При надходженні на вхід ЛВ потоків СЗ і хаотичних імпульсних завад (ХІЗ) відповідач не сформує СВ, якщо станеться хоча б одна з таких несприятливих ситуацій:

- СЗ даного запитувача подавиться через утворення з ХІЗ випереджаючих хибних СЗ, які призводять до випромінювання СВ або спрацьовування схеми ПБП (позначимо імовірність даної ситуації  $P_1$ );
- сигнал запиту даного запитувача подавиться через випереджаючі СЗ сусідніх запитувачів або запитувачів зацікавленої сторони (позначимо імовірність цієї ситуації  $P_2$ ).

Визначимо імовірності цих подій в припущенні, що потоки СЗ і ХІЗ впливають на коди СЗ даного запитувача незалежно один від одного і кількість джерел, що формують загальний потік СЗ, достатня для характеристики потоку як пуассонівського.

Нехай на вхід відповідача поступають:

- потік ХІЗ інтенсивністю  $\lambda_0$ ;
- потік СЗ інтенсивністю, який включає потік СЗ сусідніх запитувачів і потік СЗ, імітованих зацікавленою стороною  $\lambda_1$ ;
- потік СЗ, які викликають спрацьовування схеми подавлення бічних пелюсток, інтенсивністю  $\lambda_2$ .

Припустимо також, що загальні потоки СЗ складаються з  $k$  частин неімітостійкого режиму та  $(1 - k)$  частин імітостійкого режиму.

Сумісна дія ХІЗ і потік СЗ призводить до високочастотного подавлення окремих імпульсів ПСЗ

при несприятливих фазових співвідношеннях, внаслідок чого інтенсивність потік СЗ зменшується.

Імовірність того, що хоча б один імпульс ХІЗ збіжиться за часом з імпульсом потоку СЗ і подавить його, становить

$$P_p = \gamma [1 - e^{-\lambda_0 \tau_0}],$$

де  $\gamma$  – коефіцієнт інтерференційного подавлення, який визначає імовірність інтерференційного подавлення імпульсу прийнятого СЗ при його збіжності за часом з імпульсом завади.

Через високочастотне подавлення зменшується інтенсивність потоку СЗ, які викликають випромінювання СВ:

$$\lambda_{11} = \lambda_1 (1 - P_p)^n,$$

та інтенсивність ПСЗ, які викликають спрацьовування схеми ПБП:

$$\lambda_{21} = \lambda_2 (1 - P_p)^n,$$

де  $n$  – кількість імпульсів у СЗ.

Імовірність того, що хоча б один СЗ потрапить в випереджаючий інтервал і подавить СЗ даної СІ за рахунок часу паралізації  $t_1$  ЛВ в неімітостійкому режимі при випромінюванні СВ, визначається відповідно:

від ХІЗ:

$$P_{11} = 1 - e^{-\lambda_x t_1},$$

від ПСЗ:

$$P_{12} = 1 - e^{-k \lambda_1 t_1},$$

де  $\lambda_x$  – середня кількість хибних  $n$ -імпульсних кодів, що призводять до випромінювання СВ.

Середню кількість хибних  $n$ -імпульсних кодів, які призводять до випромінювання СВ, можна визначити за формулою

$$\lambda_x = n \tau_0^n \lambda_0^{n-1} \left(1 - \frac{\tau_s}{\tau_0}\right),$$

де  $\tau_s$  – тривалість селекції імпульсів за часом.

