

УДК 621.396.96

І.І. Обод, В.В.Шевцова

Національний технічний університет «ХПІ», Харків

## ПРОПУСКНА СПРОМОЖНІСТЬ ВІДПОВІДАЧІВ ЗАПИТАЛЬНИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧІ ПОЛЬОТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

У статті наводиться оцінка відносної пропускної спроможності відповідачів запитальних каналів передачі польотної інформації системи контролю повітряного простору на основі представлення останніх у вигляді несинхронної мережі та систем масового обслуговування з відмовами при дії корельованих та некорельованих завад. Показано, що при дії корельованої завади достатньої інтенсивності відносна пропускна спроможність літакових відповідачів знижується до гранично допустимих.

**Ключові слова:** пропускна спроможність, відповідач, запитальні канали передачі інформації.

### Вступ

**Постановка проблеми й аналіз літератури.** Інформаційне забезпечення (ІЗ) системи контролю повітряного простору (ПП) здійснюється первинними та вторинними (запитальними) системами спостереження (СС) [1]. До основної функції останньої належить отримання на пунктах управління польотної інформації (ПІ) з борту повітряного об'єкту (ПО) та ідентифікація ПО. Однак побудова цієї інформаційної системи на принципах систем спостереження, що передбачає вимір координат ПО на запитувачі, як показано у [2], суттєво знижує можливість отримання ПІ. Для зниження негативного впливу завад на якість ІЗ у [3] запропоновано здійснити спадкоємний перехід до запитальних систем передачі ПІ, що дозволяє виключити потребу у обчислюванні координат ПО на запитувачі.

**Мета роботи.** Оцінка відносної пропускної здатності (ВПЗ) відповідачів запитальних систем передачі ПІ при дії корельованих (КЗ) та некорельованих (НКЗ) завад.

### Основна частина

Відомо, що основними найбільш ефективними завадами для відповідачів є КЗ та НКЗ [2]. Це обумовлено тим, що існуюча мережа запитувачів та літакових відповідачів (ЛВ) побудована на принципі несинхронної мережі, а сам ЛВ – на принципі одноканальної системи масового обслуговування з відмовами.

Вплив потоку сигналів запиту (ПСЗ) призводить до паралізації ЛВ на час паралізації, який визначається режимом запиту. Зазначимо, що при прийомі сигналів запиту (СЗ) за основною пелюсткою діаграми спрямованості антени (ДСА) запитувача ЛВ повністю паралізується на час обслуговування, при прийомі СЗ по бічним пелюсткам ДСА ЛВ паралізується на час між імпульсом СЗ, амплітуда якого запам'ятовується, і імпульсом подавлення

бічних пелюсток (ПБП). НКЗ (навмисна або ненавмисна) впливає на роботу ЛВ двоюко:

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

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

- СЗ даного запитувача подавиться через утворення з НКЗ випереджаючих хибних СЗ (хибна тривога першого роду), які призводять до випромінювання СВ або спрацьовування схеми ПБП (імовірність даної ситуації  $P_1$ );
- СЗ даного запитувача подавиться через випереджаючі СЗ сусідніх запитувачів або КЗ (імовірність цієї ситуації  $P_2$ );
- окремі імпульси СЗ даного запитувача подавляться на високій частоті через збіг за часом імпульсів різних СЗ при несприятливих фазових співвідношеннях (імовірність  $P_3$ );
- СЗ даного запитувача подавиться через випереджаючі хибні СЗ, що утворюються при взаємодії першого імпульсу СЗ даного запитувача з випереджаючими (на базу коду) імпульсами НКЗ або СЗ (хибна тривога другого роду) і призводять до випромінювання СВ або спрацьовування схеми ПБП (позначимо імовірність ситуації  $P_4$ );
- СЗ даного запитувача подавиться через появу на позиції сигналу хибного імпульсу подавлення, який утворився з завад (імовірність  $P_5$ );
- СЗ подавиться через спрацьовування схеми часової селекції відповідачів (імовірність  $P_6$ );
- СЗ подавиться через інерційність схем вхідних формувачів дешифратора і обмеження завантаження відповідача (імовірність  $P_7$ ).

Визначимо імовірності цих подій в припущенні, що потоки СЗ і НКЗ впливають на СЗ даного запитувача незалежно один від одного і кількість

джерел, що формують загальний потік СЗ, достатньо велика для характеристики потоку як пуассонівського. Нехай на вхід відповідача поступають:

- потік НКЗ інтенсивністю  $\lambda_0$ ;
- потік СЗ інтенсивністю  $\lambda_1$ , який включає ПСЗ сусідніх запитувачів і потік КЗ;
- потік СЗ, які викликають спрацьовування схеми ПБП, інтенсивністю  $\lambda_2$ .

