

УДК 004.045

А.І. Обод

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

ОБРОБКА ДАНИХ ВТОРИННИХ СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

Наведено порівняльний аналіз якості обробки польотних даних, що передаються за каналом відповіді вторинних систем спостереження повітряного простору. Показано, що використання послідувочої міжперіодної обробки дозволяє підвищити якість обробки даних у порівнянні з попередньою міжперіодною обробкою.

Ключові слова: обробка даних, вторинні системи спостереження, повітряний простір, міжперіодна обробка.

Вступ

Постановка проблеми та аналіз літератури.

Розширення можливостей використання повітряного простору для польотів повітряних об'єктів можливо шляхом підвищення ступеня технічної оснащеності сучасними засобами повітряного і наземного зв'язку, спостереження і автоматизації управління повітряним рухом. Підвищення імовірності інформаційного забезпечення користувачів системи контролю повітряного простору немислиме без використання інформаційних технологій в процесі отримання, збору, обробки, зберігання і поширення аеронавігаційних даних. Дійсно, використання інформаційних технологій дозволить підвищити рівень інформаційного забезпечення, що забезпечить безпеку польотів, підвищення економічності та регулярності польотів цивільної і військової авіації. Інформаційні технології, в цій ситуації, припускають автоматизацію процесів отримання, збору, обробки та відображення інформації від різномірних систем спостереження [1-3].

Значну роль в інформаційного забезпечення відіграють польотні дані котрі передаються з повітряних об'єктів за допомогою вторинних систем спостереження. Однак, як показано в [4-5], існуючі вторинні системи спостереження не здатні на належному рівні здійснити інформаційного забезпечення споживачів в тому числі і реалізувати передачу польотних даних з борту повітряних об'єктів на пункти управління. Це обумовлено принципом побудови зазначених систем спостереження та наявності значних внутрішньосистемних завад. Дійсно, використовувані при інформаційному забезпеченні контролю повітряного простору системи ВОРЛ, ADS-B, БСПЗ та системи ідентифікації за ознакою «свій-чужий» IFF працюють на одних і тих же частотах (1030 МГц і 1090 МГц), що призводить до низької імовірності інформаційного забезпечення особи, що приймає рішення, за даними цих систем спостереження.

У зв'язку з цим становить інтерес розгляд питань підвищення якості обробки даних, що передаються з борту повітряних об'єктів за каналом вторинних систем спостереження з використанням інформаційних технологій.

Мета роботи. Порівняльний аналіз якості обробки польотних даних вторинних систем спостереження.

Основна частина

Відомо [5], що формуляр повітряних об'єктів може мати наступний вигляд:

$$\widehat{W}_p, \bar{C}_p^{-1}, PI, \text{свій} - \text{чужий}, T_i,$$

де \widehat{W}_p – поточний вектор стану повітряного об'єкту, \bar{C}_p^{-1} – кореляційна матриця похибок вектору стану, PI – польотні дані повітряного об'єкту, знак ідентифікації за ознакою «свій-чужий» та T_i – час формування формуляру. В склад польотних даних, як правило, можуть входити бортовий номер, висота та інша інформація.

Розглянемо питання якості обробки польотних даних з урахуванням того, що в інформаційному каналі діють як хаотичні імпульсні завади так і флуктуаційні завади, котрі загалом можливо характеризувати щільністю завад, яка є добуток інтенсивності завад λ на тривалість сигналу τ . При цьому розрахунки будемо наводити для випадку, коли літаковий відповідач випромінює в кожному періоді N інформаційних сигналів. Це дозволяє розглянути існуючий режим передачі польотних даних, так і перспективний (беззапитний) спосіб, в якому обсяг переданих даних, може бути значно більше.

При цьому слід зазначити, що літаковий відповідач побудований за принципом одноканальної системи масового обслуговування з відмовами і, як наслідок, характеризується коефіцієнтом готовності P_0 , що є ні чим іншим як відносною пропускною спроможністю системи.

При розгляді цього питання будемо вважати, що завади в каналі відповіді діють на окремі дані кодової послідовності незалежно та для даного радіоканалу відомі імовірності P_{01} – імовірність появи помилкового сигналу, що залежить від виду й інтенсивності завад та P_{10} – імовірність подавлення завадою імпульсу сигналу, яка залежить від конкретного виду завади та її інтенсивності. При декодуванні польотних даних будемо досліджувати в пристрої обробки даних наступну логіку:

- після декодування любого сигналу координатної відмітки здійснюється паралельне зчитування даних з заданих часових позицій. В якості сигналу координатної відмітки будемо використати сигнал, аналогічний міжнародному режиму.

