

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ, АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ТА РАДІОТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

к.т.н. Л.І. Слепов, В.І. Блаженний, к.т.н. Д.П. Пашков,  
К.О. Рачинський, к.т.н. О.М. Богдановський  
(подав д.т.н., проф. С.В. Козелков)

*В статті запропоновані рекомендації щодо підвищення ефективності функціонування систем зв'язку, автоматизації управління та радіотехнічного забезпечення в умовах складної електромагнітної обстановки.*

**Постанова проблеми підвищення ефективності функціонування системи зв'язку, автоматизації управління та радіотехнічного забезпечення (АУ та РТЗ).** Максимальна реалізація бойових можливостей авіації багато в чому залежить від рівня та стану управління. Управління в сучасних бойових умовах стало таким же вирішальним фактором в досягненні мети бойових дій (операції), як кількість та якість зброї, а співвідношення рівнів управління виступає не менш важливим, ніж співвідношення бойових засобів, що використовуються. Управління авіацією, в свою чергу, залежить від якості інформаційного обміну не тільки між пунктами управління, але й між пунктами управління і літальними апаратами. Тому для здійснення якісного інформаційного обміну в кожній ланці управління авіацією створюється система зв'язку, АУ та РТЗ, яка є однією з складових системи управління.

Виходячи з цього, ефективність функціонування системи управління будь-якої ланки управління залежить від ефективності функціонування її системи зв'язку, АУ та РТЗ. Це, в свою чергу, вимагає пошуку та обґрунтування напрямків підвищення ефективності функціонування зв'язку, АУ та РТЗ, які могли б бути реалізовані в будь-якій ланці управління авіації.

**Аналіз досліджень і публікацій** свідчить про потребу проведення досліджень та розроблення рекомендацій щодо підвищення ефективності інформаційних систем [1, 2].

**Метою даної статті** є розробка і обґрунтування шляхів підвищення функціонування системи зв'язку, автоматизації управління та радіотехнічного забезпечення в процесі забезпечення управління. Формалізовано завдання можна представити наступним чином: підвищити живучість і

завадозахищеність елементів системи зв'язку, АУ та РТЗ.

**Математична модель системи зв'язку, АУ та РТЗ.** В умовах ведення збройної боротьби, як показує аналіз, визначальними властивостями системи зв'язку, АУ та РТЗ є завадозахищеність і живучість її елементів. Дані якості системи доцільно представити у вигляді ймовірносних показників.

Ймовірність функціонування лінії зв'язку залежить від типу засобу зв'язку, який використовується на конкретному напрямку зв'язку, протяжності лінії зв'язку і визначається як

$$P_{зв} = P_n P_{ж} P_{зав}, \quad (1)$$

де  $P_n$  – ймовірність надійного функціонування засобу зв'язку;  $P_{ж}$  – ймовірність функціонування засобу зв'язку в умовах дії засобів враження;  $P_{зав}$  – ймовірність функціонування засобу зв'язку в умовах дії завад.

Завадозахищеність засобів залежить від ймовірності подавлення засобів зв'язку, АУ та РТЗ авіації засобами РЕБ і визначається як

$$P_{зав} = P_{розв} P_{под},$$

де  $P_{розв}$  – ймовірність розвідки місцезнаходження засобів (елементів) вузлів зв'язку;  $P_{под}$  – ймовірність подавлення засобів (елементів) вузлів зв'язку.

Ймовірність розвідки місцезнаходження вузлів зв'язку залежить від скритого функціонування його засобів (елементів).

Проблема забезпечення скритого функціонування елементів системи зв'язку в першу чергу залежить від функціонування випромінюючих засобів – засобів радіозв'язку. Для розвідки функціонування елементів системи зв'язку, АУ та РТЗ широко використовуються наземні, літакові і космічні засоби розвідки, які пеленгують випромінюючі пристрої, що при комплексному застосуванні всіх видів розвідки дає можливість визначити їх місцезнаходження. Тому вимоги до скритого функціонування системи зв'язку, АУ та РТЗ набувають особливої актуальності.