Припустимо, що тривалість імпульсів потоку СЗ однакова, незмінна за часом і збігається з тривалістю імпульсів корисного сигналу. Припустимо також, що загальні потоки СЗ складаються з  $k$  частин неімітостійкого режиму та  $(1-k)$  частин імітостійкого режиму.

Сумісна дія НКЗ і ПСЗ призводить до високочастотного подавлення окремих імпульсів ПСЗ при несприятливих фазових співвідношеннях, внаслідок чого інтенсивність ПСЗ зменшується.

Імовірність того, що хоча б один імпульс НКЗ збіжиться за часом з імпульсом ПСЗ і подавить його, становить

$$P_{\Pi} = \gamma [1 - \exp(-\lambda_0 \tau_0)],$$

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:

$$\lambda_1^1 = \lambda_1 (1 - P_{\Pi})^n,$$

та інтенсивність ПСЗ, які викликають спрацьовування схеми ПБП:

$$\lambda_2^1 = \lambda_2 (1 - P_{\Pi})^n,$$

де  $n$  – кількість імпульсів у СЗ.

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

- від НКЗ:
 
$$P_1^1 = 1 - \exp(-\lambda_x t_1),$$

- від ПСЗ:
 
$$P_1^2 = 1 - \exp(-k \lambda_1 t_1),$$

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

$k = \lambda_{\Pi} / \lambda_1$  – відносна частка неімітостійкого режиму в загальній інтенсивності потоку СЗ;

$\lambda_{\Pi}$  – інтенсивність потоку СЗ неімітостійкого режиму.

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

$$\lambda_x = n \tau_0^n \lambda_0^{n-1} (1 - \tau_c / \tau_0),$$

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

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

- від НКЗ:
 
$$P_1^3 = 1 - \exp(-\lambda_x t_2),$$

- від ПСЗ:
 
$$P_1^4 = 1 - \exp[-(1-k) \lambda_1 t_2].$$

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

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

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 НКЗ:
 
$$P_2^1 = 1 - \exp(-\lambda_x t_3),$$

- від ПСЗ:
 
$$P_2^2 = 1 - \exp(-k \lambda_2 t_3).$$

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 НКЗ:
 
$$P_2^3 = 1 - \exp(-\lambda_x t_4),$$

- від ПСЗ:
 
$$P_2^4 = 1 - \exp[-(1-k) \lambda_2 t_4].$$

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

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

Імовірність подавлення одного будь-якого імпульсу СЗ даного запитувача через збіжність з імпульсами потоків НКЗ і СЗ становить:

$$P_{10} = \gamma [1 - \exp(-\lambda_c \tau_0)],$$

де  $\lambda_c = \lambda_0 + \lambda_1^1 + \lambda_2^1$  – інтенсивність сумарного потоку завад та СЗ.

З урахуванням  $n$  імпульсів СЗ імовірність подавлення сигналу запиту складає

$$P_3 = 1 - (1 - P_{10})^n.$$

Імовірність  $P_4$  подавлення СЗ даного НРЗ через появу випереджаючих хибних кодів запиту, що утворюються в результаті взаємодії першого імпульсу коду запиту з випереджаючими імпульсами ПСЗ і призводять до випромінювання СВ або спрацьовування схеми подавлення бічних пелюсток, визначається співвідношенням

$$P_4 = (1 - P_{01})^n \left[ 1 - (1 - P_{10})^{n+1} \right].$$

Інший співмножник враховує можливі ситуації утворення хибних випереджаючих кодів запиту:  $n$  кодів запиту, що призводять до випромінювання коду відповіді, і одного коду сигналу подавлення, який призводить до спрацьовування схеми ПБП.

Імовірність хибної тривоги другого роду  $P_{01}$  визначається за формулою

$$P_{01} = 1 - \exp(-\lambda_c \tau_0).$$

Імовірність  $P_5$  подавлення запиту даного запитувача через появу на позиції сигналу хибного імпульсу подавлення, який утворився з завад, визначається за формулою

$$P_5 = (1 - P_{10})^n P_{01}^{n-1}.$$

Імовірність  $P_6$  подавлення СЗ в результаті спрацьовування схем часової селекції відповідачів визначається співвідношенням

$$P_6 = 1 - \exp(-2\lambda_c \tau_0).$$

Імовірність  $P_7$  подавлення кодів запиту через інерційність вхідних формувачів ЛВ визначається за формулою

$$P_7 = 1 - (1 - P_f)^n,$$

де  $P_f = 1 - \exp(-\lambda_c \tau_f)$  – імовірність подавлення одного імпульсу коду через інерційність формувача.

