

УДК 621.396.967.2

І.І. Обод, І.В. Свид

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЯКОСТІ ВИЯВЛЕННЯ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗАПИТАЛЬНИМИ СИСТЕМАМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

У статті наводиться порівняльний аналіз показників якості виявлення повітряних об'єктів в існуючих запитальних системах спостереження при дії у відповідному каналі флуктуаційних та імпульсних завад при двох варіантах реалізації обробки відповідних сигналів. Розрахунковим шляхом отримані оптимальні значення цифрових порогів прийняття рішень про виявлення повітряних об'єктів запитальними системами спостереження й оцінено вплив коефіцієнта готовності відповідачів на якість виявлення.

**Ключові слова:** виявлення повітряних об'єктів, запитувальні системи спостереження.

### Вступ

**Постановка проблеми та аналіз літератури.** Запитальні системи спостереження (СС) є важливою системою, що забезпечує, і зобов'язані органічно входити в єдину інформаційну систему. Основне призначення запитальних СС – одержання додаткової польотної інформації про спостережувані повітряні об'єкти (ПО). Для реалізації цього завдання в запитальних СС реалізується запитальний канал передачі, з якого спостерігач отримує всю польотну інформацію. Об'єднання інформації про ПО, отриманої з первинних і вторинних СС, здійснюється на порівнянні координат ПО, отриманих за даними розглянутих СС. Якщо теорія й практика побудови автоматичних виявлювачів-вимірників координат для первинних СС досить докладно розглянута в існуючій технічній літературі, то розгляд цих питань для запитальних СС має деякі прогалини. Зокрема, не досить повно оцінено вплив флуктуаційних та імпульсних завад на якість виявлення повітряних об'єктів запитальними СС та не обґрунтований вибір величини цифрового порогу залежно від коефіцієнта готовності (КГ) літакового відповідача (ЛВ)  $P_0$ .

Дослідженню показників якості виявлення ПО запитальними СС присвячені роботи [1 – 3 та ін.]. Однак в існуючій літературі приділена увага тільки використанню програмних виявлювачів при виявленні ПО і не наводиться порівняльний аналіз якості виявлення ПО існуючими запитальними СС.

**Мета статті** – порівняльний аналіз показників якості виявлення ПО запитальними СС.

### Основний розділ

Існуючі запитальні СС побудовані за принципом несинхронної мережі, обслуговування першого правильно прийнятого СЗ і відкритої системи масового обслуговування з відмовами [1, 2]. Така побудова останніх відкриває широкі можливості супротивникові по несанкціонованому використанню від-

повідачів цих систем для дальнього виявлення ПО, а також для повної паралізації шляхом постановки корельованих завад необхідної інтенсивності. При роботі відповідача тільки в полі дії багатьох вторинних СС, що створюють внутрісистемні завади, КГ відповідача менше одиниці.

На вхід вторинної СС можуть надходити флуктуаційні й імпульсні (хаотичні, внутрісистемні й т.д.) завади. Проведемо порівняльний аналіз імовірності виявлення ПО вторинної СС при використанні різних СВ, що використовуються в існуючих запитальних СС, а також при різних пристроях обробки СВ, тобто при міжперіодній обробці (МО) до або після дешифрування СВ з урахуванням КГ відповідача. При цьому слід зазначити, що КГ відповідача не впливає на хибні тривоги.

Припустимо, що у КВ діє імпульсна завада із тривалістю імпульсів, рівною тривалості імпульсів сигналу, та інтенсивністю  $\lambda$ .

Отримаємо вирази для виявлення ПО при використанні попередньої МО. Нехай у пристрої МО використовується логіка  $k/N$ , для виконання якої необхідна наявність імпульсів СВ на тих самих ділянках дальності в  $k$  із  $N$  запитів, тобто  $k$  виступає як цифровий поріг. У дешифраторі (Дш) застосовується цілочисельна логіка  $n/n$ , для виконання якої необхідне наявність всіх імпульсів у кожному СВ.

Імовірність  $D_1$  виявлення кодового сигналу на виході пристрою МО для зазначеної логіки визначається як

$$D_1 = \sum_{i=0}^{N-k} C_N^i P_0^{N-i} (1-P_0)^i \sum_{l=0}^{N-k-i} C_{N-i}^l P_1^{N-1-i} (1-P_1)^l,$$

де  $P_1$  – імовірність виявлення одиночних імпульсів СВ.

Імовірність виявлення ПО запитальної СС у виявлювачі з попередньою МО можна визначити з наступного виразу:

$$D_{11} = \sum_{i=0}^{N-k} C_N^i P_0^{N-i} (1-P_0)^i \times \left[ \sum_{l=0}^{N-k-i} C_{N-i}^l P_1^{N-1-i-l} (1-P_1)^l \right] \quad (1)$$

Отримаємо вирази для виявлення повітряних об'єктів при використанні наступної МО СВ.