Скритність радіоелектронних засобів (РЕЗ) характеризується енергетичними, структурними, інформаційними, часовими, просторовими показниками [2].

Енергетична скритність направлена на виключення, або суттєве ускладнення виявлення радіоелектронними засобами радіо- і радіотехнічної розвідки (РР і РТР). Так, наприклад, показником енергетичної скритності засобів РЕЗ можна прийняти максимальну дальність їх виявлення.

Структурна скритність [2] направлена на виключення структури (виду) сигналів РЕЗ і визначається характером його кодування і модуляції.

Інформаційна скритність визначається здатністю РЕЗ протистояти заходам РР і РТР, які направлені на розкриття змісту інформації. Однак в більшості випадків для вирішення завдань радіоелектронної боротьби

(РЕЗ) достатньо визначення лише типу (класу, виду) засобу радіозв'язку.

Апріорні ймовірності появи сигналів РЕЗ і-го типу можуть бути визначені за формулою

$$P(i) = n_i \mu_{ci} / \sum_{i=1}^N n_i \mu_{ci}, \quad (2)$$

де  $n_i$  – кількість РЕЗ і-го типу, які знаходяться в районі ведення розвідки станцією РР і РТР;  $\mu_{ci}$  – середня частота включення РЕЗ і-го типу для роботи на випромінювання.

Часова скритність визначається можливістю РР і РТР по збору необхідної інформації про РЕЗ (вид сигналу, призначення РЕЗ, тощо) за певний час роботи і залежить від умов використання РЕЗ, їх режимів роботи на випромінювання, тактико-технічних характеристик, характеру ведення розвідки. Часову скритність можна оцінити часом збору РР і РТР даних про РЕЗ з заданою ймовірністю. При цьому ймовірність отримання станцією РР і РТР інформації про РЕЗ за середній час роботи може бути визначена як

$$P(\bar{t}_d) = 1 - \exp(-\bar{\Omega} \bar{t}_d), \quad (3)$$

де  $P(\bar{t}_d)$  – ймовірність отримання станцією РР і РТР інформації про РЕЗ за середній час роботи;  $\bar{\Omega} \bar{t}_d$  – середня частота з якою здійснюється співпадання імпульсів двох потоків сигналів РЕЗ і станції РР і РТР за час  $\bar{t}_d$ ;  $\bar{t}_d$  – середній час, за який здійснюється співпадання потоків сигналів РЕЗ і станції РР і РТР.

Просторова скритність РЕЗ характеризує спроможність утруднювати станціям РР і РТР щодо визначення напрямку приходу сигналів (або місцезнаходження) РЕЗ з необхідною точністю. Просторова скритність, як і інші види скритності, крім енергетичної, є умовною подією і залежить від потужності передавача РЕЗ, виду і параметрів діаграми направленості. Просторову скритність можна характеризувати точністю визначення напрямку приходу сигналів (або місцеположення) РЕЗ при заданому відношенні сигнал/шум. Просторова скритність РЕЗ може бути оцінена радіусом зони  $R_M$ , в межах якої з заданою ймовірністю  $P_M$  може знаходитися РЕЗ, яка розвідується

$$R_M = \sigma_{R_M} \sqrt{-\ln(1 - P_M)}, \quad (4)$$

де  $\sigma_{R_M}$  – середньоквадратична похибка вимірювання місцеположення РЕЗ, яка залежить від методу його визначення та умов ведення РР і РТР.

Приведені залежності визначення показників скритності РЕЗ дозволяють обґрунтувати напрямки підвищення ефективності функціонування РЕЗ (засобів зв'язку, АУ та РТЗ) в умовах ведення радіоелектронної боротьби. Живучість функціонування будь-якого елемента системи зв'язку, АУ та

РТЗ можна оцінити наступним чином:

$$P_{ж} = 1 - P_{ур.ел.}$$

де  $P_{ж}$  – ймовірність функціонування елемента системи зв'язку, АУ та РТЗ в умовах застосування зброї;  $P_{ур.ел.}$  – ймовірність ураження елемента системи зв'язку, АУ та РТЗ засобами ураження.

