

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

СВИД ІРИНА ВІКТОРІВНА

УДК 621.396.967.2

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ  
КАНАЛІВ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ  
ЗАПИТАЛЬНИХ СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ  
ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2012

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Харківському національному університеті радіоелектроніки Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор  
**Обод Іван Іванович**,  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
професор кафедри «Системи інформації».

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор  
**Антіпов Іван Євгенійович**,  
Харківський національний університет радіоелектроніки,  
завідувач кафедри «Радіоелектронних пристроїв»;

кандидат фізико-математичних наук,  
старший науковий співробітник  
**Можаєв Олександр Олександрович**,  
Національний технічний університет «Харківський  
політехнічний інститут», професор кафедри  
«Мультимедійних інформаційних технологій і систем».

Захист відбудеться «20» червня 2012 р. о 13<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.052.03 у Харківському національному університеті радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, просп. Леніна, 14.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Харківського національного університету радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, просп. Леніна, 14.

Автореферат розісланий «18» травня 2012 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

В.М. Безрук

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Врішення задач, що стоять перед управлінням повітряним рухом (УПР) цивільного й військового призначення, багато в чому визначається інформаційним забезпеченням (ІЗ). Основними засобами спостереження повітряного простору (ПП) в Об'єднаній цивільно-військовій системі організації повітряного руху України є системи спостереження (СС) (первинні й вторинні). Відомо, що вторинні СС вирішують задачу отримання інформації про бортовий номер, висоту польоту й державної приналежності повітряного об'єкта (ПО), і різної додаткової польотної інформації (ПІ), яка передається в загальному випадку на наземні пункти за запитальним каналом передачі інформації.

Однак вторинні СС мають істотні недоліки, обумовлені особливостями функціонування й принципами побудови елементів і системи в цілому, організацією мережі вторинних СС. Відсутність і часових, і просторових відмінностей між корисними й імітованими сигналами запиту (СЗ) на літаковому відповідачі (ЛВ) змушує обслуговувати й ті, й інші. Все це призводить до того, що вторинні СС завжди працюють у присутності внутрісистемних і навмисних корельованих завад (НКЗ). Якщо НКЗ не характерні для УПР України цивільного призначення, то наявність навмисних корельованих завад у Повітряних Силах Збройних Сил України (ПС ЗСУ) дає можливість зацікавленій стороні паралізувати цей вид інформаційного забезпечення. Це не дозволяє віднести вторинні СС до завадостійких систем і використовувати їх у конфліктних ситуаціях, що може негативно вплинути на виконання задач, покладених на Об'єднану цивільно-військову систему організації повітряного руху України.

Перехід за рекомендацією Міжнародної організації цивільної авіації (ІКАО) до моноімпульсних вторинних СС з дискретно-адресним запитом, не вирішує задачу захисту таких вторинних СС від завад; а перехід до принципів автоматичного залежного спостереження потребує організації каналу ПІ інформації з борта ПО на наземні пункти управління за супутниковими каналами зв'язку, що не завжди можливо, зокрема в надзвичайний період.

Таким чином, тема дисертаційної роботи, яка присвячена розробці й дослідженню методів підвищення завадостійкості каналів передачі інформації запитальних систем спостереження повітряного простору при дії внутрісистемних, а також навмисних корельованих і некорельованих завад є актуальною.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Роботу виконано у рамках Державної цільової науково-технічної програми створення державної інтегрованої інформаційної системи забезпечення управління рухомими об'єктами (зв'язок, навігація, спостереження): постанова Кабінету Міністрів України від 17 вересня 2008 р. № 834; Програма розвитку державної системи використання повітряного простору України на 2010 - 2014 роки, постанова Кабінету Міністрів України від 13.01.2010 р., № 44; а також у рамках НДР «Розвиток теорії обробки інформації та ідентифікація об'єктів у єдиній інформаційній мережі систем спостереження» ДР № 0110U001250 та НДР № 263 «Перспективні технології та засоби спостереження, навігації та радіомоніторингу в інтегрованих інформаційних системах управління

динамічними об'єктами» ДР № 0111U002629. У вказаних НДР дисертант був виконавцем. Використання результатів дисертаційної роботи підтверджено відповідними актами впровадження.

**Мета та задачі дослідження.** Метою досліджень є підвищення завадостійкості каналів передачі інформації запитальних СС повітряного простору.

*Науково-технічною задачею роботи є* розробка та дослідження методів підвищення завадостійкості каналів передачі інформації запитальних СС в умовах дії внутрісистемних та навмисних корельованих і некорельованих завад у каналах запиту та відповіді.

Для вирішення поставленої задачі необхідно розв'язати такі часткові задачі:

1. Розробити загальну структуру та визначити показники якості інформаційного забезпечення користувачів системи контролю ПП.
2. Провести аналіз принципів побудови та особливостей функціонування каналів передачі інформації запитальних СС в умовах дії завад.
3. Розробити статистичну модель каналів передачі інформації запитальних СС при дії внутрісистемних корельованих та некорельованих завад у каналі запиту.
4. Провести дослідження завадостійкості існуючих каналів передачі польотної інформації запитальних СС в умовах дії внутрісистемних та навмисних корельованих і некорельованих завад у каналах запиту та відповіді.
5. Провести порівняльний аналіз завадостійкості інформаційних кодів передачі та способів обробки ПП, які використовуються у запитальних СС.
6. Розробити методи підвищення завадостійкості каналів передачі ПП при дії навмисних і ненавмисних корельованих і некорельованих завад запитальних СС.
7. Оцінити можливість використання сучасних методів модуляції сигналів у запитальних каналах передачі польотної інформації.

*Об'єктом дослідження є* процес передачі польотної інформації з борта повітряного об'єкта.

*Предметом дослідження є* завадостійкість запитальних каналів передачі польотної інформації.

У роботі використовувались такі *методи досліджень*: методи теорії ймовірностей, випадкових процесів та теорії систем масового обслуговування для розробки методики оцінки завадостійкості каналів передачі польотної інформації запитальних СС в умовах дії внутрісистемних та навмисних корельованих та некорельованих завад у каналах запиту та відповіді; методи теорії виявлення сигналів для оцінки якості виявлення інформаційних сигналів у каналі відповіді запитальних СС.

**Наукова новизна одержаних результатів** дисертаційної роботи полягає у розробці методу підвищення завадостійкості запитальних каналів передачі інформації при дії внутрісистемних, а також навмисних корельованих та некорельованих завад, у якому, за рахунок спадкоємного переходу від запитальних СС до запитальних каналів передачі ПП, що забезпечує перехід від обслуговування запитів до обслуговування мережі виключається можливість паралізації ЛВ навмисною корельованою завадою і цим реалізується надійне інформаційне забезпечення споживачів системи контролю ПП.

Під час проведення дослідження автором отримано ряд наукових положень та результатів, які характеризуються науковою новизною:

1. Набула подальшого розвитку модель каналу передачі інформації запитальних СС яка, на відміну від відомих, враховує вплив некорельованих завад у каналі відповіді на якість передачі інформації, що дозволило оцінити вплив цих завад на завадостійкість каналів;

2. Вперше розроблено адресний за відповіддю метод передачі інформації, який відрізняється тим, що у ньому координати повітряного об'єкта входять у склад інформації, що передається з борта повітряного об'єкта, що дозволило здійснити спадкоємний перехід від обслуговування абонента до обслуговування мережі, і на основі цього підвищити завадостійкість запитальних каналів передачі інформації при дії внутрісистемних, навмисних корельованих та некорельованих завад.

3. Набув подальшого розвитку метод передачі інформації у запитальних СС який, на відміну від відомих, оснований на управлінні потоками як сигналів запиту так і сигналів відповіді, що дозволило послабити вплив внутрісистемних завад на завадостійкість каналів передачі.

#### **Практичне значення отриманих результатів.**

1. Удосконалено методику розрахунку коефіцієнта готовності (КГ) запитальних СС при передачі ПІ з урахуванням наявності хаотичних імпульсних завад (ХІЗ) у каналі відповіді, яка дозволяє оцінити показники завадостійкості запитальної СС у реальних умовах завадової обстановки.

2. Розроблено пропозиції щодо збільшення кількості розрядів інформації, що передається у каналах передачі ПІ при використанні існуючого стандарту передачі.

3. Обґрунтовано структуру та визначено тип модуляції сигналів відповіді в запитальних каналах передачі ПІ.

Отримані в роботі результати можуть бути використані для модернізації існуючих і в розробці нових запитальних СС ПП.

Результати дисертаційної роботи реалізовані в рамках НДР «Розвиток теорії обробки інформації та ідентифікація об'єктів у єдиній інформаційній мережі систем спостереження» ДР № 0110U001250 та НДР № 263 «Перспективні технології та засоби спостереження, навігації та радіомоніторингу в інтегрованих інформаційних системах управління динамічними об'єктами» ДР № 0111U002629.