Імовірність того, що хоча б один СЗ потрапить в випереджаючий інтервал і подавить СЗ даної СІ за рахунок часу паралізації  $t_2$  ЛВ в імітостійкому режимі при випромінюванні СВ, визначається відповідно:

від ХІЗ:

$$P_{13} = 1 - e^{-\lambda_x t_2},$$

від ПСЗ:

$$P_{14} = 1 - e^{-k \lambda_1 t_2}.$$

Результуюча імовірність подавлення СЗ даного запитувача системи через паралізацію відповідача при випромінюванні СВ складає

$$P_1 = \prod_{i=1}^4 (1 - P_{1i}). \quad (1)$$

Тут і далі розрахунки проведено за умови, що інтенсивність  $\lambda_2$  ПСЗ, випромінюваних по бічним

пелюсткам ДС антени запитувача, в три рази перевищує інтенсивність  $\lambda_0$  ПСЗ, випромінюваних по основних пелюстках діаграм спрямованості антени запитувача. Імовірність  $P_2$  того, що хоча б один СЗ попаде в випереджаючий інтервал і подавить СЗ даної запитальної СС за рахунок часу паралізації  $t_3$  ЛВ при спрацьовуванні схеми ПБП в неімітостійкому режимі, визначається відповідно:

від ХІЗ:

$$P_{21} = 1 - e^{-\lambda_x t_3},$$

від ПСЗ:

$$P_{22} = 1 - e^{-k \lambda_2 t_3}.$$

Імовірність того, що хоча б один СЗ попаде в випереджаючий інтервал і подавить СЗ даної запитальної СС за рахунок часу паралізації  $t_4$  ЛВ при спрацьовуванні схеми ПБП в імітостійкому режимі, визначається відповідно:

від ХІЗ:

$$P_{23} = 1 - e^{-\lambda_x t_4};$$

від ПСЗ:

$$P_{24} = 1 - e^{-(1-k) \lambda_2 t_4}.$$

Результуюча імовірність подавлення СЗ даного запитувача запитальної СС через паралізацію відповідача при прийманні СЗ по бічних пелюстках ДС антени запитувача становить

$$P_2 = \prod_{i=1}^4 (1 - P_{2i}). \quad (2)$$

Якщо середня кількість СЗ перевищує припустиму величину завантаження відповідача  $\lambda_m$ , то імовірність відповіді при роботі схеми обмеження завантаження ЛВ зменшується і становить

$$P_{lv} = \frac{\lambda_m}{\lambda_3},$$

де  $\lambda_3 = \lambda_1 + \lambda_2$ .

Використав (1) та (2) імовірність випромінювання відповіді ЛВ на запит даної запитальної СС можливо записати:

$$\text{при } \lambda_3 < \lambda_2 P_0 = (1 - P_1)(1 - P_2),$$

$$\text{при } \lambda_3 > \lambda_2 P_0 = P_{lv} [(1 - P_1)(1 - P_2)].$$

Розрахунки за наведеними виразами наведені на рис. 1. При цьому вважали, що інтенсивність потоку ХІЗ

$$\lambda_0 = 0; 2 \cdot 10^4; 4 \cdot 10^4,$$

а інтенсивність  $\lambda_1$  ПСЗ, які призводять до випромінювання СВ, в п'ять разів менше інтенсивності  $\lambda_2$  потоку СЗ, які викликають спрацьовування схеми подавлення бічних пелюсток.

З наведених результатів можна зробити такі висновки:

- збільшення інтенсивності потоку СЗ призводить до різкого зниження коефіцієнта готовності

ЛВ; дійсно, з рис. 1 видно, що постановка навмисної корельованої завади інтенсивністю 5000 призводить до зниження КГ ЛВ з 1 до 0,3.

- некорельовані завади (ХІЗ) порівняно слабо впливають на КГ ЛВ.

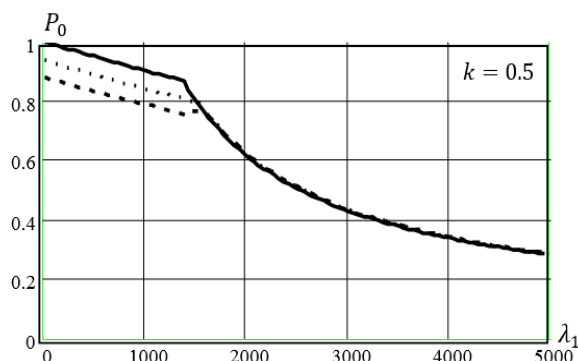


Рис. 1. Оцінка КГ ЛВ

Таким чином, наведена оцінка КГ ЛВ вказує на низьку стійкість ЛВ до впливу навмисних корельованих завад і дозволяє інформаційні здібності ЛВ.

