

УДК 621.396.96

І.І. Обод, В.В.Шевцова

Національний технічний університет «ХПИ», Харків

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАПИТАЛЬНИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

У статті наводиться порівняльний аналіз запитальних систем передачі інформації на основі коефіцієнту частотної ефективності. Показано, що принцип побудови існуючих запитальних систем передачі інформації, принцип обслуговування сигналів запиту інформації та використаний метод модуляції сигналів суттєвим чином знижує ефективність запитальних систем передачі інформації.

**Ключові слова:** запитальні системи передачі інформації, коефіцієнт частотної ефективності

### Вступ

#### Постановка проблеми й аналіз літератури.

Інформаційне забезпечення системи контролю повітряного простору базується на основі первинних та вторинних (запитальних) систем спостереження [1, 2]. Запитальні системи спостереження (ЗСС), як доводить практика їхнього використання, та показано в значній кількості робіт [3, 4 та ін.], мають незадовільну завадостійкість та завадозахищеність, які обумовлені принципом побудови (несинхронна мережа) та принципом обслуговування сигналів запиту (одноканальна система масового обслуговування з відмовами). Ці принципи обумовлені підходом до цих систем як до системи спостереження (СС). Ця обставина обумовила потребу виміру координат повітряного об'єкту (ПО) на запитувачі, що потребує прийому пачки сигналів відповіді, що важко в умовах складної заводової обстановки. При цьому слід зазначити, що координати ПО з значно більшою точністю визначаються на борту ПО і можуть бути передані на запитувач по каналу відповіді. Таким чином, запитальні СС, які мають канал запиту та канал відповіді, більш відносяться до систем обміну інформацією між наземним пунктом управління та бортом ПО і можуть характеризуватися як запитальні системи передачі інформації (ЗСПІ), за допомогою яких можливо здійснити передачу координат з борту ПО. Це може змінити підхід до цих систем і, як наслідок, запропонувати нові методи підвищення їхніх показників якості.

**Мета роботи** – порівняльний аналіз запитальних каналів передачі інформації.

### Основна частина

До ЗСПІ системи контролю повітряного простору можливо віднести канали передачі сигналів запиту та відповіді радіосистем ближньої навігації (РСБН) та запитальних СС.

РСБН це регіональні однопозиційні системи, які призначені для визначення:

- координат ПО відносно радіомаяка;
- координат ПО, які забезпечуються даним радіомаяком.

Запитальні СС призначені для вирішення наступних завдань:

- визначення координат ПО;
- ідентифікації державної приналежності виявлених ПО;
- диспетчерської ідентифікації ПО;
- отримання додаткової польотної інформації з борту та передачі на борт інформації, необхідної для контролю і управління польотами й наведенням ПО.

Класифікація ЗСПІ наведена на рис. 1.

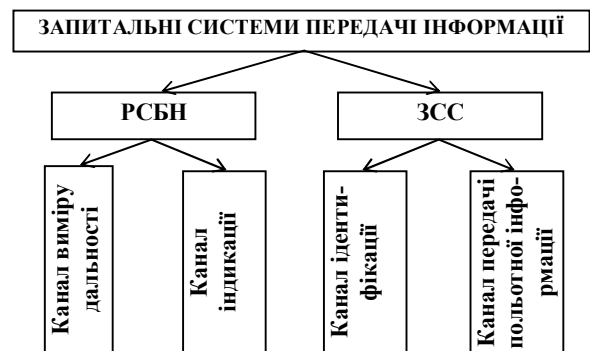


Рис.1. Класифікація ЗСПІ

ЗСПІ побудовані за принципом несинхронної мережі. Це обумовлено потребою захисту від синхронних завод, обумовлених сусідніми запитувачами цієї системи. Однак це породило проблему захисту у цих системах від навмисної корельовано завади [3, 4], оскільки відсутня різниця між сигналами запиту СС та навмисними корельованими заводами, які створюються зацікавленою стороною. Відповідь цих систем реалізовано на принципах відкритої одноканальної системи масового обслуговування з відмовами, що суттєвим чином знижує імовірність обслуговування конкретного запитувача і, як наслідок, суттєвим чином знижує імовірність визначення

координат ПО на запитувачі та імовірність передачі інформації у ЗСПП.

У якості переносників інформації у ЗСПП використовуються інтервально-часові коди (ІЧК), частотно-часові коди та позиційні коди (ПК).