Практичне значення також визначається отриманими патентами на корисну модель № 58523 «Запитальний спосіб передачі інформації» та № 58925 «Спосіб інформаційного забезпечення користувачів».

**Особистий внесок здобувача.** Всі основні результати отримані автором особисто. В роботах, виконаних у співавторстві, автору належать: [1] – обґрунтування структури та інтегрального показника якості інформаційного забезпечення користувачів системи контролю використання повітряного простору; [2] – використання сучасних методів модуляції сигналів передачі ПІ в запитальних каналах передачі та перехід від запитальних СС до запитальних каналів передачі інформації; [3] – порівняння способів управління інформаційним каналом передачі польотної інформації запитальних СС; [4] – оцінка впливу КГ ЛВ на вибір оптимального цифрового порога виявлення повітряних об'єктів; [5] – математичні вирази для оптимізації ймовірності передачі ПІ з борта ПО й вибір кількості каналів обробки залежно від можли-

вого числа ПО, що знаходяться на одному азимуті; [8] – запитальний спосіб передачі інформації із включенням координатної інформації до склад польотної інформації; [9, 13] – варіант спадкоємного переходу до обслуговування мережі із включенням координатної інформації у склад польотної інформації; [10] – оцінка швидкості передачі інформації запитальними СС.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати роботи представлені й обговорені на шести конференціях: 1) Інформаційні технології в навігації і управлінні: стан та перспективи розвитку, м. Київ, 2010 р. [10]; 2) 7-а Міжнародна молодіжна науково-технічна конференція «Сучасні проблеми радіотехніки і телекомунікацій РТ-2011», м. Севастополь, 2011 р. [11]; 3) 15-й Ювілейний Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка і молодь в ХХІ столітті», м. Харків, 2011 р. [12]; 4) Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: ХІХ Міжнародна науково-практична конференція, м. Харків, 2011 р. [13].

**Публікації.** Матеріали дисертаційної роботи опубліковані у 7 статтях у наукових спеціалізованих виданнях; в 4 тезах науково-технічних конференцій, 2 описах до патентів України на корисну модель; а також увійшли до 2 звітів про НДР.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, що містять основні результати, списку використаних джерел. Повний обсяг дисертації складає 177 сторінок, що включає 70 рисунків, 2 таблиці, та список використаних джерел із 89 найменувань (на 9 стор.).

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, визначено мету та основні задачі дисертаційного дослідження, сформульовано нові наукові положення, які виносяться на захист, визначено практичну значущість отриманих результатів та наведено дані про їх реалізацію, наведено публікації автора і його особистий внесок, подано загальну характеристику роботи.

У першому розділі дисертації розглянуто місце та роль каналів передачі інформації запитальних СС у ІЗ користувачів системи контролю ПП. Визначено, що запитальні СС є одним з основних джерел інформації у ПС ЗСУ та УПР України та їх інформація дуже важлива для вирішення завдань, які стоять перед даними відомствами. Наведено структуру та розроблено показники якості ІЗ користувачів на базі сполученої СС у складі первинної та двох вторинних СС, перша з яких вирішує задачу отримання додаткової ПІ, а друга – задачу ідентифікації ПО за ознакою «свій-чужий».

Показано, що інтегральним показником якості ІЗ може бути ймовірність ІЗ, яка визначається ймовірністю ІЗ кожного з алгоритмів обробки. Для ПОІ частковими показниками якості ІЗ можуть бути ймовірності правильного виявлення ПО кожним каналом сполученої СС  $P_i = D_{li}$ , які є функціями

$$D_{li} = f(D_{0i}, F_{0i}, C_i, P_0) = f(q_{0i}, z_{0i}, C_i, P_0), \quad (1)$$

де  $z_0(C)$  – аналоговий (цифровий) поріг виявлення сигналу (ПО),  $P_0$  – КГ відповідна літака, що є характерним для вторинної та ідентифікаційної СС. При порівнянні та поєднанні інформації, що потрібно для автоматичного складання формуляру

ПО, критерієм є якість виміру КІ, через імовірності дій до яких належать: ймовірність втрат правильної ПІ; ймовірність спотворення ПІ; ймовірність об'єднання КІ і ПІ вторинної СС; ймовірність порівняння КІ первинної та ідентифікаційної СС; ймовірність об'єднання КІ і ПІ у сполученій СС.

Отримано вирази для виявлення ПО запитальною СС з попередньою ( $D_{11}$ ) і наступною ( $D_{22}$ ) МО

$$D_{11} = \sum_{i=0}^{N-k} C_N^i P_0^{N-i} (1-P_0)^i \left[ \sum_{l=0}^{N-k-i} C_{N-i}^l P^{N-i-l} (1-P_1)^l \right]^n, \quad D_{22} = \sum_{i=0}^{N-k} C_N^i (P_0 P_1^n)^{N-i} (1-P_0 P_1^n)^i, \quad (2)$$

де  $P_1$  – імовірність виявлення одиночних імпульсів СВ,  $P_0$  – імовірність КГ літакового відповідача.

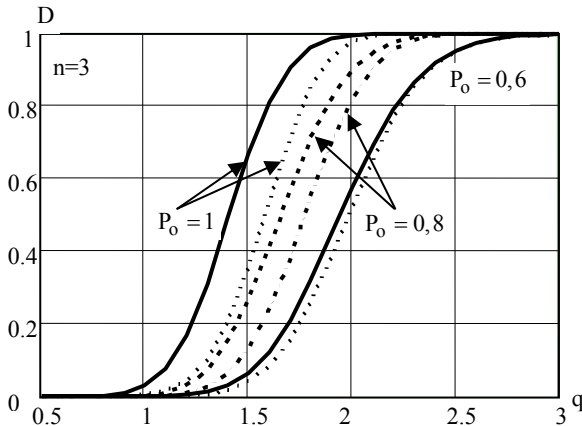


Рис. 1. Ймовірність виявлення ПО

такого відповідача.

Наведені розрахункові дані (рис. 1) показують, що при дії у КВ флуктуаційних завад збільшення значності коду дозволяє дещо збільшити ймовірність виявлення ПО запитальною СС при виборі оптимального цифрового порога. Використання попередньої МО більш переважно обробці з наступною МО. Однак зі збільшенням значності коду СВ ця перевага зменшується.

Оглядом запитальні СС можуть робити азимутальну пеленгацію ПО методом аналізу огинаючої пакета  $n$ -імпульсних СВ. Під впливом внутрісистемних та навмисних корельованих завад у КЗ й КВ частина СВ, як показано вище, втрачається з імовірністю  $1 - P_0(1 - P_p)$ .

Вираз (3) дозволяє обчислити потенційну відносну СКП виміру азимута ПО запитальної СС оптимальним цифровим алгоритмом при незалежних імовірностях подавлення СВ у каналі запитальної СС

$$\frac{\sigma}{\Delta\beta} = \frac{\varphi^2 \exp(z_0^2/2)}{2\sqrt{2}z_0q_0P_0P_p} \left\{ \sum_{k=1}^{(N-1)/2} g^2(k) \exp(-q_k^2) k^2 I_1(z_0q_k) \sum_{i=0}^n \frac{\{P_{11}^{1-i}(k)P_{10}^{n-i-1}(k)(i-nP_{11}(k))\}^2}{P_0P_pP_{11}^i(k)P_{10}^{n-i}(k) + (1-P_0P_p)P_{01}^i(1-P_{01})^{n-i}} \right\}^{1/2}. \quad (3)$$

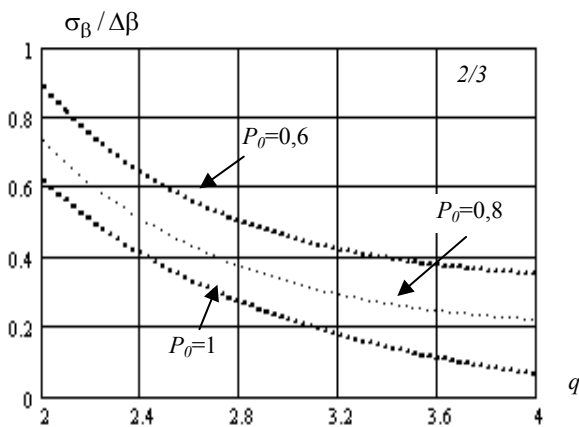


Рис. 2. Точність виміру азимуту при  $k/m=2/3$

Як видно з рис. 2, зменшення КГ призводить до зниження точності виміру азимута ПО запитальною СС. Порівняльний аналіз показує, що використання дробових логік обробки СВ дозволяє підвищити точність оцінки азимута ПО запитальної СС і знизити залежність точності виміру азимута від КГ. Потенційна точність виміру азимута запитальної СС при використанні дробової логіки обробки СВ є не гіршою, а при  $P_0 > 0,4$  використання дробової логіки обробки СВ є більш прийнятним, але використання запи-

тальної СС при  $P_0 < 0,4$  втрачає сенс. Таким чином наведені розрахунки показують, що при виявленні та виміру координат ПО запитальними СС значний вплив на якість вирішення цих задач дає КГ ЛВ, який залежить від заводової обстановки, тобто від рівня внутрісистемних та навмисних корельованих завод.