Ймовірність  $D_2$  виявлення  $n$ -імпульсних СВ дешифратором визначається як

$$D_2 = P_1^n P_0.$$

Ймовірність виявлення повітряного об'єкта на виході МО визначається як

$$D_{22} = \sum_{i=0}^{N-k} C_N^i (P_0 P_1^i)^{N-i} (1-P_0 P_1^i)^i \quad (2)$$

Оцінимо вплив флуктуаційної завади у каналі відповіді на ймовірність виявлення ПО. Досліджено вплив КГ ЛВ й значності коду СВ на значення цифрового порога виявлення ПО запитальної СС для пачки СВ, яка дорівнює 25. Значення оптимального цифрового порога виявлення ПО як функції КГ відповідача й значності коду відповіді наведені в табл. 1.

Як видно з табл. 1, поріг виявлення ПО запитальною СС істотно залежить від  $P_0$  і  $n$ . Цю обставину варто враховувати при побудові автоматичних виявлювачів-вимірників координат ПО запитальної СС.

На рис. 1 – 3 представлені криві виявлення повітряного об'єкта для різних значностей кодів СВ при оптимальному виборі цифрового порога.

Представлені розрахункові дані показують, що при дії у відповідному каналі флуктуаційних завад збільшення значності коду дозволяє трохи збільшити ймовірність виявлення ПО запитальною СС при виборі оптимального цифрового порога. Використання попередньої МО більш переважно обробці з наступною МО. Однак при збільшенні значності коду СВ ця перевага зменшується.

На рис. 4 наведено вплив КГ (КГ) відповідача на ймовірність виявлення ПО. Представлені розрахунки показують, що при  $P_0 > 0,7$  (для  $q=2$ ) попередня МО дозволяє послабити вплив КГ відповідача на ймовірність виявлення ПО.

Таблиця 1

Значність кода	Спосіб обробки	Залежність $k_{\text{опт}} = f(P_0, n)$		
		$P_0 = 1$	$P_0 = 0,8$	$P_0 = 0,6$
$n=2$	МО+Дш	12	7	6
	Дш+МО	12	8	6
$n=3$	МО+Дш	12	6	4
	Дш+МО	10	8	6
$n=4$	МО+Дш	9	6	4
	Дш+МО	9	7	6

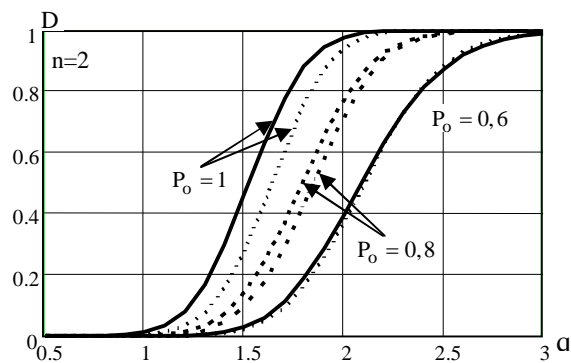


Рис. 1. Ймовірність виявлення ПО

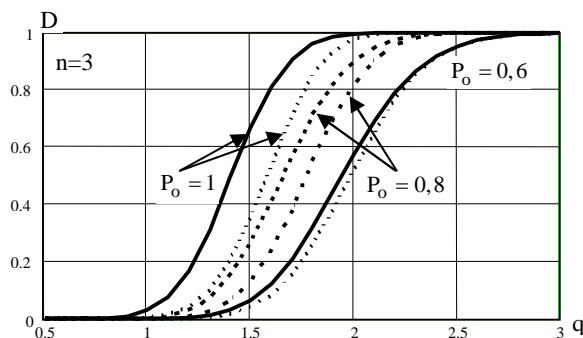


Рис. 2. Ймовірність виявлення ПО

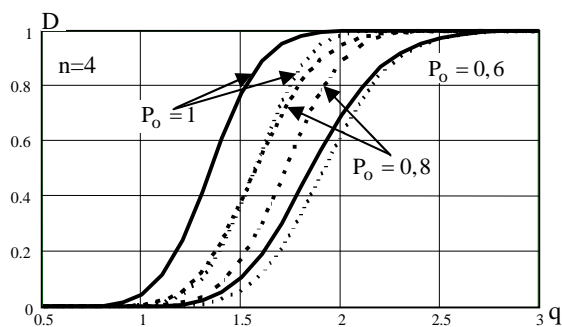


Рис. 3. Ймовірність виявлення ПО

Оцінимо вплив імпульсних завад у каналі відповіді на ймовірність виявлення ПО. На рис. 5 – 6 представлені ймовірності виявлення ПО запитальної СС при дії у КВ імпульсних завад інтенсивністю  $\lambda$  й постійним цифровим порогом виявлення, рівним половині пачки.