Обробка цих кодів здійснюється на основі аналізу певного часового положення окремого імпульсу коду, що вимагає чіткого виділення фронту кожного імпульсу. Це обумовлює потребу у розширенні полоси пропускання приймачів сигналів значно більше ніж ширина спектру імпульсів, які використовуються, що, як наслідок, призводить до зниження завадостійкості цих кодів. Дійсно, можливо показати, що імовірність виявлення сигналів у ЗСПП визначається як

$$P_n = \left\{ 1 - \left[ 0,5 + \Phi \left( \sqrt{\frac{2q_0}{nk}} - x_0 \right) \right]^k \right\}^n,$$

де  $q_0 = qk$  – відношення сигналу до завади, віднесене до оптимальної смуги,  $k$  – відношення смуги пропускання приймача до оптимальної,  $n$  – довжина коду.

З наведеного виразу слідує, що при збільшенні  $k$  імовірність виявлення сигналів зменшується.

Крім цього слід зазначити низку завадостійкості цих кодів, яка визначається трьома основними різновидами помилок: пропуском сигналу та хибними тривогами першого і другого роду.

Ці обставини призводять до зниження завадостійкості обробки сигналів і, як наслідок, до зниження швидкості передачі інформації у ЗСПП.

Основним показником якості функціонування системи передачі інформації (СПІ) може виступати стійкість до зовнішніх завад, у тому числі до завмирань та міжсимвольної інтерференції, котрі обумовлені багатопроменевим розповсюдженням сигналів. Така стійкість визначається способами обробки сигналів, вибором параметрів модуляції, кодування, синхронізації, протоколів доступу до каналу. З іншого боку, ці параметри істотно впливають на частотну ефективність системи радіозв'язку.

Для оцінки ефективності СПІ може використовуватися коефіцієнт частотної ефективності

$$\gamma = R/\Delta F, \quad (1)$$

де  $R$  – швидкість передачі інформації;  $\Delta F$  – ширина смуги частот, яка зайнята радіоканалом.

У запитальних СПІ швидкість передачі інформації може бути визначена як

$$R = f(C_0, \vec{V}_m, \vec{V}_k, \vec{V}_{kan}, P_e), \quad (2)$$

де  $C_0$  – відносна пропускна 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 свою чергу відносна пропускна спроможність відповідача може визначатися як

$$C_0 = f(t_p, k_r, k_z, \vec{V}_m, \vec{V}_k, \vec{V}_{kan}, P_e), \quad (3)$$

де  $t_p$  – час паралізації відповідача при обслуговуванні запиту;  $k_r$  – коефіцієнт розрядки відповідача;  $k_z$  – коефіцієнт максимальної завантаженості відповідача;  $\vec{V}_m$  – вектор параметрів модуляції каналу запиту;  $\vec{V}_k$  – вектор параметрів способу кодування у каналі запиту;  $\vec{V}_{kan}$  – вектор параметрів радіоканалу запиту;  $P_e$  – імовірність помилки у каналі запиту.

Для РСБН сигнал відповіді дальності має значеність 2, а відповідь індикації – 3. Сигнал відповіді індикації формується один раз за оберт антенної системи радіомаяка.

ЗСС вирішують задачі ідентифікації та передачі польотної інформації (ПІ). На теперішній час у світі широко використовуються дві ЗСС:

- поєднана, у якій задачі передачі ПІ та ідентифікації ПО вирішуються за наявності різних режимів (RBS);
- роз'єднана, у якій передача ПІ вирішується однією системою, а ідентифікація ПО – іншою.

При цьому слід зазначити, що у роз'єднаній ЗСС мають різні частотні діапазони. Ця обставина потребує наявності на ПО двох відповідачів. Крім того, у системі ідентифікації такої ЗСС також є канал передачі ПІ.

Поєднана ЗСС для передачі використовує 12-розрядний код. Сигнал відповіді має два опорних імпульси координатної відмітки, між якими передаються 12 розрядів двійкового коду. Передача ПІ здійснюється на кожний сигнал запиту при чергуванні, за відповідним правилом, признак інформації, що запитується. У режимах ідентифікації (неімітостійкий та імітостійкий) здійснюється ідентифікація ПО за признаками державної приналежності чи «свій-чужий». При цьому слід зазначити, що імітостійкий режим практично унеможливує тільки імітацію признаку «свій», але не покращує завадостійкість системи при дії навмисних корельованих завад.