Проведено аналіз літератури за темою дисертаційної роботи та поставлено задачі дисертаційних досліджень. Достатній захист запитальних СС від навмисних корельованих завод (НКЗ) стримується недостатнім розвитком адекватних, придатних для практики шляхів і методів спадкоємного переходу до заводостійких запитальних СС. Викладене протиріччя є сутністю однієї з актуальних проблем сучасних радіотехнічних систем – необхідність удосконалювання відомих і розробку нових способів і методів підвищення заводостійкості запитальних СС.

**У другому розділі**, на підставі оптимізації виявлення сигналів у системі запитувач – літаковий відповідач – запитувач запитального каналу передачі ПІ отримано статистичну модель запитального каналу передачі та проведено дослідження питань виявлення СЗ у ЛВ за наявності імпульсних і флуктуаційних завод у каналі запиту. Показано, що оптимальний в байєсовому розумінні ЛВ має порівнювати з порогом загальне відношення правдоподібності. Величина порога не залежить від алгоритму та якості роботи запитувача і повністю визначається заданими для системи в цілому вартостями рішень. Оптимальний в байєсовому розумінні запитувач для кожної прийнятої реалізації формує статистику, враховуючи якість роботи ЛВ і порівнює її з порогом, величина якого повністю визначається заданими вартостями рішень. Таким чином, необхідність урахування на запитувачі якості роботи ЛВ, а у ЛВ – функції вартостей для запитального каналу передачі ПІ в цілому, є специфічною особливістю, оптимальною за байєсовим критерієм запитальних СС.

Показано, що за принципом побудови існуючі запитальні СС відносяться до відкритих одноканальних систем масового обслуговування (СМО), обслуговування першого, правильно прийнятого СЗ, а за принципом побудови мережі – до несинхронних мереж. Використання слабкоспрямованих антен на ЛВ (для обслуговування запитувачів з будь-якого просторового напрямку) і реалізація мережі запитальних СС на несинхронному принципі цілком виключають часові та просторові розбіжності між корисними та імітованими СЗ. Ця особливість існуючих запитальних СС дозволяє зацікавленій стороні: цілком вимкути запитальну СС, шляхом паралізації ЛВ; використовувати відповідь ЛВ на несанкціонований запит для далекого виявлення ЛВ; несанкціоновано отримувати додаткову польотну інформацію від ЛВ.

На основі запропонованої статистичної моделі запитального каналу передачі запитальних СС проведено оцінку заводостійкості ЛВ у вигляді відкритої СМО з відмовами при дії на його вході, як потоку СЗ, так і при спільній дії потоку СЗ, НКЗ і некорельованих завод, за яких спостерігатимуться наступні небажані явища, що призводять до неможливості формування СВ: подавлення СЗ даного запитувача й запитів ПІ через утворення з завади випереджальних запитальних кодів (фіктивна тривога першого роду), що викликають випромінювання відповідного коду або спрацьовування схеми подавлення бічних пелюстків; подавлення запитальних кодів і запитів польотної інформації даного запитувача через появу випереджальних запитальних кодів своїх запитувачів, а також запитувачів зацікавленої сторони, несанкціоновано використовуючих відповідач; високочастотне подавлення імпульсів запи-



тальних кодів даного запитувача при збігу за часом імпульсів завади й ПЗС у несприятливих фазових співвідношеннях; подавлення запитальних кодів даного запитувача через появу випереджальних помилкових запитальних кодів, що утворюються в результаті взаємодії першого імпульсу запитального коду даного запитувача з випереджальними (на базу коду) імпульсами завад або ПЗС і викликаюче випромінювання коду відповіді або спрацювання схеми подавлення бокового пелюстка (ПБП) (фіктивна тривога другого роду); подавлення запиту в результаті інерційності схем вхідних формувачів дешифратора й обмеження завантаження відповідача.

Розрахунки КГ ЛВ за цих умов наведено на рис.3 (режим УПР) та 4 (режим RBS).

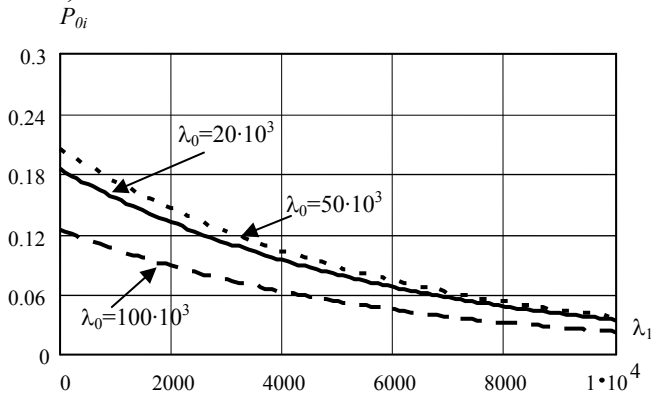


Рис. 3. КГ відповідача при передачі ПІ в режимі УПР

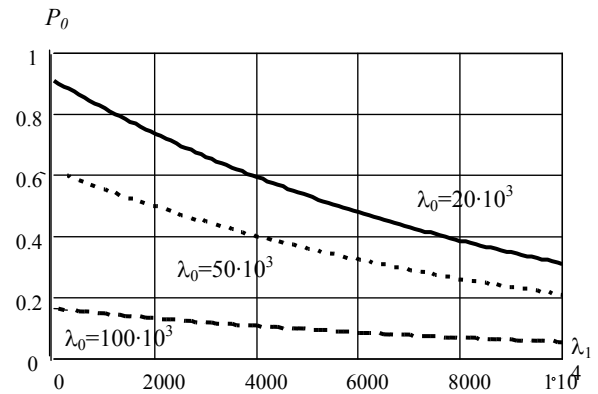


Рис. 4. КГ відповідача при передачі ПІ в режимі RBS

Оцінено завадостійкість каналів передачі ПІ за умовами впливу на КВ флуктуаційних та некорельованих завад. Показано, що з урахуванням КГ ЛВ імовірність проходження декількох видів ПІ при отриманні пачки сигналів відповіді можна визначити як:

$$P_{pi1} = \left[ \sum_{i=1}^M C_M^i (P_{oi} P_{pi})^i (1 - P_{oi} P_{pi})^{M-i} \right]^V, \quad (4)$$

де  $M$  – кількість імпульсів у пачці;  $V$  – кількість видів ПІ.

Результати розрахунків завадостійкості запитальних каналів передачі ПІ наведені на рис. 5, 6.

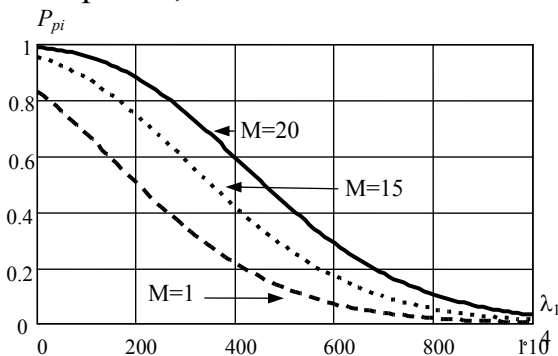


Рис. 5. Імовірність отримання ПІ режиму УПР при  $\lambda_0 = 20 \cdot 10^3$  у КЗ

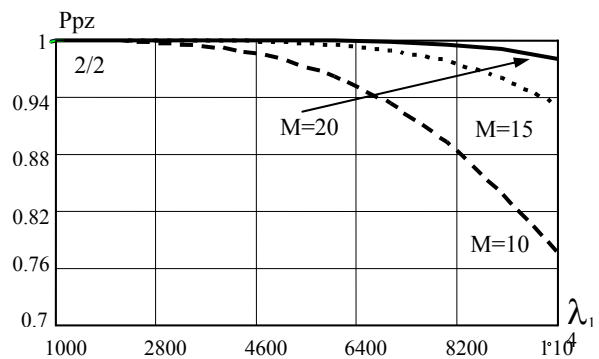


Рис. 6. Імовірність отримання неспотвореної ПІ режиму RBS

Завадостійкість існуючих запитальних СС, при вирішенні задачі передачі ПІ на наземний пункт управління, у режимі RBS істотно вище, ніж при використанні режиму УПР. Так, при інтенсивності потоку СЗ рівній 6000 і довжині пачці рівній

10, імовірність одержання польотної інформації для режиму УПР складає 0,1, а для режиму RBS – 0,99.

