

УДК 621.396.96

І.І. Обод, В.В. Шевцова

Національний технічний університет «ХПІ», Харків

## ВІДНОСНА ПРОПУСКНА СПРОМОЖНІСТЬ ЗАПИТАЛЬНИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

Наведено оцінку відносної пропускної спроможності запитальних систем передачі інформації як функції від відносної пропускної спроможності літакових відповідачів, критерію міжперіодної обробки польотної інформації та щільності завад у каналі відповіді. Показано, що принцип побудови існуючих запитальних систем передачі інформації, принцип обслуговування сигналів запиту інформації та використаний метод модуляції сигналів суттєвим чином знижує відносну пропускну спроможність запитальних систем передачі інформації.

**Ключові слова:** пропускну спроможність, запитальні системи передачі інформації.

### Вступ

**Постановка проблеми й аналіз літератури.** Відомо, що запитальні системи спостереження (СС) знаходять широке застосування в системах контролю повітряного простору [1] і є основним засобом отримання польотної інформації (ПІ) з борта повітряного об'єкта (ПО). Однак принцип побудови цих СС, принцип обслуговування сигналів запиту та принцип організації мережі цих систем обумовив вкрай низку їх завадостійкість та завадозахищеність. При цьому слід зазначити, що побудова цих систем на принципах СС вкрай знизив імовірність отримання ПІ на наземних пунктах управління [2]. Це обумовлено потребою у визначенні координат ПО, від котрих здійснюються передача ПІ, що проблематично при наявності корельованих завад у каналах запиту та відповіді. Використання ж позиційного коду у якості переносника інформації вимагає високих енергетичних витрат та спричиняє паралізацію літакового відповідача на значний час, що призводить до суттєвого зниження як завадостійкості, так і завадозахищеності.

У роботах [3-4] для підвищення якості інформаційного забезпечення користувачів системи контролю повітряного простору запропоновано перейти від запитальних СС до запитальних систем передачі інформації (ЗСПІ). Відносна пропускну здатність літакових відповідачів розглянута у [5]. Однак актуальним є розгляд відносної пропускної здатності усієї ЗСПІ, тобто каналів запиту та відповіді, що є нічим іншим, як імовірністю отримання ПІ наземними пунктами управління.

**Мета роботи** оцінка відносної пропускної спроможності запитальних систем передачі інформації.

### Основна частина

У ЗСПІ відносна пропускну здатність може бути визначена як

$$C = f(C_0, \vec{V}_m, \vec{V}_k, \vec{V}_{kan}, P_e), \quad (1)$$

де  $C_0$  – відносна пропускну спроможність відповідача;  $\vec{V}_m$  – вектор параметрів модуляції каналу відповіді;  $\vec{V}_k$  – вектор параметрів способу кодування каналу відповіді;  $\vec{V}_{kan}$  – вектор параметрів радіоканалу відповіді;  $P_e$  – імовірність помилки у каналі відповіді.

У каналі відповіді завжди бувають хаотичні імпульсні завади (ХІЗ), котрі призводять як до появи хибних імпульсів у сигналах відповіді, так і до подавлення окремих імпульсів СВ. Імовірності цих подій при припущенні моделі потоку ХІЗ як пуассонівського, визначаються як:

$$P_{01} = 1 - \exp(-\lambda_0 \tau_0);$$

$$P_{10} = 1 - \exp(-\lambda_0 \tau_p [1 - \gamma(1 - \exp(1 - \lambda_0 \tau_0))]),$$

де  $\lambda_0$  – інтенсивність ХІЗ,  $\tau_p$  – час паралізації приймального пристрою після проходження через нього імпульсу завади;  $\gamma$  – коефіцієнт, що визначає імовірність інтерференційного подавлення імпульсу прийнятого сигналу при його збігу в часі з імпульсом завади.

Проведемо оцінку та аналіз відносної пропускної спроможності ЗСПІ, під якою будемо розуміти імовірність правильного прийому ПІ на запитувачі при дії у каналі відповіді некорельованих імпульсних завад та при використанні двох способів обробки інформації:

- декодування з попередньою міжперіодною обробкою (МО);
- декодування з послідуною МО.

Розрахунки будемо робити для випадку, коли літаковий відповідач (ЛВ) випромінює в кожному періоді запиту  $N$  імпульсний позиційний код. Це дозволяє розглянути як метод передавання польотної інформації режиму RBS ( $N = 12$ ), а також і пер-

спективних методів передачі польотної інформації, при котрих  $N$  більше.

При розгляді цього питання будемо вважати, що завади у каналі відповіді діють на окремі імпульси кодової послідовності незалежно й для даного радіоканалу відомі ймовірності  $P_{01}$  й  $P_{10}$  [3]. При декодуванні сигналів ПІ будемо досліджувати в дешифраторі наступну логіку обробки інформації: після декодування будь-якого сигналу координатної відмітки (тобто при наявності двох імпульсів кадру з часовим інтервалом між ними 20,3 мс) здійснюється паралельне зчитування інформації із заданих часових позицій.