Розглянемо декодування з попередньою міжперіодною обробкою даних, яка використовується в сучасних системах обробки даних (I варіант). Нехай в N - розрядному коді передачі даних значення "1" в розрядах передається на r позиціях і значення "0" - на інших позиціях, а в пристрої міжперіодною обробкою використовується логіка k/m . В цьому випадку, імовірності правильного прийому та спотворення польотних даних на виході дешифратора можна записати як

$$D_1 = D_{k/m}^r (1 - F_{k/m})^{N-r} \times \sum_{i=0}^{m-k} C_m^i P_0^{m-i} (1 - P_0)^i \left[\sum_{l=0}^{m-k-i} C_{m-i}^l (1 - P_{10})^{m-l-i} P_{10}^l \right]^2;$$

$$D_{sp} = \left[1 - D_{k/m}^r (1 - F_{k/m})^{N-r} \right] \times \sum_{i=0}^{m-k} C_m^i P_0^{m-i} (1 - P_0)^i \left[\sum_{l=0}^{m-k-i} C_{m-i}^l (1 - P_{10})^{m-l-i} P_{10}^l \right]^2,$$

де $D_{k/m}$ и $F_{k/m}$ – імовірності проходження корисних та хибних даних через пристрій міжперіодною обробкою даних з логікою k/m , які можуть бути визначені як

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

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

де $P_{10} = \gamma [1 - \exp(-\lambda\tau)]$, λ_1 – коефіцієнт інтерференційного подавлення, який визначає імовірність інтерференційного подавлення імпульсу прийнятого сигналу запиту при його збіжності за часом з імпульсом завади, а $P_{01} = 1 - \exp(-\lambda\tau)$.

Розглянемо випадок декодування польотних даних з подальшою міжперіодною обробкою прийнятих даних (II варіант). Імовірності правильного прийому та спотворення польотних даних при використанні даної схеми дешифратора можна визначити таким чином.

Імовірність виявлення коду даних координатної відмітки складає

$$P_{2/2} = P_0 (1 - P_{10})^2. \quad (1)$$

Імовірності правильного прийому та спотворення коду польотних даних на виході пристрою міжперіодною обробкою даних можна визначити відповідно як

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

$$D_{sp} = \left[1 - D_{k/m}^r (1 - F_{k/m})^{N-r} \right] \times \sum_{i=0}^{m-k} C_m^i P_{2/2}^{m-i} (1 - P_{2/2})^i; \quad (3)$$

Підставляючи (1) в (2) и (3) отримаємо

$$D_2 = D_{k/m}^r (1 - F_{k/m})^{N-r} \times \sum_{i=0}^{m-k} C_m^i \left[P_0 (1 - P_{10})^2 \right]^{m-i} \left[1 - P_0 (1 - P_{10})^2 \right]^i;$$

$$D_{sp} = \left[1 - D_{k/m}^r (1 - F_{k/m})^{N-r} \right] \times \sum_{i=0}^{m-k} C_m^i \left[P_0 (1 - P_{10})^2 \right]^{m-i} \left[1 - P_0 (1 - P_{10})^2 \right]^i.$$

Вищевикладені вирази одержано для загального випадку, коли P_0 и P_{10} змінні. При $P_0 = 1$ має місце приватний випадок, коли враховується тільки вплив завад у каналі відповіді, що характерно для беззапальних систем спостереження.

Імовірності правильного прийому та спотворення польотних даних при $P_0 = 1$ для обох способів обробки даних можна записати як

$$D_1 = D_{k/m}^r (1 - F_{k/m})^{N-r} \times \sum_{i=0}^{m-k} C_m^i P_0^{m-i} (1 - P_0)^i \left[\sum_{l=0}^{m-k-i} C_{m-i}^l (1 - P_{10})^{m-l-i} P_{10}^l \right]^2;$$

$$D_{sp} = \left[1 - D_{k/m}^r (1 - F_{k/m})^{N-r} \right] \times \sum_{i=0}^{m-k} C_m^i P_0^{m-i} (1 - P_0)^i \left[\sum_{l=0}^{m-k-i} C_{m-i}^l (1 - P_{10})^{m-l-i} P_{10}^l \right]^2,$$

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

$$D_{sp} = \left[1 - D_{k/m}^r (1 - F_{k/m})^{N-r} \right] \sum_{i=0}^{m-k} C_m^i P_{2/2}^{m-i} (1 - P_{2/2})^i.$$

де $P_{2/2} = (1 - P_{10})^2$.

Як впливає з представлених залежностей, імовірності D_1 та D_2 відрізняються тільки можливостями проходження координатної відмітки.