Проведено порівняльний аналіз інтенсивностей утворення хибних кодів відповіді режимів УПР і RBS при дії у каналі відповіді потоку навмисних некорельованих завад. Показано, що інтенсивність утворення хибних кодів ПІ при інтенсивності завади  $\lambda_0=100 \cdot 10^3$  становить для режиму УПР і RBS від одного до трьох кодових утворень. Показано, що при дробових логіках  $k/m$  спосіб декодування з наступною селекцією імпульсів по частоті повторення за фіктивними тривогами приблизно в  $(C_m^k)^n$  раз більш завадостійкий у порівнянні зі способом декодування з попередньою селекцією імпульсів по частоті повторення. Порівняльний аналіз завадостійкості існуючих каналів додаткової ПІ показав, що при інтенсивності навмисних корельованих ( $\lambda=10 \cdot 10^3$ ) і некорельованих ( $\lambda_0=100 \cdot 10^3$ ) у запитальному каналі завад та інтенсивності навмисних некорельованих ( $\lambda_0=50 \cdot 10^3$ ) у каналі відповіді ймовірність одержання ПІ для режиму RBS становить 0,08, а для режиму УПР 0,006. Можна стверджувати, що жоден з розглянутих режимів передачі ПІ не відповідає вимогам завадостійкості.

**Розділ 3** присвячений пошуку та дослідженню методів захисту запитальних СС від НКЗ з метою підвищення завадостійкості запитальних СС при вирішенні задачі передачі ПІ. Для цього розроблено методи підвищення завадостійкості запитальних СС, класифікація яких наведена на рис. 7.

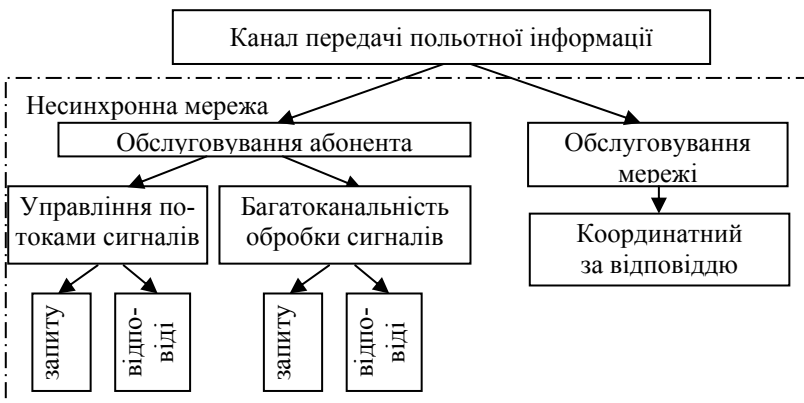


Рис. 7. Методи підвищення завадостійкості запитальних каналів передачі польотної інформації

Наведені методи підвищення завадостійкості запитальних каналів передачі інформації СС ПІ реалізуються на принципах несинхронної мережі СС. При цьому методи підвищення завадостійкості при реалізації обслуговування абонента можуть бути використані для захисту запитальних каналів передачі інформації від внутрісистемних завад, а при реалізації обслуговування мережі – для захисту як від внутрісистемних так і НКЗ.

У запитальних СС з обслуговуванням заявки й реалізованою на принципі відкритої СМО з відмовами підвищення завадостійкості можна досягти за рахунок організації різних варіантів управління потоками СЗ. У цьому випадку з'являється можливість, як повного усунення взаємодії, так і забезпечення обмеженої взаємодії потоків СЗ. Ці методи засновані на властивостях АКФ процесу обслуговування потоку СЗ. Якщо створити такий сумарний потік СЗ усіх запитувачів, при якому СЗ запитувача, що розглядається, надходять у проміжки між часом обслуговування ЛВ інших запитувачів, то можливе зниження ймовірності накладення СЗ і, як наслідок, підвищення ймовірності обслуговування розглянутого потоку СЗ.

Використання ІЧК як СЗ запитальних СС із додатковим імпульсом ПБП дозволяє знизити інтенсивність потоку СВ за рахунок селективного принципу роботи.

Тобто, використовуючи надмірність СЗ, можна реалізувати адресний запит відповідачів, що перебувають у певній зоні дальності.

При прийманні СЗ у ЛВ, завдяки різній дальності до запитувачів, можливе проведення селекції прийнятих сигналів за амплітудою. Цим вдається підвищити завадостійкість запитальних СС, за рахунок розпаралелення обробки сигналу подавлення бокових пелюсток (ПБП).

У запитальних СС із обслуговуванням абонента й реалізованих на принципі відкритої СМО з очікуванням підвищення завадостійкості можна досягти за рахунок виділення синхронних послідовностей, тобто окремих запитувачів, виділенням амплітудних каналів обробки.

Крім того, можна реалізувати адресний метод при передачі координат відповідача тільки у КВ. У цьому випадку функціонування КЗ запитальних СС не змінюється у порівнянні з існуючими системами. У відповідачах запитальних СС, реалізованих за зазначеним принципом, алгоритм обслуговування СЗ змінюється наступним чином. У відповідачах формується деякий часовий інтервал  $T_a$  аналізу, протягом якого приймаються СЗ. Після закінчення зазначеного часового інтервалу та прийому протягом цього часового інтервалу хоча б одного СЗ випромінюється СВ, у який закладаються координати відповідача.

Таким чином, реалізація цього методу (адресного за відповіддю) також суттєвим чином знижує інтенсивність потоку СВ і робить цю інтенсивність незалежною від інтенсивності потоку СЗ. Дійсно, максимальна інтенсивність потоку СВ у цьому методі визначається як  $\lambda_{\max} = 1/T_a$ . Вона не залежить від інтенсивності потоку СЗ та інтенсивності потоку імітованих СЗ. Оскільки у цьому методі обслуговування здійснюється не окремого СЗ, а усіх СЗ на часовому інтервалі аналізу, то постановка навмисних завдань з метою зниження завадостійкості ЛВ стає недоречною, оскільки потрібно створити таку ситуацію, за якої неможливо прийняти жодного СЗ на інтервалі аналізу. Це призведе до постановки флуктуаційних завдань та значних енергетичних затрат. Оскільки запит будь-якого запитувача мережі (навіть несанкціонованого запиту зацікавленої сторони) на інтервалі аналізу призводить до формування СВ, у якому закладено координати відповідача, то це призводить до переходу від обслуговування СЗ до обслуговування мережі.

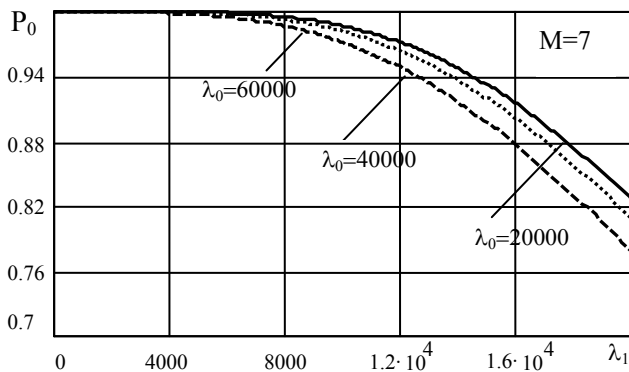


Рис. 8. Коефіцієнт готовності ЛВ

Зміна принципу обслуговування абонентів на обслуговування мережі повинна априорно призвести до збільшення завадостійкості запитальних каналів передачі інформації СС повітряного простору. З однієї сторони, зростає КГ ЛВ через суттєве зменшення інтенсивності потоку СВ, а отже, зменшення часу паралізації ЛВ. З іншої сторони, зменшується імовірність подавлення СЗ даного запитувача імітованими завадами. Дійсно, відповідач формує СВ при виявленні за час аналізу  $T_a$  хоча б одного прийнятого СЗ (навіть імітованого зацікавленою стороною). Тому для подавлення СЗ даного за-

но, відповідач формує СВ при виявленні за час аналізу  $T_a$  хоча б одного прийнятого СЗ (навіть імітованого зацікавленою стороною). Тому для подавлення СЗ даного за-

питувача необхідно створити потужну заваду такої інтенсивності, що не дозволяє прийняти жодного СЗ. А це потребує постановки флуктуаційних завад протягом усього часу спостереження, що потребує значних енергетичних затрат.