Розглянемо декодування з попередньою МО сигналів. Нехай в  $N$ -розрядному коді ПІ інформація значення «1» у розрядах передається на  $r$  позиціях і значення «0» – на інших позиціях, а в пристрої МО використовується логіка  $k/m$ .

У цьому випадку, ймовірності правильного й хибного приймання ПІ на виході дешифратора можна записати як

$$D_1 = D_{k/m}^r (1 - F_{k/m})^{N-r} \times \sum_{i=0}^{m-k} C_m^i C_0^{m-i} (1 - C_0)^i (A_1); \quad (1)$$

$$F_1 = [1 - D_{k/m}^r (1 - F_{k/m})^{N-r}] \times \sum_{i=0}^{m-k} C_m^i C_0^{m-i} (1 - C_0)^i (A_1), \quad (2)$$

де  $A_1 = \left[ \sum_{l=0}^{m-k-i} C_{m-i}^l (1 - P_{10})^{m-l-i} P_{10}^l \right]^2$ ;

$D_{k/m}$  і  $F_{k/m}$  – ймовірності проходження корисних і хибних сигналів через пристрій МО з логікою  $k/m$ , які можуть бути визначені як

$$D_{k/m} = \sum_{i=0}^{m-k} C_m^i P_{10}^i (1 - P_{10})^{m-i}, \quad (3)$$

$$F_{k/m} = \sum_{i=0}^{m-k} C_m^i P_{01}^i (1 - P_{01})^{m-i}. \quad (4)$$

Для випадку декодування з наступною МО прийнятих сигналів ймовірності правильного й хибного приймання ПІ при використанні розглянутої схеми дешифратора можна визначити в такий спосіб.

Ймовірність виявлення коду сигналу координатної відмітки становить

$$P_{2/2} = C_0 (1 - P_{10})^2. \quad (5)$$

Ймовірності правильного приймання й хибного коду польотної інформації на виході пристрою МО сигналів можна визначити відповідно як

$$D_2 = D_{k/m}^r (1 - F_{k/m})^{N-r} \sum_{i=0}^{m-k} C_m^i P_{2/2}^{m-i} (1 - P_{2/2})^i; \quad (6)$$

$$F_1 = [1 - D_{k/m}^r (1 - F_{k/m})^{N-r}] \times \sum_{i=0}^{m-k} C_m^i P_{2/2}^{m-i} (1 - P_{2/2})^i. \quad (7)$$

Підставляючи (5) в (6) і (7) отримуємо

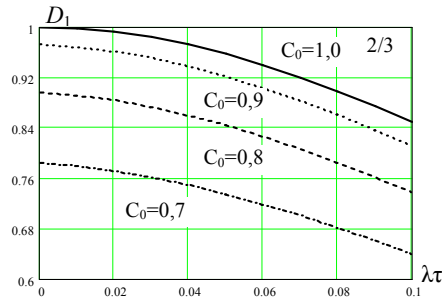
$$D_2 = D_{k/m}^r (1 - F_{k/m})^{N-r} \times \sum_{i=0}^{m-k} C_m^i [C_0 (1 - P_{10})^2]^{m-i} [1 - C_0 (1 - P_{10})^2]^i; \quad (8)$$

$$F_2 = [1 - D_{k/m}^r (1 - F_{k/m})^{N-r}] \times \sum_{i=0}^{m-k} C_m^i [C_0 (1 - P_{10})^2]^{m-i} [1 - C_0 (1 - P_{10})^2]^i. \quad (9)$$

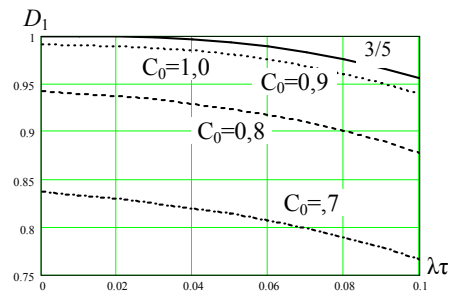
Вищевикладені вирази отримані для загального випадку, коли  $C_0$  й  $P_{10}$  змінні. При  $C_0 = 1$  має місце окремий випадок, коли враховується тільки вплив завад у каналі відповіді.

Дослідження показали що вплив міста проведення МО, при зазначених критеріях, несуттєвий. На рис. 1-5 представлені розрахунки показників якості при використанні попередньої МО.

Представлені на рис. 1 розрахунки дозволяють оцінити пропускну спроможність ЗСПІ в залежності від відносної пропускну спроможності літакового відповідача, критерію МО та щільності завад у каналі відповіді.



а



б

Рис. 1. Відносна пропускну спроможність

На рис. 2 наведено ймовірності хибного прийому ПІ, котрі обумовлені дією хаотичної імпульсної завади у каналі відповіді. Як слідує з представлених залежностей, ймовірності хибного прийому суттєвим чином зменшуються при збільшенні критерію МО.