У відповідному радіоканалі роз'єднаної ЗСС передача ПІ може здійснюватися як у поєднаній ЗСС (режим RBS), так і у режимі УПР. В режимі УПР випромінюються сигнали координатної відмітки та польотної інформації (45-імпульсний позиційний код). У состав кодової послідовності входять 2-імпульсний код координатної відмітки, 3-імпульсний код признаку передаваної інформації (бортового номера, висоти польоту, запасу палива) та 2·20 двійкових розрядів ПІ. Оскільки, інформаційна послідовність передаваної інформації складає значну часову базу, то передача ПІ здійснюється через певне число запитів, тобто здійснюється відповідна розрядка. Коефіцієнт розрядки при цьому є статистичною величиною і є, як правило, дрібним числом.

Система ідентифікації роз'єднаної ЗСС має імітостійкий та неімітостійкий режими, котрі схожі з аналогічними режимами поєднаної ЗСС, а також має канал передачі ІІ режиму УПР. Однак коефіцієнт завантаження цієї системи ідентифікації обрано значно більшим у порівнянні з СІ поєднаної ЗСС, що призводить, як показано у [5] до суттєвого зниження завадостійкості останньої.

Можливо показати, що коефіцієнт максимальної завантаження відповідача визначає потенційну швидкість передачі інформації у ЗСП. Це дозволяє обчислити кількість інформації, що передається запитальним каналом передачі та дозволяє визначити спектральну ефективність ЗСС.

Результати розрахунку частотної ефективності наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати розрахунку частотної ефективності

Система	Канал	Режим	Кількість передаваної інформації	Спектральна ефективність
РСБН	Канал виміру дальності		60	$3 \cdot 10^{-5}$
	Канал індикації		3	$1,5 \cdot 10^{-6}$
ЗСС	Канал ідентифікації	УПР	3	0,0027
		RBS	14	0,0084
	Канал передачі ІІ	УПР	45	0,0078
		RBS	14	0,0084

Наведені розрахунки показали, що використання принципів побудови, організації мережі, а також принцип обслуговування як сигналів запиту так і користувачів суттєвим чином знижують технічні характеристики існуючих запитальних систем передачі інформації.

## Висновки

Проведенні дослідження показали вкрай низку частотну ефективність існуючих запитальних СП, котра обумовлена як принципом побудови системи взагалі та принципом обслуговування запитів, так і модуляцією сигналів у каналі передачі. Підвищення якості передачі інформації у ЗСП можливо досягнути тільки при зміні модуляції сигналів та принципів побудови та обслуговування.

## Список літератури

1. Агаджанов П.А. Автоматизация самолетовождения и управления воздушным движением / П.А. Агаджанов, В.Г. Воробьев, А.А. Кузнецов. - М.: Транспорт, 1980. - 342 с.

нов, В.Г. Воробьев, А.А. Кузнецов. - М.: Транспорт, 1980. - 342 с.

2. Савицкий В.И. Автоматизированные системы управления воздушным движением / В.И. Савицкий. - М.: Транспорт, 1986. - 192 с.

3. Комплексне 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.

4. 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.

5. Стасев Ю.В. Порівняльний аналіз завадостійкості існуючих систем радіолокаційного опізнавання / Ю.В. Стасев, В.І. Карпенко, І.І. Обод / Системи озброєння і військова техніка: Науковий журнал. - Х.: ХУПС. - 2005. - № 3/4'. - С. 3-6

Надійшла до редколегії 11.12.2012

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

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАПРОСНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА

И.И. Обод, В.В. Шевцова

В статье приводится сравнительный анализ запросных систем передачи информации на основе коэффициента частотной эффективности. Показано, что принцип построения существующих запросных систем передачи информации, принцип обслуживания сигналов запроса информации и использованный метод модуляции сигналов существенно образом снижает эффективность запросных систем передачи информации.

**Ключевые слова:** запросные системы передачи информации, коэффициент частотной эффективности

## COMPARATIVE ANALYSIS OF QUERY-DATA TRANSMISSION SYSTEM OF AIRSPACE MONITORING SYSTEM

I.I. Obod, V.V. Shevtsova

In article the comparative analysis of query-data transmission system is provided on the basis of frequency efficiency coefficient. It is shown that the principle of the creation of existing query-data transmission system, the principle of service request signal information and the used signal modulation method essentially reduces efficiency of query-data transmission systems.

**Keywords:** query-data transmission system, frequency efficiency coefficient