Імовірність неспотвореної передачі ПІ інформації оцінемо за виразом  $P_{\text{при}} = P_0 P_{10} P_{01}$ , де  $P_0$  – КГ відповідача,  $P_{10}$  – імовірність подавлення інформаційного

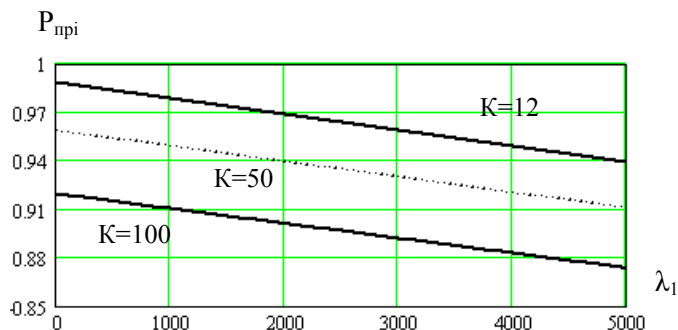


Рис. 9. Імовірність передачі неспотвореної інформації запитальним каналом передачі ПІ

Наведені розрахунки дозволяють зробити такі висновки: реалізація запитального каналу передачі ПІ з включенням у склад передаваної інформації просторових координат ПО дозволяє реалізувати адресний метод відповіді, що призводить до суттєвого підвищення завадостійкості запитальних розглядаємих каналів передачі, за рахунок переходу від обслуговування окремого запитувача до обслуговування мережі запитальних СС; збільшення кількості розрядів передаваної інформації у запитальному каналі передачі, як потребує АЗС, навіть без зміни закону модуляції сигналів, показує задовільну завадостійкість.

У роботі наведено порівняльний аналіз завадостійкості запропонованого каналу передачі інформації існуючих запитальних СС на основі такого виразу:

$$\mu(\lambda_1) = \frac{P_{\text{перпизкп}}(\lambda_1)}{P_{\text{перпизсс}}(\lambda_1)}, \quad (5)$$

де  $P_{\text{перпизкп}}(\lambda_1)$  – імовірність неспотвореної передачі ПІ запитальним каналом пере-

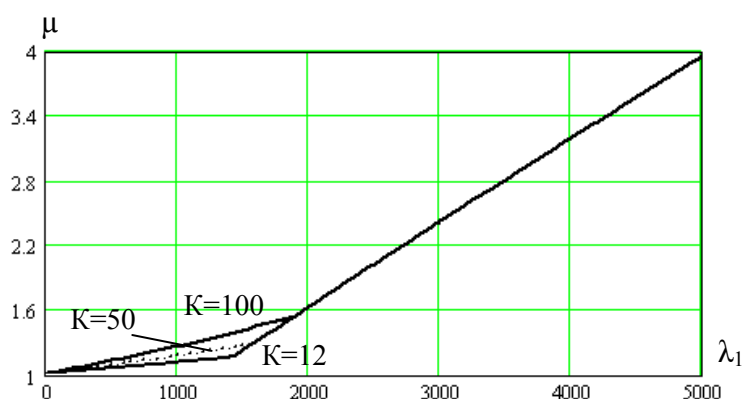


Рис. 10. Виграш у завадостійкості

1000 при передачі інформаційної посилки у складі 12, 50 та 100 розрядів з використанням існуючого формату передачі на основі позиційного коду.

розряду у каналі відповіді некорельованою завадою,  $P_{01}$  – імовірність появи інформаційного розряду видаваної дією НКЗ у каналі відповіді.

Розрахунок імовірності передачі неспотвореної інформації КЗ передачі інформації з адресною відповіддю наведено на рис. 9, і виконано за наявності у КЗ НКЗ інтенсивністю 5000 та наявності у каналі відповіді НКЗ інтенсивністю 1000.

дачі,  $P_{\text{перпизсс}}(\lambda_1)$  – імовірність неспотвореної передачі ПІ запитальною СС.

Розрахунки виграшу запропонованого переходу від запитальних СС до запитального каналу передачі ПІ наводяться на рис. 10. Розрахунки виконано за наявності у каналі запиту некорельованих завад інтенсивністю 5000 та наявності у каналі відповіді некорельованих завад інтенсивністю

Аналіз наведених розрахунків показує, що при інтенсивності потоку СЗ 3000 виграш запропонованого варіанта підвищення завадостійкості запитальних каналів передачі ПІ складає 2,5 рази.

У четвертому розділі розглянуто питання підвищення показників якості запитальних каналів передачі ПІ на основі переходу від позиційного коду при передачі інформації до використання сучасних методів модуляції передаваних сигналів. Показано, що використання позиційного коду у якості модуляції сигналів, що передається з борту ПО на наземні пункти управління, суттєво знижує ефективність та якість передачі. Це пов'язано, по-перше, з тим, що за рахунок визначення коду за фронтом сигналів, що приймаються, потребує суттєвого збільшення смуги пропускання приймальних трактів і як наслідок зниження відношення с/ш і по-друге – робить неможливим збільшення кількості розрядів передаваної інформації без суттєвого збільшення часової бази коду відповіді.

Проведено дослідження впливу розширення смуги пропускання приймальних трактів вище оптимальної величини під час обробки інтервально-часових і позиційних кодів, які використовуються в запитальних каналах передачі ПІ, та показано, що імовірність проходження кодової групи через порогів пристрій визначається як

$$P_n = \left\{ 1 - \left[ 0,5 + \Phi(r) - \frac{1}{4} \sqrt{\frac{nk}{\pi q_0}} \exp\left[-\frac{1}{2}(r)^2\right] \right]^k \right\}^n, \quad (6)$$

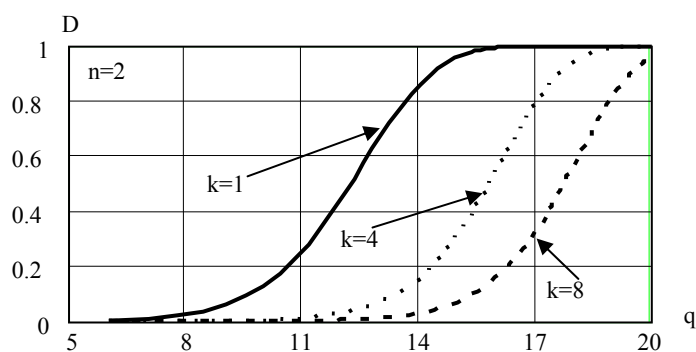


Рис. 10. Імовірність виявлення СЗ

де  $r = \sqrt{(2q_0/nk)} - x_0$ ,  $q_0 = qk$  – відношення с/з, віднесене до оптимальної смуги,  $n$  – значність коду,  $k$  – коефіцієнт збільшення смуги пропускання,  $x_0$  – поріг. Для прикладу подано залежності  $D = f(q, F = 10^{-6})$ , обчислені при різних  $n$  і  $k$  (рис. 11). Як видно із наведених залежностей, для виявлення кодового сигналу з достатньою для практики ймовірністю необхідне бі-

льше відношення сигналу до завади на вході детектора. Так при  $n=2$  та  $D=0,8$  для  $k=1$  потрібне відношення с/ш, яке дорівнює 13 дБ, а для  $k=4$  - 17 дБ, а для  $n=3$  ці показники дорівнюють відповідно 15 та 18 дБ.

Порівняльний аналіз методів модуляції, які використовуються у сучасних системах передачі інформації, а також особливості побудови запитальних каналів передачі СС вказує, що для підвищення швидкості передачі інформації, для підвищення завадостійкості запитального каналу передачі за рахунок зменшення часової бази коду відповіді у запитальних каналах передачі інформації СС доцільно використовувати сигнали ФМ та КАМ.

У даному розділі наведено оцінку якості передачі інформації у запитальних каналах передачі ПІ при використанні сучасних методів модуляції, для чого отримано вираз для оцінки ймовірності  $P_e$  при передачі рівномірних сигналів фазової (а також КАМ) модуляції

$$P_e = \frac{1}{2} \left[ 1 - \Phi \left( \sqrt{\frac{2PGAn}{4\pi r^2 N_0 k}} \sin \frac{\pi}{M} \right) \right], \quad (7)$$

де  $V_k = k/n$  – швидкості кодування,  $P(G,A)$  – потужність випромінювання (коефіцієнт підсилення, ефективна площа антени) ЛВ,  $N_0$  – спектральна щільність потужності шуму,  $r$  – дальність,  $M$  – значність ФМ коду та наведені розрахунки ймовірності помилки на біт інформації (рис. 12).