Вплив відносної пропускну спроможності літакового відповідача на ймовірність правильного прийому ПІ показана на рис. 3.

Наведені розрахунки показують, що для вказаного критерію МО при  $C_0 < 0,4$  більш ефективною є критерій 2/3, а при  $C_0 > 0,4$  – критерій 3/5.

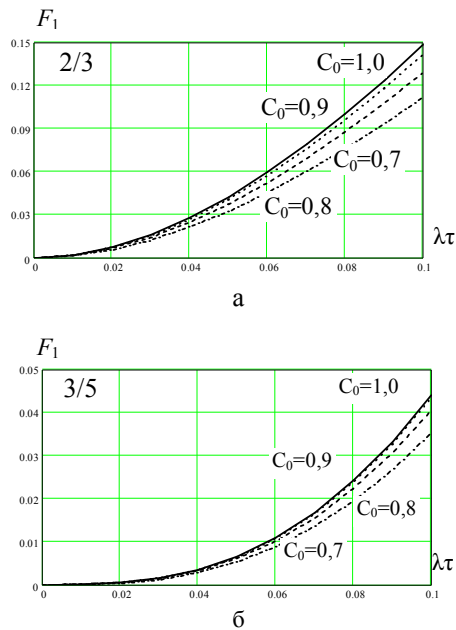


Рис. 2. Імовірність хибного прийому П

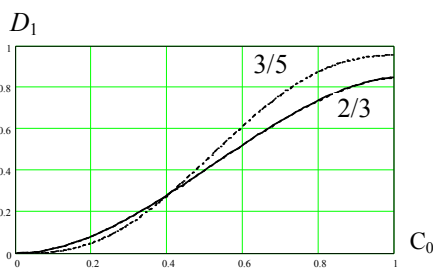


Рис. 3. Залежність  $D_1 = f(C_0, k/m)$

## ВИСНОВКИ

Проведенні дослідження показали вкрай низку відносну пропускну спроможність запитальних сис-

тем передачі інформації, котра обумовлена як принципом побудови системи взагалі та принципом обслуговування запитів, що призводить до суттєвого зниження відносної пропускну спроможності літакових відповідачів [5], так і модуляцією сигналів у каналі передачі, що призводить до потреби збільшення часової бази сигналів відповіді та можливості ураження окремих імпульсів сигналів відповіді на вмісними і ненавмісними некорельованими завадами і, як наслідок, до зниження відносної пропускну спроможності запитальних систем передачі інформації загалом.

Підвищення пропускну спроможності і, як наслідок, якості передачі інформації запитальними системами передачі інформації неможливо досягнути без зміни принципу побудови цих систем, без зміни принципу обслуговування сигналів запиту та методу модуляції сигналів у каналі відповіді.

## Список літератури

1. Савицький В.И. Автоматизированные системы управления воздушным движением / В.И.Савицький. – М.: Транспорт, 1986. – 192 с.
2. Комплексе інформаційне забезпечення систем управління польотами авіації та протиповітряної оборони / [Ткачев В.В., Даник Ю.Г., Жуков С.А. і др.] – К.: МОУ, 2004. – 342 с.
3. Теоретичні основи побудови завадозахищених систем інформаційного моніторингу повітряного простору / [В.В. Ткачев, Ю.Г. Даник, С.А. Жуков, І.І. Обод, І.О. Романенко.] – К.: МОУ, 2004. – 271 с.
4. Пат. на корисну модель № 58523 Україна, МПК G01S13/00. Спосіб передачі інформації / Обод І.І., Свид І.В., від 03.01.2012.
5. Обод І.І. Пропускна спроможність відповідачів запитальних систем передачі польотної інформації / І.І.Обод, В.В.Шевцова // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2013. – Вип. 1(108), – С. 105-108.

Надійшла до редколегії 11.01.2013

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

## ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ЗАПРОСНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА

И.И. Обод, В.В. Шевцова

Приведена оценка относительной пропускной способности запросных систем передачи информации как функции от относительной пропускной способности самолетных ответчиков, критерия межпериодной обработки полетной информации и плотности помех в канале ответа. Показано, что принцип построения существующих запросных систем передачи информации, принцип обслуживания сигналов запроса информации и использованный метод модуляции сигналов существенным образом снижает относительную пропускную способность запросных систем передачи информации.

**Ключевые слова:** пропускная способность, запросные системы передачи информации.

## THE RELATIVE CAPACITY OF THE QUERY-DATA TRANSMISSION SYSTEMS OF AIRSPACE CONTROL SYSTEM

I.I. Obod, V.V. Shevtsova

The article provides the assessment of the relative capacity of the query-data transmission systems as a function of the relative capacity of airborne responders, criterion for inter-period flight data processing and density of noise in the channel response. It is shown that the principle of existing query-data transmission systems, the principle of signal information request service and the signal modulation method used significantly reduce the relative capacity of query-data transmission systems.

**Keywords:** capacity, query-data transmission systems.