Ураження будь-якого елемента системи зв'язку, АУ та РТЗ при нанесенні по ньому удару є випадковою подією, так як визначається величиною кругового відхилення точки вибуху боєприпасу від цілі.

Основним елементом системи зв'язку, АУ та РТЗ є вузол зв'язку (ВЗ) пункту управління (ПУ), який складається з цілого ряду елементів. Тому ймовірність його ураження залежить від ураження складових його елементів.

Ймовірність ураження елемента ВЗ засобами ураження противника при ураженні боєприпасами з касетною бойовою частиною, і визначається

$$P_{ур} = \begin{cases} S_{п\max} / S_{ел.ВЗ} & \text{при } S_{п\max} \leq S_{ел.ВЗ}; \\ 1 & \text{при } S_{п\max} > S_{ел.ВЗ}, \end{cases} \quad (5)$$

де  $S_{п\max}$  – максимальна площа ураження суббоєприпасами;  $S_{ел.ВЗ}$  – площа розміщення елемента ВЗ.

Для звичайних засобів ураження, або боєприпасів об'ємного вибуху ймовірність ураження елемента ВЗ:

$$P_{ур} = \left[ \frac{R_{yi}}{R_{ел.ВЗ}} \right]^2 \left[ 1 - \exp \left( -\rho^2 \frac{R_{yi}^2}{(E_i + d)^2} \right) \right], \quad (6)$$

де  $\rho$  – постійна нормального закону розподілу і дорівнює 0,477;  $R_{yi}$  – радіус ураження  $i$ -го боєприпасу, м, який визначається виразом

$$R_{yi} = \sqrt[3]{a_i}, \quad (7)$$

де  $a_i$  – потужність боєприпасу у тротиловому еквіваленті;  $R_{ел.ВЗ}$  – радіус площі розміщення елемента ВЗ, м;  $E_i$  – кругове ймовірне відхилення точки вибуху  $i$ -го боєприпасу від точки прицілювання, м;  $d$  – відстань на яку буде переміщений елемент ВЗ за час з моменту його виявлення до моменту нанесення удару і визначається як  $d = V/t$ , де  $V$  – радіальна швидкість переміщення елемента ВЗ;  $t$  – час з моменту виявлення елемента ВЗ до моменту нанесення по ньому удару. Дані залежності дозволяють здійснювати аналіз функціонування системи зв'язку, АУ та РТЗ в умовах ведення збройної боротьби і визначати напрямки підвищення її ефективності.

**Рекомендації по підвищенню ефективності функціонування системи зв'язку, АУ та РТЗ в умовах ведення збройної боротьби.** Один з напрямків підвищення ефективності функціонування системи зв'язку,

АУ та РТЗ – це використання **радіонапрямку для передачі команд бойового управління** [3], з адаптацією необхідного рівня потужності передавача радіостанції при передачі команд бойового управління в оперативно-тактичній ланці, що приводить до зменшення дальності виявлення засобів радіозв'язку. Аналіз [2] дозволяє зробити висновок, що дальність виявлення станцією РТР радіостанції має квадратичну залежність від потужності передавача (наприклад зниження потужності радіостанції в 4 рази фактично приведе до зменшення дальності виявлення станцією РТР в 2 рази), що без сумніву підвищує скритність функціонування таких елементів вузла зв'язку як передавальний центр.

Інший підхід підвищення скритності функціонування ВЗ ПУ – це застосування **автоматичної радіолінії передачі команд бойового управління** [4] з передачею інформації за допомогою вузькоспрямованої антени у визначений термін і у визначеному напрямку, що забезпечує підвищення скритності функціонування засобів вузлів зв'язку ПУ.

До напрямків підвищення структурної і інформаційної скритності відноситься **пристрій автоматичної перестройки частоти радіостанції** [5].

Він забезпечує структурну скритність, яка направлена на виключення структури (виду) сигналів радіостанції. В [2] викладений метод визначення потенційної скритності. У сигналів з псевдовипадковою перестройкою робочої частоти потенційна скритність сигналів значно вище, чим у інших сигналів, у тому числі і у сигналів в вигляді двійкових випадкових послідовностей, що дозволяє забезпечувати не тільки скритність, але і знижувати ймовірність подавлення радіостанцій засобами РЕБ противника [2]. Також пристрій автоматичної перестройки частоти радіостанції підвищує інформаційну скритність.