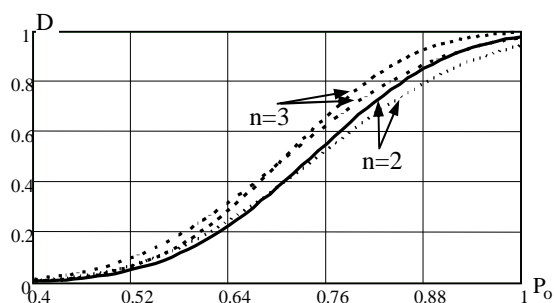


Рис. 4. Вплив КГ на ймовірність виявлення ПО

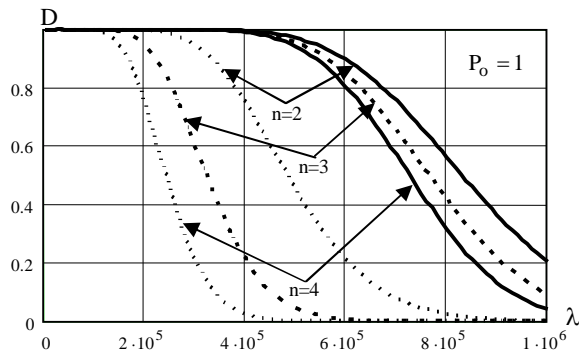


Рис. 5. Ймовірність виявлення ПО

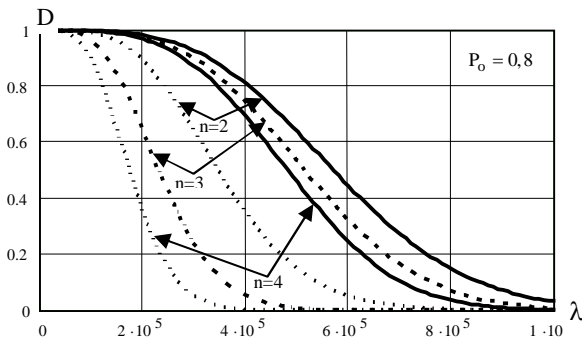


Рис. 6. Ймовірність виявлення ПО

Представлені залежності показують, що використання попередньої МО істотно зменшує негативну дію імпульсних завад на завадостійкість запитальних СС.

На рис. 7 представлений вплив КГ відповідача на ймовірність виявлення ПО при наявності у КВ імпульсних завад інтенсивністю 100000 і фіксованому порозі виявлення. Можна показати, що оптимальний поріг виявлення в цьому випадку також залежить від КГ.

### Висновки

Представлені залежності дозволяють проводити порівняльний аналіз існуючих запитальних СС по

якості виявлення ПО при дії у КВ флукуаційних і імпульсних завад. Крім того, із представлених залежностей, можна побачити, що використання попередньої МО СВ більш переважно, у порівнянні з наступною МО, що використовується в існуючих запитальних СС.

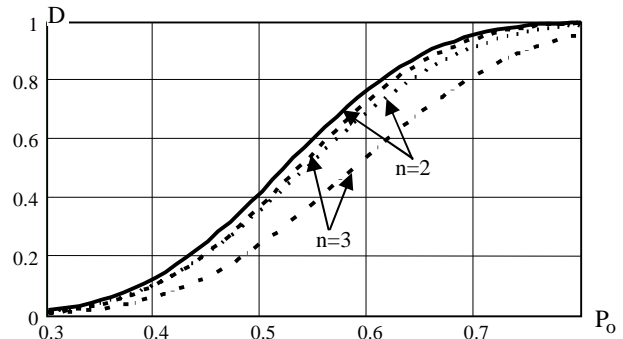


Рис. 7. Вплив КГ на ймовірність виявлення ПО

### Список літератури

1. Теоретичні основи побудови заводозащитених 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.
2. Обод І.І. Помехоустойчивые системы вторичной радиолокации / И.И. Обод. – М.: ЦИИТ, 1998. – 118 с.
3. Обод І.І. Оптимизация обработки пачек ответных сигналов вторичного радиолокатора для повышения эффективности автоматизированных систем управления воздушного движения / И.И. Обод, С.В. Стриха // Вестник ХГПУ(ХПИ), 2000. – Вып. 127. – С.101-104.

Надійшла до редколегії 13.10.2010

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

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОБНАРУЖЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ ЗАПРОСНЫМИ СИСТЕМАМИ НАБЛЮДЕНИЯ

И.И. Обод, И.В. Свид

В статье приводится сравнительный анализ показателей качества обнаружения воздушных объектов в существующих запросных системах наблюдения при действии в ответном канале флукуационных и импульсных помех при двух вариантах реализации обработки ответных сигналов. Расчетным путем получены оптимальные значения цифровых порогов принятия решений об обнаружении воздушных объектов запросными системами наблюдения и оценено влияние коэффициента готовности ответчиков на качество обнаружения.

**Ключевые слова:** обнаружение воздушных объектов, запросные системы наблюдения.

### COMPARATIVE ANALYSIS OF FINDING OUT AIR OBJECTS BY THE REQUESTING OBSERVING SYSTEMS

I.I. Obod, I.V. Svyd

In the article a comparative analysis over of quality indicators of finding out air objects is brought in the existent requesting observing systems at an action in the return channel of fluctuation and impulsive interference at two variants of realization of response signals processing. By a calculation a way the optimum values of digital thresholds of making decision are got about finding out air objects the requesting observing systems and influence of factor of readiness of respondents is appraised on quality of detection.

**Keywords:** finding out air objects, requesting observing systems.