Проведемо оцінку якості ІЗСІ у цілому.

Будемо вважати, що апаратура оброблення запитувача реалізує двоетапний алгоритм квазіоптимального виявлення пачки СВ, а коефіцієнт готовності ЛВ постійний в межах всієї пачки СВ. На вхід приймача НРЗ надходить потік СВ.

При відсутності завад імовірність виявлення пачки СВ запитувачем, а тобто ПО СІ, при застосуванні логіки "к із М" визначається за такою формулою:

$$P_{i0} = \sum_{i=k}^M C_M^i P_0^i (1 - P_0)^{M-i}$$

Залежність імовірності виявлення ПО  $P_{i0}$  СІ від інтенсивності  $\lambda_2$  ПСЗ, які призводять до випромінювання СВ, наведено на рис. 2.

При розрахунках вважали, що інтенсивність  $\lambda_1$  потоку СЗ, які призводять до випромінювання СВ, в п'ять разів менше інтенсивності  $\lambda_2$  потоку СЗ, які викликають спрацювання схеми ПБП.

З рис. 2 видно, що збільшення інтенсивності потоку СЗ при несанкціонованому використанні відповідачів призводить до суттєвого зниження імовірності виявлення ПО СІ. Так, для коефіцієнта неімітостійкості  $k = 0,5$  збільшення інтенсивності ПСЗ  $\lambda_1$  до 5000 призводить до зниження  $P_{i0}$  до 0,2. Практично це вказує на можливість повної паралізації існуючої СІ при несанкціонованому використанні відповідачів зацікавленою стороною.

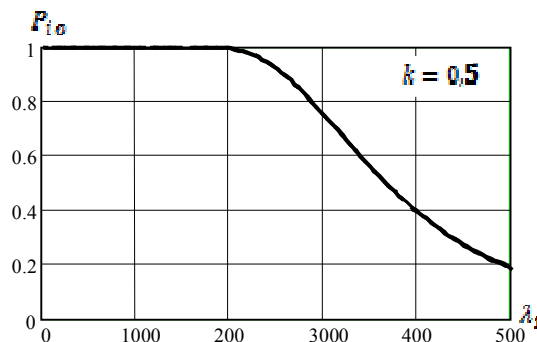


Рис. 2. Імовірність ідентифікації ПО

## Висновок

Наведені розрахунки показали низьку якість ІЗ користувачів СІ за рахунок можливого впливу на таку систему навмисних корельованих завад.

## Список літератури

1. Автоматизированные системы управления воздушным движением: Новые информационные технологии в авиации / Под ред. С.Г. Пятко и А.И. Краснова. – СПб.: Политехника, 2004.
2. Фарина А. Цифровая обработка радиолокационной информации / А.Фарина, Ф.Студер. – М.: Радио и связь, 1993. – 319 с.
3. Обод І.І. Інформаційна мережа систем спостереження повітряного простору / І.І. Обод, О.О. Стрельницький, В.А. Андрусевич. – Х.: ХНУРЕ, 2015. – 270 с.

Надійшла до редколегії 13.01.2017

Рецензент: д-р техн. наук професор. О.А.Сєрков, Національний технічний університет «ХП», Харків.

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА ИДЕНТИФИКАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ

И.В. Свид, А.И. Обод

The article provides an assessment of the quality of information supply to consumers of data of the identification system as one of the main information resources of the airspace control system.

**Ключевые слова:** информационное обеспечение, системы наблюдения.

## EVALUATION OF THE QUALITY OF INFORMATION SUPPORT FOR CONSUMERS OF AIRSPACE CONTROL SYSTEM BY IDENTIFICATION SYSTEMS

I.V. Svyd, A.I. Obod

The article, based on the consideration of issues of primary, secondary and tertiary processing of data, developed structure of information processing technology of air space surveillance systems.

**Keywords:** information support, surveillance systems.