Аналіз формули (6) дозволяє зробити висновок, що ймовірність ураження засобами противника залежить від відстані на яку буде переміщений елемент ВЗ за час з моменту виявлення елемента ВЗ до моменту нанесення по ньому удару. Зважаючи на це, в [6] запропоновано **пристрій управління рухомим передавачем**, який дозволяє передавачу рухатися з заданою швидкістю і по заданій траєкторії не перериваючи роботу у радіонапрямку (радіомережі) і забезпечувати управління передавачами в радіомережах управління авіаційними частинами і відповідно підвищує живучість передавальних центрів ВЗ на 10 – 15% у порівнянні із стаціонарним розміщенням радіостанцій, що знижує ймовірність їх враження.

Іншим засобом забезпечення функціонування ВЗ ПУ є використання **радіостанції підвищеної живучості** [7], яка побудована по принципу автоматичного утримання заданого співвідношення потужностей, які випромінюються основною і додатковою антенами, причому остання відне-

сена на декілька сотень метрів від основної і працює по принципу перерозподілу потужностей сигналів, які випромінюються антенами радіостанції. Це дає змогу значно зменшити ймовірність враження радіостанції.

Крім того, ВЗ ПУ, а також військові об'єкти в першу чергу можуть піддаватися впливу різного роду терористичних, диверсійних груп.

Одним із способів забезпечення охорони і оборони ВЗ ПУ, військових об'єктів, а тим самим забезпечення їх живучості є застосування **кореляційних теплових і акустичних пристроїв локації** [8, 9], а також **малопомітних протипіхотних перешкод (МПП)** [10]. Кореляційні і акустичні пристрої локації дозволяють в будь-який час і в любых погодних умовах забезпечують виявляти координати місцезнаходження будь-якого об'єкта [8, 9], а використання МПП, разом з дротовими загородженнями, для охорони вузлів зв'язку та радіотехнічного забезпечення підвищують ефективність охорони та оборони військових об'єктів на 12 – 15%, в порівнянні з застосуванням лише дротових загорожень.

Позитивним при застосуванні МПП є те що вони на відміну від мінних загорожень не виводять з ладу дротові лінії зв'язку і можуть широко застосовуватися для охорони не тільки вузлів, але й ліній зв'язку.

Більш досконалим засобом попередження проникнення диверсійно-розвідувальних груп противника на ВЗ ПУ є двоканальна пасивна локаційна система визначення місцезнаходження рухомих об'єктів, що дозволяє визначати координати і ідентифікувати практично будь-який рухомий об'єкт на значній відстані від ПУ без особистого розкриття засобами РТР противника [11]. Підвищення ефективності управління вузлами зв'язку пунктів управління повинно ґрунтуватися на реалізації вимог, які висуваються до управління: стійкості, прихованості, оперативності і безперервності. Забезпечення цих вимог можливо лише на використанні новітніх засобів з використанням сучасних інформаційних технологій. Даним якостям відповідає **автоматизований рухомий командний пункт** [12], який містить робочі місця по кількості офіцерів бойового розрахунку, локальну обчислювальну мережу, табло загального користування і обладнаний всіма необхідними засобами зв'язку.

Особливістю даного автоматизованого рухомого командного пункту є його мобільність і можливість забезпечувати управління під час руху.