На рис.1 представлені імовірності правильного прийому польотних даних при $N = 12$ для способів обробки даних, що розглядаються, при використанні

логіки обробки $k/m = 2/3$. Розрахунки виконані при $P_0 = 0.9$. Як впливає з представлених залежностей зменшення коефіцієнта готовності літакового відповідача приводить до різкого зниження імовірності правильного прийому польотних даних.

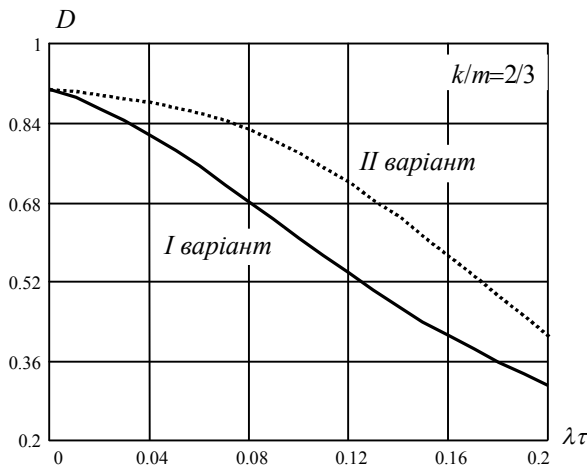


Рис. 1. Оцінка якості обробки ПД

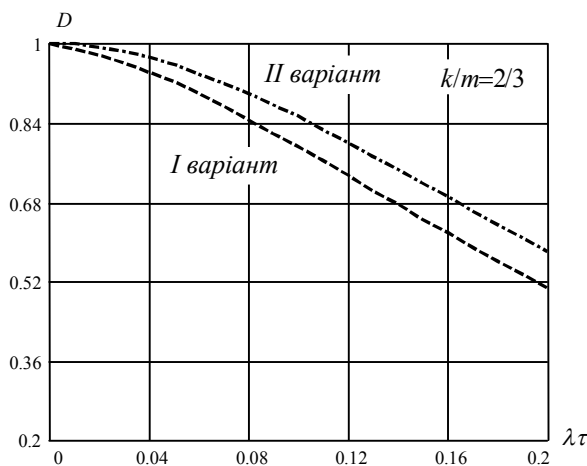


Рис. 2. Оцінка якості обробки ПД

Наведені розрахунки показують зростання імовірності правильного прийому польотних даних з подальшою міжперіодною обробкою (II варіант) у порівнянні з існуючим варіантом обробки даних

(I варіант). Так при $\lambda\tau = 0.08$ імовірність правильного прийому польотних даних складає: для існуючого варіанту обробки даних 0.68, а для обробки даних з подальшою міжперіодною обробкою – 0.84.

На рис. 2 наведено розрахунки імовірності правильного прийому польотних даних при використанні беззапитного способу передачі польотних даних при $N = 12$ які показують, що:

- імовірність передачі польотних даних значно збільшується;
- подальша міжперіодна обробка польотних даних більш доцільна.

Висновки

Наведені розрахунки імовірності правильного прийому польотних даних показали, що більш доцільно використати подальшу міжперіодну обробку польотних даних та переходити до беззапитальних методів передачі польотних даних.

Список літератури

1. Автоматизированные системы управления воздушным движением: Новые информационные технологии в авиации / Под ред. С.Г. Пятко и А.И. Краснова. – СПб.: Политехника, 2004.
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. Грачев В.В. Радиотехнические средства управления воздушным движением / В.В. Грачев, В.М. Кейн. – М.: Транспорт, 1975. – 237 с.
4. 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.
5. Обод І.І. Обробка даних систем спостереження повітряного простору: монографія. За заг. ред. І.І. Обод / І.І. Обод, Г.Е. Заволодько. – Харків: НТУ «ХПИ», 2016. – 281 с.

Надійшла до редколегії 4.04.2017

Рецензент: д-р техн. наук проф. О.А. Серков, Національний технічний університет «ХПИ», Харків.

ОБРАБОТКА ДАННЫХ ВТОРИЧНЫХ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА

А.И. Обод

Приведен сравнительный анализ качества обработки полетных данных, передаваемых по каналу ответа вторичных систем наблюдения воздушного пространства. Показано, что использование последующей межперіодной обработки позволяет повысить качество обработки данных по сравнению с предыдущей межперіодной обработкой.

Ключевые слова: обработка данных, вторичные системы наблюдения, воздушное пространство, межперіодная обработка.

PROCESSING DATA OF SECONDARY AIRSPACE OBSERVATION SYSTEMS

A.I. Obod

A comparative analysis of the quality of processing of flight data transmitted through the response channel of secondary airspace surveillance systems is given. It is shown that the use of the subsequent interperiod processing allows to improve the quality of data processing in comparison with the previous interperiod treatment.

Keywords: Data processing, secondary surveillance systems, airspace, interperiod processing.