

УДК 621.396.967.2

І.І. Обод, І.В. Свид, О.П. Черних

*Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків*

## ОПТИМІЗАЦІЯ ІМОВІРНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ПОЛЬОТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПО КАНАЛАМ ЗАПИТУВАЛЬНИХ СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

*У статті наводиться оптимізація імовірності передачі польотної інформації по каналах запитувальних систем спостереження повітряного простору при наявності декількох повітряних об'єктів на однаковому азимуті відносно запитувача, у котрому здійснюється прийом багатопозиційних сигналів.*

**Ключові слова:** оптимізація, польотна інформація, запитальні системи спостереження.

### Вступ

**Постановка проблеми й аналіз літератури.** Інформаційне забезпечення системи використання повітряного простору здійснюється системами спостереження (СС) [1,2]. СС можуть бути розділені на два основних типи:

- системи спостереження, що забезпечують залежне спостереження;
- системи спостереження, що забезпечують незалежне спостереження.

Незалежна система спостереження визначає місце розташування повітряних об'єктів (ПО) за допомогою засобів наземного базування, що потім повідомляється на борт ПО. Прикладом незалежного спостереження є первинні та вторинні (запитальні) СС. При цьому слід зазначити, що у теперішній час основною (ведучою) при інформаційному забезпеченні є первинна СС, а вторинна СС – другорядною (така, яку ведуть). Це суттєво зменшує інформаційні здібності запитальних СС. Дійсно, запитальні СС призначені для вирішення наступних завдань:

- визначення координат ПО;
- радіолокаційного опізнавання державної приналежності виявлених ПО;
- диспетчерського опізнавання ПО;
- одержання додаткової польотної інформації (ПІ), необхідної для контролю й управління польотами й веденням ПО.

Однак, визначення координат ПО необхідно тільки для поєднання інформації первинних та запитальних СС, що суттєвим чином зменшує інформаційні можливості запитальних СС, так як у інформаційну посилку споживачам закладається координатна інформація первинних СС.

ПІ з борту ПО на наземні пункти обробки інформації передається по каналах відповіді. При цьому відомо, що в цей час використовуються два стандарти передачі ПІ: режим RBS і режим УПР. Вони відрізняються друг від друга, як принципом кодування, так і часовою базою для передачі повідомлень. Режим УПР, на відміну від режиму RBS,

більше інформативний, але й має значну часову базу, що затрудняє отримання ПІ з даного каналу при наявності декількох ПО на однакових азимутах, щодо запитувача, тобто має низку завадостійкості.

**Мета роботи.** Оптимізація імовірності передачі ПІ в запитальних СС при багатоканальному прийомі.

### Основна частина

Розширення можливостей використання повітряного простору країни для польотів ПО можливо шляхом підвищення ступеня технічної оснащеності сучасними засобами повітряного й наземного зв'язку, спостереження й автоматизації управління повітряним рухом, що відповідають вимогам глобальної експлуатаційної концепції організації повітряного руху Міжнародної організації цивільної авіації. Підвищення надійності інформаційного забезпечення (ІЗ) користувачів системи контролю повітряного простору неможливо без використання інформаційних технологій у процесі отримання, збору, обробки, зберігання й розповсюдження аеронавігаційних даних.

Дійсно, використання інформаційних технологій дозволить підвищити рівень інформаційного забезпечення, що забезпечить безпеку польотів, підвищення економічності й регулярності польотів цивільної й військової авіації в районі аеродрому, на повітряних трасах та у поза трасовому повітряному просторі. Інформаційні технології, у цій ситуації, припускають автоматизацію процесів отримання, збору, обробки й відображення інформації від різних систем спостереження.

Як показано вище, істотну роль в інформаційному забезпеченні споживачів відіграють запитальні СС, тому що саме за допомогою них вдається отримати польотну інформацію з борту ПО.

Передача ПІ від декількох ПО, що перебувають на одному азимуті приводить до перекриття частини сигналів.

Перекриття сигналів приведе до внутрісистемних перешкод і втрати інформації. Втрата розді-

льної здатності через перекриття сигналів збільшує ймовірність конфліктних невиявлених ситуацій у повітрі.

Розглянемо метод підвищення роздільної здатності запитальних СС, що полягає в оптимальному виборі величини ймовірності передачі ПІ з ПО й числа каналів дешифратора прийнятої інформації.

Під роздільною здатністю будемо розуміти здатність розрізнити в просторі й у часі об'єкти. Оскільки перекриття сигналів має ймовірнісну природу й приводить до внутрісистемних завад, що описується ймовірнісними законами, можливості вирішення будемо оцінювати статистично.