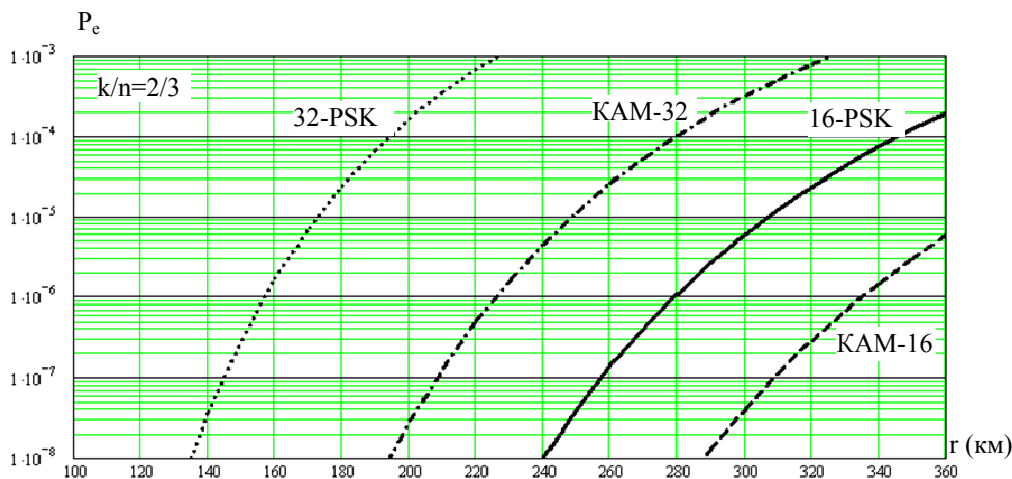


Рис. 12. Залежність ймовірності помилки від відстані

ведено порівняльний аналіз часової бази коду відповіді при використанні позиційного коду та сучасних видів модуляції, які розглянуто у роботі при передачі 12-розрядного коду (існуюча ситуація) та при збільшенні числа розрядів передаваної інформації до 50 та 100 розрядів. Показано, що часова база СВ при  $K=16$  та  $V_k = 5/6$  зменшуються відповідно у 50, 94 та 93 рази.

## ВИСНОВКИ

Внаслідок виконаних досліджень в рамках даної дисертаційної роботи вирішено актуальну науково-технічну задачу спадкоємного переходу до завадостійких каналів передачі інформації запитальних СС ПП на основі розробки методів захисту інформаційних каналів від внутрісистемних та навмисних корельованих завад. При цьому отримані наукові та практичні результати, а саме:

1. Проведено аналіз інформаційного забезпечення користувачів системи контролю ПП та показано, що запитальні СС є одним з основних джерел інформації ПС ЗСУ й УПР України та їхня інформація вкрай важлива для вирішення поставлених задач. На основі цього розроблено структуру інформаційного забезпечення користувачів системи контролю ПП на базі первинної та двох вторинних сполучених систем спостереження та запропоновано інтегральний показник якості інформаційного забезпечення, до якого входять такі складові: ймовірність виявлення ПО кожним із каналів сполученої системи ІЗ; ймовірність визначення координат ПО кожним із каналів; ймовірність передачі правильної ПП з борта ПО та ймовірність об'єднання і порівняння інформації. Наведено математичні вирази для визначення складових ін-

милки на біт інформації (рис. 12).

Наведені розрахунки показують можливість використання КАМ 32 (32-PSK) у всій зоні роботи запитальних каналів передачі ПП при допустимій ймовірності помилки на біт інформації.

У розділі про-

тегрального показника якості ІЗ. Показано, що параметри виявлення та виміру координат ПО запитальними СС, як складової ІЗ, за наявності внутрісистемних та навмисних корельованих завад суттєво залежать від КГ літакового відповідача, який у свою чергу залежить від завадової обстановки і може управлятися зацікавленою стороною за рахунок постановки корельованих завад. Наведені розрахунки показали, що зацікавлена сторона, за рахунок постановки НКЗ потрібної інтенсивності, може паралізувати ЛВ запитальних систем спостереження, що ускладнює як виявлення ПО, виміру координат ПО та передачу ПІ на цій СС і, як наслідок, суттєвим чином знизити імовірність ІЗ користувачів загалом.

2. Показано, що існуючі запитальні канали передачі польотної інформації СС побудовані за принципами: обслуговування першого правильно прийнятого СЗ передачі ПІ; одноканальної відкритої СМО з відмовами; несинхронної мережі запитальних СС; слабкоспрямованих антенних систем на ЛВ, що виключило й часові й просторові розходження між корисними й імітованими сигналами запиту в запитниках і, як наслідок, визначило низьку завадостійкість літакових відповідачів, а також і запитальних СС у цілому при дії ненавмисних і навмисних завад.

3. Розроблена статистична модель запитального каналу передачі польотної інформації систем спостереження повітряного простору та показано, що оптимальний виявлювач сигналу запиту літакового відповідача запитального каналу передачі у байесовому значенні повинен порівнювати з порогом узагальнене відношення правдоподібності. Величина порога не залежить від алгоритму і якості роботи запитника запитального КП і повністю визначається заданими для запитального КП у цілому вартостями рішень. Оптимальний виявлювач у запитнику в баєсовому значенні повинен враховувати якість роботи ЛВ і порівнювати її з порогом, величина якого визначається заданими цінами рішень. Все це визначило, що підвищення завадостійкості КП запитальних СС можна досягти шляхом підвищення КГ ЛВ, а підвищення КГ ЛВ, у свою чергу, можна досягти за рахунок зміни або принципу побудови, або принципу обслуговування заявок, або принципу організації мережі запитальних КП.

4. Розроблено методику оцінки завадостійкості каналу польотної інформації в існуючих запитальних СС, яка містить оцінку завадостійкості каналу запиту при дії потоків СЗ різних режимів сусідніх запитальних СС, випромінених як за основним пелюстком ДСА запитувача, так і за бічними, а також потоку навмисних корельованих і некорельованих завад і оцінку завадостійкості каналу відповіді (передачі польотної інформації) з урахуванням дії у каналі відповіді потоків сигналів відповіді та потоків навмисних некорельованих завад. Показано, що у режимі RBS завадостійкість передачі дещо вища у порівнянні з режимом УПР. Як показали розрахунки, за розробленою методикою, імовірність отримання ПІ при дії в каналі запиту корельованих ( $\lambda=10 \cdot 10^3$ ) та некорельованих ( $\lambda_0=100 \cdot 10^3$ ) завад для режиму УПР склали 0,05 для  $M=20$ . Показано, що завадостійкість існуючих запитальних СС при розв'язанні задачі передачі ПІ на наземний пункт управління, в режимі RBS істотно вищий, у порівнянні з режимом УПР. Так, при інтенсивності потоку СЗ, який дорівнює 6000 та тривалості пачки рівної 10, імовірність отримання ПІ для режиму УПР складає 0,1, а для режиму RBS – 0,99. Проведено порівняльний аналіз інтенсивностей утворення хибних кодів відповіді режимів УПР і RBS при дії у каналі відповіді потоку навмисних некорельованих завад. Показано, що інтенсивність утворення хи-

бних кодів ПІ при інтенсивності завади  $\lambda_0=100 \cdot 10^3$  становить для режиму УПР і RBS від одного до трьох кодових утворень. Порівняльний аналіз завадостійкості існуючих каналів додаткової ПІ показав, що при інтенсивності навмисних корельованих ( $\lambda=10 \cdot 10^3$ ) і некорельованих ( $\lambda_0=100 \cdot 10^3$ ) у запитальному каналі завад та інтенсивності навмисних некорельованих ( $\lambda_0=50 \cdot 10^3$ ) у каналі відповіді ймовірність одержання ПІ для режиму RBS становить 0,08, а для режиму УПР 0,006. Можна стверджувати, що жоден з розглянутих режимів передачі польотної інформації не задовольняє вимогам завадостійкості. Наведено оцінку завадостійкості передачі ПІ в режимі RBS при дії в каналі запиту і відповіді завад при двох способах обробки ПІ і можливості збільшення кількості розрядів, що передається за даним каналом. Показано, що при забезпеченні КГ ЛВ на рівні 0,9 та щільності завад у каналі відповіді, яка складає 0,02, імовірність правильної передачі для 12 розрядів ПІ складає 0,97, а для 100 розрядів ПІ – 0,9. Доведено, що при забезпеченні достатнього КГ можна збільшити кількість розрядів ПІ, яка передається за існуючими каналами передачі. Однак підвищення кількості розрядів передаваної інформації в режимі RBS на базі існуючих запитальних СС призводить до суттєвого збільшення часу паралізації ЛВ, і як наслідок знижує завадостійкість каналів передачі ПІ у запитальних СС. Доведено, що підвищення завадостійкості каналів передачі ПІ та збільшення кількості розрядів передаваної ПІ неможливо без зміни принципів побудови як ЛВ так і запитальної СС загалом.