**Висновки.** Використання розглянутих засобів підвищення ефективності функціонування ВЗ ПУ дозволить знизити ймовірність подавлення засобів ВЗ ПУ, підвищити ймовірність виживання елемента ВЗ і забезпечити управління авіаційними частинами в складних умовах бойової обстановки. Необхідно зазначити, що дані рекомендації пропонуються вперше і дозволяють підійти до вирішення задачі підвищення скритності, розвідзахищеності, завадозахищеності і живучості елементів вузлів зв'язку ПУ і си-

## ЛІТЕРАТУРА

1. Семерич Ю.П. Забезпечення зв'язку в миротворчих операціях // Наука і оборона. – 2004. – № 1. – С. 33 – 37.
2. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. – М.: Радио и связь, 1985. – 364 с.
3. Патент 107А, №2003065407. Радіонапрям для передачі команд бойового управління: Деклараційний патент на винахід. №2003065407 / Л.І. Слепов, В.І. Блаженний, О.В. Барабаш. Заявл. 10.06.2003. Опубл. 25.03.2004.
4. Слепов Л.І. Автоматична радіолінія передачі команд бойового управління. Заявка на винахід.
5. Патент 110А, №20021210474. Пристрій автоматичної перестройки частоти радіостанції: Декл. патент на винахід. №20021210474 / Л.І. Слепов, О.В. Барабаш, В.І. Блаженний, І.Ю. та інші. Заявл. 23.12.2002. Опубл. 25.03.2004.
6. Патент 109А, №20021210473. Пристрій дистанційного управління рухомим передавачем: Деклараційний патент на винахід. №20021210473 / Л.І. Слепов, О.В. Барабаш, В.І. Блаженний, І.Ю. Розум. Заявл. 23.12.2002. Опубл. 25.03.2004.
7. Слепов Л.І. Радіостанції підвищеної живучості. Заявка на винахід.
8. Патент 67323 А, №2003088050. Кореляційний пристрій для теплової локації: Деклараційний патент 67323 А, №2003088050 / Л.І. Слепов, О.М. Башкиров, В.П. Казарцев, В.І. Блаженний, С.В. Гуленко. Заявл. 28.08.2003; Опубл. 15.06.2004. Бюл. 6. Патент 67324 А, №2003088051.
8. Патент 67324 А. Кореляційний пристрій для акустичної локації: Деклараційний патент 67324 А, №2003088051 / Л.І. Слепов, О.М. Башкиров, В.П. Казарцев, В.І. Блаженний, С.В. Гуленко, В.Я. Ремесло. Заявл. 28.08.2003; Опубл. 15.06.2004. Бюл. 6.
9. Патент 58846 А, №2002118894. Малопомітна протипіхотна перешкода: Деклараційний патент 58846 А, №2002118894 / Л.І. Слепов, В.П. Казарцев, В.І. Блаженний, О.Б. Чайківський. Заявл. 08.11.2002; Опубл. 15.08.2003. Бюл. 8.
10. Слепов Л.І. Двоканальна пасивна локаційна система визначення місцезнаходження рухомих об'єктів. Заявка на винахід.
11. Патент 108А, №2003098509. Автоматизований рухомий командний пункт: Деклараційний патент на винахід. №2003098509 / Л.І. Слепов, В.І. Блаженний, О.В. Барабаш, І.Ю. Волошин. Заявл. 15.09.2003. Опубл. 25.03.2004.

Надійшла 12.10.2004

**СЛЕПОВ Лев Іванович**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри НАО України. Закінчив КВІРТУ ППО у 1966 році. Область наукових інтересів – побудова систем зв'язку та АСУ.

**БЛАЖЕННИЙ Валерій Іванович**, ад'юнкт НАО України. Закінчив ХВВАУРЕ у 1991 р., НАОУ – у 2002 році. Область наукових інтересів – побудова систем зв'язку та АСУ.

**ПАШКОВ Дмитро Павлович**, канд. техн. наук, доцент кафедри НАО України. Закінчив КВІРТУ ППО у 1993 році, ХВУ – у 2000 році. Область наукових інтересів – космічні радіотехнічні системи та комплекси.

**РАЧИНСЬКИЙ Константан Олександрович**. Закінчив ХВВКІУ РВ у 1970 році. Область наукових інтересів – інформаційні космічні системи та комплекси.

**БОГДАНОВСЬКИЙ Олексій Миколайович**, канд. техн. наук, начальник відділу ЦККП (Євпаторія). Закінчив Пушкінське ВУРЕ ППО у 1984 році, ХВУ – у 2003 році. Область наукових інтересів – космічні радіотехнічні системи та комплекси.

---