Як кількісна міра, що характеризує роздільну здатність, виберемо ймовірність декодування  $i$ -го інформаційного повідомлення із групового потоку інформаційних повідомлень від  $N$  ПО за один період сканування антеною системи запитальної СС –  $P_c$ . Дана ймовірність є функцією  $P_c = f(\tau_c, \Delta\beta, \Delta d, N, P_p)$ , де:  $\tau_c$  – тривалість передачного повідомлення;  $\Delta\beta$  і  $\Delta d$  – різниці азимутів і дальностей, при яких сигнали тривалістю  $\tau_c$  перекриваються в часі;  $P_p$  – ймовірність передачі інформаційного сигналу з ПО.

Можливі наступні шляхи підвищення роздільної здатності запитальних СС:

- стохастичний вибір моменту передачі в межах ширини діаграми спрямованості, що сканує, за один період сканування або за  $M$  періодів;
- використання адресного (індивідуального) опитування обслуговуваного ПО, звичайно в комбінації з першим способом;
- збільшення числа каналів обслуговування на наземному об'єкті.

Використання адресного (індивідуального) опитування обслуговуваних ПО дозволив розв'язати питання підвищення завадостійкості при дії внутрісистемних завад, але не вирішив питань підвищення завадостійкості при дії навмисних завад. Крім того, складності у вимірі азимута ПО змусили перейти до моноімпульсних методів, що істотно ускладнили запитальні СС.

Розглянемо далі питання комбінованого застосування методів підвищення роздільної здатності.

Нехай на близьких азимутах знаходяться  $N$  ПО. Позначимо через  $x_1, x_2, \dots, x_N$  випадкові величини, що приймають значення 1 з ймовірністю  $P$  і 0 – з ймовірністю  $(1-P)$ . Значенню  $x_i = 1$  відповідає передача польотної інформації з  $i$ -го ПО.

Розглянемо вибір оптимальної ймовірності передачі сигналу  $P_p$  при багатоканальному дешифраторі й  $i$  перекритих інформаційних сигналах. Цьому сприяє можливість застосування в запитальних СС

способів передачі інформаційних повідомлень багатопозиційними сигналами. Вони дозволяють підвищити завадостійкість передачі повідомлень шляхом розпізнавання помилок будь-якої кратності. Крім того, сучасний стан техніки бортового обладнання дозволяє створювати нові методи генерації потоків інформаційних повідомлень.

Вихідне рівняння для визначення оптимальної ймовірності передачі інформаційного повідомлення з борта ПО в загальному вигляді може бути записане як

$$P_c = \sum_{i=1}^N P_s^{(i)} P_d^{(i)} C_N^i P_p^i (1-P_p)^{N-i}, \quad (1)$$

де  $P_d$  – ймовірність декодування інформаційного повідомлення, якщо перекритими виявилися  $i$  повідомлень;  $N$  – число каналів дешифратора;

$P_s^{(i)} = \begin{cases} 1 & \text{при } s > i \\ 0 & \text{при } s < i \end{cases}$  – ймовірність наявності незайнятого дешифратора.

Оптимальну ймовірність передачі інформаційного повідомлення з борта ПО можна визначити з (1) шляхом диференціювання  $dP_c / dP_p|_m = 0$ . Ймовірність декодування інформаційного повідомлення від конкретного ПО із групового потоку інформаційних повідомлень, що передається від  $m$  ПО за один період сканування діаграми спрямованості антени, становить

$$P_a = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^s i P_d^i C_m^i P^i (1-P)^{m-i} + \frac{s}{m} \sum_{j=s+1}^m P_d^j C_m^j P^j (1-P)^{m-j}, \quad (2)$$

де  $i/m$  – ймовірність надходження на обслуговування інформаційного повідомлення від конкретного ПО на один з  $i$  дешифраторів, якщо взаємний вплив роблять  $i$  інформаційних повідомлень від  $m$  ПО;  $s/m$  – ймовірність надходження на обслуговування інформаційного повідомлення в один з  $s$  дешифраторів від конкретного ПО, якщо взаємний вплив робить  $j > s$  інформаційних повідомлень від  $m$  ПО ( $s < m$ ).

Якщо декодування інформаційного символу проводиться по першому прийнятому сигналу "Стоп", то границю  $P_d^i$  шляхом простих логічних міркувань можна записати як

$$P_d^i < \left( 1 - \frac{\delta}{(a-1)\tau_i} \right)^{(i-1)(a-1)i},$$

де  $\delta$  – роздільна здатність дешифратора;  $a$  – основа алфавіту;  $i$  – число перекритих інформаційних повідомлень.

Розрахунки по наведеним виразам представлені на рис. 1, 2.