5. Порівняльний аналіз завадостійкості інформаційних кодів передачі (УПР і RBS) та способів обробки ПІ показав, що інформаційний код режиму УПР більш завадостійкий у порівнянні з інформаційним кодом режиму RBS при реалізації логіки обробки 2/2, а при дробових логіках обробки 2/3 більш завадостійким є код режиму RBS. Доведено, що для режиму RBS при дробових логіках  $k/m$  спосіб декодування з наступною селекцією імпульсів за частотою повторення за хибними тривогами приблизно в  $\left(C_m^k\right)^n$  (де  $n$  – кількість імпульсів синхрогрупи;  $k$  – періоди обробки з  $m$  – можливих при використанні дробових логік обробки) раз більше завадостійкий у порівнянні зі способом декодування з попередньою селекцією імпульсів за частотою повторення – це складає при 2/3 – 0,5 рази, при 3/5 – 10 разів, при 5/6 – 6 разів. Порівняльний аналіз завадостійкості існуючих каналів додаткової ПІ показав, що при інтенсивності навмисних корельованих ( $\lambda=10 \cdot 10^3$ ) і некорельованих ( $\lambda_0=100 \cdot 10^3$ ) у запитальному каналі завад та інтенсивності навмисних некорельованих ( $\lambda_0=50 \cdot 10^3$ ) у каналі відповіді ймовірність одержання ПІ для режиму RBS становить 0,08, а для режиму УПР – 0,006. Можна стверджувати, що жоден з розглянутих режимів передачі польотної інформації не задовольняє вимогам завадостійкості.

Наведені розрахунки показують, що при модернізації запитальних систем спостереження повітряного простору можливо збільшити розрядність передачі польотної інформації з борта ПО на наземні пункти управління, але необхідно обирати компромісний варіант обсягу передаваної ПІ у існуючих каналах відповіді запитальних систем спостереження.

Показано, що використання ІЧК як інформаційного сигналу передачі ПІ потребує розширення смуги пропускання приймача вище оптимальної, оскільки потре-



бує роботи за фронтом приймаємого сигналу. Це дає додатковий програш відносно сигналу до завади. Для існуючих форматів передачі польотної інформації цей програш дорівнює приблизно 1,5 дБ.

6. Удосконалено метод передачі інформації у запитальних системах спостереження, який оснований на управлінні потоками як сигналів запиту так і сигналів відповіді, що дозволило послабити вплив внутрісистемних завад на завадостійкість каналів передачі. Показано, що завадостійкість існуючих каналів передачі ПІ запитальних СС може бути істотно підвищена при дії внутрісистемних завад на спадкоємній основі за рахунок управління потоками: запитальних сигналів, формуючи невзаємодіючі потоки чи потоки з обмеженою взаємодією, чим вдається виключити їх часове співпадіння на ЛВ і тим самим збільшити імовірність обслуговування таких СЗ; сигналів відповіді, за рахунок надмірності, закладеної в СЗ, чим вдається управляти зоною прийому СВ та завдяки чому досягається підвищення КВ запитальних систем спостереження.

Показано, що, використовуючи розпаралелення обробки СЗ у відповідачах, при врахуванні як обробки сигналу ПБП, так і організації амплітудних каналів підвищує завадостійкість каналів передачі ПІ запитальних СС на десятки процентів.

Наведено, що для збільшення кількості обслуговуваних ПО, які знаходяться на одному азимуті відносно запитувача, формують алгоритм управління запитом передачі ПІ, що визначається імовірністю накладення інформаційних посилок у часі від ПО. Порівняльний аналіз показав переваги використання часової схеми розрядки у порівнянні з дискретною схемою розрядки при реалізації інформаційного каналу передачі ПІ у запитальних СС, оскільки для такої схеми розрядки характеристики інформаційного каналу кращі приблизно на 15 %.

Вперше розроблено адресний за відповіддю метод передачі інформації, у якому координати повітряного об'єкта включаються до складу інформації, що передається з борта повітряного об'єкта, що дозволило здійснити спадкоємний перехід від обслуговування абонента до обслуговування мережі, і на основі цього підвищити завадостійкість запитальних каналів передачі інформації при дії внутрісистемних, навмисних корельованих та некорельованих завад. Порівняльний аналіз показує, що при інтенсивності потоку СЗ 3000 виграш у завадостійкості запропонованого методу передачі ПІ з адресною відповіддю у порівнянні з існуючим методом дає підвищення завадостійкості запитальних каналів передачі ПІ у 2,5 рази.

7. Порівняльний аналіз сучасних методів модуляції показав, що враховуючи особливості побудови запитальних каналів передачі СС, для підвищення швидкості передачі інформації доцільно використовувати сучасні методи модуляції (ФМ чи КАМ), що дає можливість підвищення завадостійкості запитального каналу передачі за рахунок зменшення часової бази інформаційного сигналу відповіді у запитальних каналах передачі інформації СС. Показано, що використання КАМ-16 чи ФМ-16 забезпечують достатні імовірності помилки на біт інформації у зоні обслуговування запитальних каналів передачі інформації при використанні характеристик існуючих ЛВ та забезпечують суттєве зменшення часової бази інформаційного сигналу відповіді у порівнянні з існуючим позиційним кодом.

Проведено порівняльний аналіз часової бази коду відповіді при використанні позиційного коду та сучасних видів модуляції, які розглянуто у роботі при передачі

12-розрядного коду (існуюча ситуація) та при збільшенні кількості розрядів передаваної інформації до 50 та 100 розрядів. Показано, що часова база СВ при  $K=16$  та  $V_k = 5/6$  зменшуються відповідно у 50, 94 та 93 рази.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Обод І.І. Порівняльний аналіз якості виявлення повітряних об'єктів запитальними системами спостереження / І.І. Обод, І.В. Свид // Тематичний збірник «Системи обробки інформації» Випуск 9 (90) – Харків, видавництво ХУПС, 2010. – С. 74 – 76.

2. Обод І.І. Оптимізація імовірності передачі польотної інформації по каналах запитальних систем спостереження повітряного простору / І.І. Обод, І.В. Свид, О.П. Черних // «Збірник наукових праць Харківського університету повітряних сил» Випуск 4(26) – Харків, видавництво ХУПС, 2010 – С. 83–85.

3. І Обод І.І. Порівняльний аналіз варіантів управління інформаційного каналу у запитальних системами спостереження повітряного простору / І.І. Обод, І.В. Свид // «Системи управління, навігації та зв'язку» Випуск 1(17) – Київ, видавництво Центрального науково-дослідного інституту навігації і управління (м. Київ), 2011 – С. 27 – 29.

4. Черних О.П. Інформаційне забезпечення на основі мереж спостереження повітряного простору / О.П. Черних, І.І. Обод, І.В.Свид // «Восточно-Европейский журнал передовых технологий» Информационно-управляющие системы 2/9(50) 2011. – Харків, 2011 – С. 23 – 25.

5. Свид І.В. Показники якості інформаційного забезпечення користувачів сполученими системами спостереження повітряного простору / І.В. Свид // Радіотехніка: Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2011.– Харків: ХНУРЕ, 2011. – Вып. 165. – С. 157–160.

6. Свид І.В. Аналіз завадостійкості способу передавання польотної інформації у запитальних системах спостереження / І.В. Свид // Вестник Национального технического университета «ХПИ». Выпуск 24'2011. Тематический выпуск «Новые решения в современных технологиях» – Харьков, 2011 – С. 60–64.

7. І.І. Обод, І.В.Свид, О.П. Черних. Оцінка якості передачі інформації у запитальних каналах передачі СС повітряного простору. «Восточно-Европейский журнал передовых технологий» Метрология, стандартизация, сертификация 3/11(51) 2011 - Харків, 2011 – 52-54 с. Пат. 58523, МПК (2011.01) H04L 12/00. Запитальний спосіб передачі інформації / І.І.Обод, І.В.Свид.; власник Харківський національний університет радіоелектроніки. – № u201013578; заявл. 15.11.2010; опубл. 11.04.2011, Бюл. № 7 – 4 с.

8. Пат. 58523, МПК (2011.01) H04L 12/00. Запитальний спосіб передачі інформації / І.І.Обод, І.В.Свид.; власник Харківський національний університет радіоелектроніки. – № u201013578; заявл. 15.11.2010; опубл. 11.04.2011, Бюл. № 7 – 4 с.

9. Пат. 58925 МПК G01S 13/91 (2006.01). Спосіб інформаційного забезпечення користувачів / В.М. Безрук, І.І.Обод, І.В.Свид.; власник Харківський національ-

ній університет радіоелектроніки. – № u201012600; заявл. 25.01.2010; опубл. 26.04.2011, Бюл. № 8. – 4 с.

10. Обод И.И. Оценка потенциальной скорости передачи информации запросными системами наблюдения / И.И. Обод, И.В. Свид // Інформаційні технології в навігації і управлінні: стан та перспективи розвитку. Матеріали першої міжнародної науково-технічної конференції, - Київ: ДП «ЦНДІ НіУ», 2010. – С. 10.

11. Свид І.В. Аналіз якості виявлення повітряних об'єктів запитальними системами спостереження / Свид І.В. Науковий керівник - д.т.н., проф. Обод І.І. // «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2011»: Материалы 7-ой Международной молодежной научно-технической конференции. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2011. – С. 101.