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

$$P_{ЛВ} = \lambda_M / \lambda_3,$$

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

Імовірність випромінювання СВ ЛВ на запит даного запитувача становить, що  $i \in$  ВПЗ:

$$\text{при } \lambda_3 < \lambda_M \quad C_0 = \prod_{i=1}^7 (1 - P_i),$$

$$\text{при } \lambda_3 > \lambda_M \quad C_0 = P_{ЛВ} \prod_{i=1}^7 (1 - P_i).$$

Розрахунки за наведеними виразами наведені на рис. 1, 2. При цьому вважали, що інтенсивність потоку НКЗ  $\lambda_0 = 0; 2 \cdot 10^4; 4 \cdot 10^4$ , а інтенсивність  $\lambda_1$  ПСЗ, які призводять до випромінювання сигналу відповіді, в п'ять разів менше інтенсивності  $\lambda_2$  потоку СЗ, які викликають спрацьовування схеми ПБП.

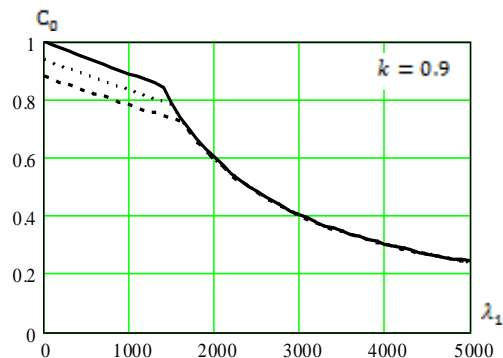


Рис. 1. Оцінка ПС ЛВ

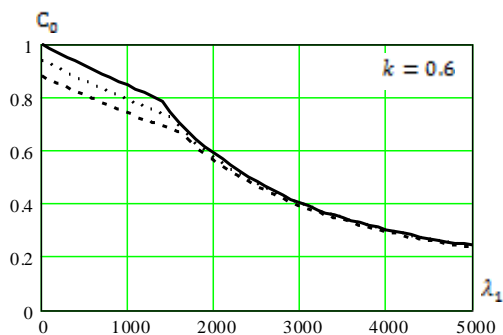


Рис. 2. Оцінка ПС ЛВ

## Висновки

З наведених результатів можна зробити такі висновки:

- збільшення інтенсивності ПСЗ призводить до різкого зниження ВПЗ ЛВ, що вказує на низьку пропускну здатність такої побудови ЛВ;
- некорельовані завади порівняно слабо впливають на ВПЗ. При цьому цей вплив значно зменшується при досягненні ЛВ припустимої величини завантаження;
- збільшення частки імітостійкого режиму в загальному ПСЗ призводить до зниження ВПЗ ЛВ.

Таким чином, наведена оцінка ВПЗ ЛВ вказує на низьку стійкість літакових відповідачів до впливу навмисних корельованих завад.

## Список літератури

1. Савицкий В.И. Автоматизированные системы управления воздушным движением / В.И.Савицкий. – М.: Транспорт, 1986. – 192 с.
2. Обод І.І. Структура та показники якості інформаційного забезпечення споживачів системами спостереження повітряного простору / І.І.Обод, Г.Е. Заволодько // Системи обробки інформації: Збірник наукових праць. – Х.: ХУПС, 2011. – Вип. 8(98). – С. 106-109.
3. Пат. на корисну модель № 58523 Україна, МПК G01S13/00. Спосіб передачі інформації / Обод І.І., Свид І.В., від 03.01.2012.

Надійшла до редколегії 23.10.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.В. Єрмаков, Академія внутрішніх військ МВС України, Харків.

**ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ОТВЕТЧИКОВ ЗАПРОСНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ПОЛЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ**

И.И. Обод, В.В.Шевцова

*В статье приводится оценка относительной пропускной способности ответчиков запросных каналов передачи полетной информации системы контроля воздушного пространства на основе представления последних в виде несинхронной сети и систем массового обслуживания с отказами при воздействии коррелированных и некоррелированных помех. Показано, что при воздействии коррелированных помех достаточной интенсивности относительная пропускная способность самолетных ответчиков снижается до предельно допустимых.*

**Ключевые слова:** пропускная способность, ответчик, запросные каналы передачи информации.

**THE CAPACITY OF THE RESPONDENTS OF THE QUERY-INFORMATION SYSTEMS FLIGHT INFORMATION**

I.I. Obod, V.V. Shevtsova

*The article provides an assessment of the relative capacity of the respondents of the query-information channels flight information airspace monitoring system. The airspace monitoring system is presented in the form of asynchronous networks and queueing systems with refusals in action correlated and uncorrelated noise. It is shown that the relative capacity of the respondents is reduced to the maximum allowable under the influence of sufficient intensity correlated interference.*

**Keywords:** capacity, the respondent, query-information channels.