Оптимальну ймовірність передачі польотної інформації з борта ПО можна визначити з рис. 1. При цьому, як видно з рис. 1, при  $P_d \rightarrow 0$  для  $i > 2$  оптимальна ймовірність дорівнює  $P_0 = 1/m$ . Якщо  $P < P_0$  або  $P > P_0$ , то інформація передається або рідко (канал недовикористаний), або надмірно часто (канал перевантажений). Оптимальна ймовірність  $P_0$  для  $P_d = 0$  більше оптимальної ймовірності для  $P_d \rightarrow 0$  приблизно в 1,4 рази. При цьому й  $P_c$  також, для цього випадку, більше в 1,4 рази.

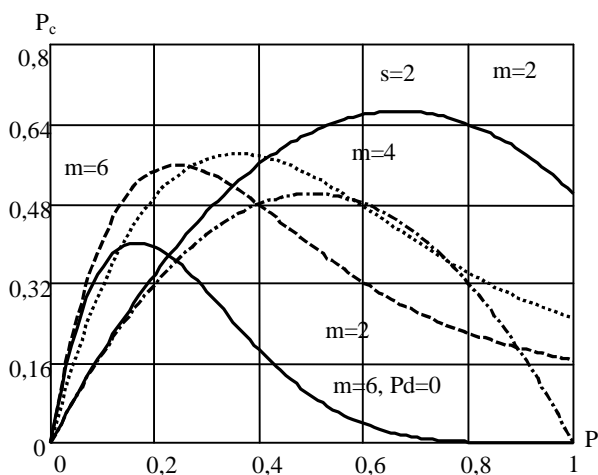


Рис. 1. Визначення оптимальної ймовірності передачі польотної інформації

На рис. 2 представлені залежності  $P_c$  при  $m = 6$  і різному числі каналів обробки.

Представлені залежності дозволяють вибрати необхідне число каналів обробки залежно від можливого числа ПО, що перебувають на одному азимуті.

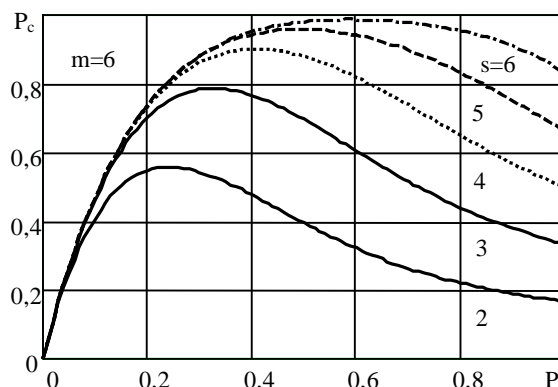


Рис. 2. Залежності  $P_c$  від  $P$  при  $m = 6$  і різній кількості каналів обробки

## ВИСНОВКИ

Таким чином, у роботі отримані вирази для оптимізації ймовірності передачі польотної інформації з борта ПО й вибору числа каналів обробки залежно від можливого числа повітряних об'єктів, що знаходяться на одному азимуті.

## Список літератури

1. Комплексне інформаційне забезпечення систем управління польотами авіації та протиповітряної оборони // В.В. Ткачев, Ю.Г. Даник, С.А. Жуков, І.І. Обод, І.О. Романенко. – К.: МОУ, 2004. – 342 с.
2. Агаджанов П.А. Автоматизация самолетовождения и управления воздушным движением / П.А. Агаджанов, В.Г. Воробьев, А.А. Кузнецов. – М.: Транспорт, 1980. – 342 с.
3. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами / Л.Е. Варакин. – М.: Радио и связь, 1985. – 242 с.

Надійшла до редколегії 23.09.2010

Рецензент: д-р техн. наук доц. Г.В. Єрмаков, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ПОЛЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО КАНАЛАМ ЗАПРОСНЫХ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА

И.И. Обод, И.В. Свид, Е.П. Черных

В статье проводится оптимизация вероятности передачи полетной информации по каналам запросных систем наблюдения воздушного пространства при наличии нескольких воздушных объектов на одинаковом азимуте относительно запросчика, который осуществляет многоканальный прием многопозиционных сигналов.

**Ключевые слова:** оптимизация, полетная информация, запросные системы наблюдения

## OPTIMIZATION OF PROBABILITY OF FLIGHT INFORMATION TRANSFER ON DUCTINGS OF THE AIR SPACE REQUESTING OBSERVING SYSTEMS

I.I. Obod, I.V. Svyd, E.P. Chernykh

This article provides optimization of probability of flight information transfer by the channels of air space requesting observing systems at presence of a few air objects at the same azimuth with respect to Requester which carries out the multichannel reception of multiposition signals.

**Keywords:** optimization, flight information, requesting observing systems.