12. Свид І.В. Структура та показники якості інформаційного забезпечення користувачів сполученими системами спостереження повітряного простору / І.В. Свид Науковий керівник – д.т.н., проф.. Обод І.І. // 15-й Юбилейный Международный молодежный форум «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке». Сб. материалов форума Т. 3. – Харьков: ХНУРЭ, 201. – С. 171–172.

13. Обод И.И. Оценка качества передачи информации в запросных каналах связи / И.И. Обод, И.В. Свид, Е.П. Черных // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XIX міжнародної науково-практичної конференції, Ч.IV (01-03 червня 2011 р., Харків) / за ред. проф. Л.Л. Товажнянського – Харків, НТУ «ХПІ», 2011. – С. 133.

## АНОТАЦІЯ

*Свид Ирина Вікторівна.* Методи підвищення завадостійкості каналів передачі інформації запитальних систем спостереження повітряного простору – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи. – Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, 2012.

Мета дисертаційного дослідження – створення методу підвищення завадостійкості запитальних каналів передачі інформації при дії внутрісистемних, навмисних корельованих та некорельованих завад, у якому, за рахунок спадкоємного переходу від запитальних систем спостереження до запитальних каналів передачі польотної інформації, що забезпечує перехід від обслуговування запитів до обслуговування мережі та виключає можливість паралізації літакових відповідачів навмисною корельованою завадою і цим реалізується надійне інформаційне забезпечення споживачів системи контролю повітряного простору.

Основні результати: набула подальшого розвитку модель каналу передачі інформації запитальних систем спостереження, яка, на відміну від відомих, враховує вплив некорельованих завад у каналі відповіді на якість передачі інформації, що дозволило більш точно оцінити завадостійкість; вперше розроблено адресний за відповіддю метод передачі інформації, у якому координати повітряного об'єкта включаються у склад передаваної інформації з повітряного об'єкта, що забезпечило спадкоємний перехід від обслуговування абонента до обслуговування мережі, і дозволило підвищити завадостійкість запитальних каналів передачі інформації при дії

внутрісистемних, навмисних корельованих та некорельованих завад; набув подальшого розвитку метод передачі інформації у запитальних системах спостереження який, на відміну від відомих, оснований на управлінні потоками як сигналів запиту так і сигналів відповіді, що дозволило послабити вплив внутрісистемних завад на завадостійкість каналів передачі.

Практична значущість отриманих результатів полягає в тому, що: удосконалено методику розрахунка коефіцієнту готовності запитальних систем спостереження при передачі польотної інформації з урахуванням наявності хаотичних імпульсних завад у каналі відповіді, яка дозволяє оцінити показники завадостійкості запитальної системи спостереження у реальних умовах завадової обстановки; розроблено пропозиції щодо збільшення кількості передаваних розрядів польотної інформації при використанні існуючого стандарту передачі; обґрунтовано структуру та визначено тип модуляції сигналів передачі інформації в запитальних каналах передачі польотної інформації.

Ключові слова: запитальна система спостереження, канал передачі, інформаційне забезпечення, польотна інформація, коефіцієнт готовності, завадостійкість.

## АННОТАЦИЯ

*Свид Ирина Викторовна.* Методы повышения помехоустойчивости каналов передачи информации запросных систем наблюдения воздушного пространства. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.17 – радиотехнические и телевизионные системы. – Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, 2012.

Цель диссертационного исследования – создание метода повышения помехоустойчивости запросных каналов передачи информации при действии внутрисистемных, а также преднамеренных коррелированных и некоррелированных помех, в котором, за счет преемственного перехода от запросных систем наблюдения к запросным каналам передачи полетной информации, который обеспечивает переход от обслуживания запросов к обслуживанию сети и исключает возможность парализации самолетных ответчиков преднамеренной коррелированной помехой и этим реализуется надежное информационное обеспечение потребителей системы контроля воздушного пространства. В ходе диссертационных исследований также решены следующие задачи: разработана общая структура и определены показатели качества информационного обеспечения пользователей системы контроля воздушного пространства; проведен анализ принципов построения и особенностей функционирования каналов передачи информации запросных систем наблюдения в условиях действия помех; разработана статистическая модель каналов передачи информации запросных систем наблюдения при действии внутрисистемных коррелированных и некоррелированных помех в канале запроса; проведено исследование помехоустойчивости существующих каналов передачи полетной информации запросных систем наблюдения в условиях действия внутрисистемных и преднамеренных коррелированных и некоррелированных помех в каналах запроса и ответа; проведен сравнительный анализ помехоустойчивости информационных кодов передачи и способов

обработки полетной информации, которые используются в запросных системах наблюдения; разработать методы повышения помехоустойчивости каналов передачи полетной информации при действии преднамеренных и непреднамеренных коррелированных и некоррелированных помех запросных систем наблюдения; оценена возможность использования современных методов модуляции сигналов в запросных каналах передачи полетной информации.

Основные результаты: получила дальнейшее развитие модель канала передачи информации запросных систем наблюдения воздушного пространства, которая, в отличие от известных, учитывает влияние некоррелированных помех в канале ответа на качество передачи информации, что позволило более точно оценить помехоустойчивость запросных каналов передачи; впервые разработано адресный за ответом метод передачи информации в котором координаты воздушного объекта включаются в состав передаваемой информации с борта воздушного объекта, что позволило осуществить преемственный переход от обслуживания абонента к обслуживанию сети, и на основе этого повысить помехоустойчивость запросных каналов передачи информации при действии внутрисистемных, преднамеренных коррелированных и некоррелированных помех; получил дальнейшее развитие метод передачи информации в запросных системах наблюдения который, в отличие от известных, основан на управлении потоками как сигналов запроса так и сигналов ответа, что позволило ослабить влияние внутрисистемных помех на помехоустойчивость каналов передачи. В диссертационной работе приведенное новое решение актуальной научно-технической задачи преемственного перехода к помехоустойчивым каналам передачи информации запросных систем наблюдения воздушного пространства на основе разработки методов защиты информационных каналов от внутрисистемных и преднамеренных коррелированных помех.

Практическая значимость полученных результатов заключается в том, что: усовершенствована методика расчета коэффициента готовности запросных систем наблюдения воздушного пространства при передаче полетной информации с учетом наличия хаотичных импульсных помех в канале ответа, которая позволяет оценить показатели помехоустойчивости запросной системы наблюдения в реальных условиях помеховой обстановки; разработаны предложения относительно увеличения количества разрядов информации, которая передается по каналам передачи полетной информации при использовании существующего стандарта передачи; обоснованна структура и определен тип модуляции сигналов передачи информации в запросных каналах передачи полетной информации.

Ключевые слова: запросная система наблюдения, канал передачи, информационное обеспечение, полетная информация, коэффициент готовности, помехоустойчивость.

## ABSTRACT

*Iryna V. Svyd.* Methods for improving noise immunity information channels of requesting observing systems airspace. – Manuscript.

Thesis for a candidate degree of technical sciences on specialty 05.12.17 – radio and television systems. – Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, 2012.

The purpose of the dissertation research – a method of improving noise immunity in request information channels with negative action of intersystem correlated and uncorrelated hindrances, in which by the inherited transition from the request location systems of supervision to the interrogative request channels of flight information which provides a transition from request service to the network service and eliminates possibility of paralyzing airplane's defendants the intentional correlated hindrance so safety information service of air space control system can be realized.

Main results: developed the model channel transmission systems requesting observation that, differ from known, by including the influence of uncorrelated noise in the response channel to the quality of information transfer, what allows better assessment of noise immunity, first developed by the response address transmission method in which the coordinates of the air object included in the composition intersystem information on air facility, that provided the hereditary transfer of service the subscriber to service network, and thus improving noise immunity requesting information channels when exposed intersystem, correlated and uncorrelated intentional interference, developed further the method of information transfer systems in requesting observation that, differ from known by based on control flows as request signals and response signals, which allowed to reduce the impact of noise on noise immunity intersystem channels.

The practical significance of the results is manifested in: improved method of calculating the coefficient of readiness requesting observing systems in the transmission of flight information including the presence of random noise in the channel impulse response, which allows to estimate the performance of noise immunity observation requesting in the wild clutter, the proposals to increase the number of digits transferrable flight information using an existing standard transmission ; reasonable structure and defined modulation type signal transmission in requesting channels of flight information.

Keywords: requesting observing system, transmission channel, information management, flight information, availability factor, noise immunity.

Підп. до друку 14.05.2012.    Формат 60x84 1/16.    Спосіб друку – ризографія.  
Умов.друк.арк. 1,2.    Облік. вид.арк. 1,1.    Тираж 100 прим.  
Ціна договірна    Зам №

---

ХНУРЕ. Україна. 61166, Харків, просп. Леніна, 14

---

Віддруковано в навчально-науковому  
видавничо-поліграфічному центрі ХНУРЕ  
61166, Харків, просп. Леніна, 14