

УДК 623.618.2

Г.В. Худов, Д.Б. Жуйков, Р.П. Щербина, Д.О. Чібісов

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

## ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ АЛГОРИТМІВ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ У АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ РАДІОТЕХНІЧНИХ ВІЙСЬК ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ ПРИ ПОШУКУ І ВИЯВЛЕННІ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ

В роботі проаналізовано основні тактико-технічні характеристики існуючих засобів автоматизації управління радіотехнічних підрозділів. З метою підвищення ефективності первинної обробки радіолокаційної інформації запропоновано враховувати апріорну інформацію щодо місцеположення повітряних об'єктів у зоні огляду радіолокаційної станції та використовувати рівномірно-оптимальну стратегію пошуку повітряних об'єктів. Сформульовано оптимізаційну задачу сумісного пошуку і виявлення повітряних об'єктів та обґрунтовано вимоги до енергетичного потенціалу радіолокаційної станції.

**Ключові слова:** автоматизована система управління, комплекс засобів автоматизації, радіотехнічний підрозділ, обробка інформації, енергетичний потенціал, пошук і виявлення.

### Вступ

#### Постановка проблеми у загальному вигляді.

У теперішній час мережецентричних війн відбуваються якісні зміни в теорії та практиці застосування військ (міжвидових угруповань) та коаліційних сил [1 – 3]. Так, ознаки збройних конфліктів та локальних війн початку XXI сторіччя значно відрізняються від основних ознак ведення збройної боротьби минулого століття [4-6], зокрема:

- відсутністю суцільної лінії фронту між військами;
- великою динамікою зміни обстановки в районі бойових дій, особливо на тактичному рівні;
- масованим застосуванням засобів повітряного (повітряно-космічного) нападу;
- застосуванням різноманітних інформаційно-аналітичних та розвідувально-ударних систем і комплексів;
- завданням ударів по найважливішим об'єктах адміністративного, промислового та військового характеру засобами високоточної зброї;
- зміщенням акценту у веденні збройної боротьби в бік інформаційної сфери та здійсненням інформаційного впливу на противника та його системи управління;
- зміною переліку та змісту завдань, які виконуються міжвидовими угрупованнями при застосуванні їх у різноманітних операціях (бойових діях);
- зміною деяких принципів, способів та методів в управлінні підпорядкованими частинами, підрозділами (бойовими групами) під час ведення сучасних бойових дій.

Таким чином, у сучасних умовах результати застосування військ (сил) безпосередньо залежать від рівня якості управління різними міжвидовими угру-

пованнями, який досягається за рахунок здійснення широкомасштабної автоматизації цього процесу [7].

Нині триває процес створення Єдиної автоматизованої системи управління Збройними Силами України (ЗСУ) [8 – 10]. У межах її створення виникає потреба в розробці та удосконаленні її складових та їхніх підсистем з послідовною заміною новими (перспективними) підсистемами автоматизованого управління військовими формуваннями та засобами, які входять до складу міжвидових угруповань військ (сил) [3].

**Мета статті** – розробка пропозицій щодо удосконалення алгоритмів первинної обробки інформації у автоматизованих системах управління (АСУ) радіотехнічних військ (РТВ) Повітряних Сил (ПС) ЗСУ при пошуку і виявленні повітряних об'єктів.

**Аналіз останніх досягнень і публікацій.** Відомо [11, 12], що в РТВ ПС ЗСУ основним комплексом засобів автоматизації (КЗА) окремої радіолокаційної роти є автоматизований командний пункт (АКП) 86Ж6 «Поле», який призначений для автоматизації процесів знімання та обробки радіолокаційної інформації на командному пункті окремої радіолокаційної роти. АКП 86Ж6 забезпечує вирішення наступних завдань [11]:

- автоматичного та автоматизованого знімання координат повітряних об'єктів;
- автоматичної та автоматизованої зав'язки трас і супроводження повітряних об'єктів;
- автоматичної видачі інформації на старший та забезпечувані командні пункти;
- автоматичного прийому і відображення інформації оповіщення та команд управління від старшого та забезпечуваних командних пунктів;
- автоматичного та автоматизованого управління засобами радіолокації;

- автоматичного або автоматизованого захисту засобів радіолокації від протирадіолокаційних ракет;
- документування вхідної та вихідної телекодової інформації та службових телефонних переговорів на магнітній стрічці з можливістю відтворення після закінчення бойової роботи, а також друку та підготовки звітних документів;
- автоматичного та автоматизованого контролю функціонування основних систем;
- автономного та комплексного (у складі угруповання) тренажу бойової обслуги.

АКП 86Ж6 забезпечує автоматичне супроводження і видачу інформації по 30 повітряних об'єктах одночасно, в тому числі пеленги на постановники активних перешкод (ПАП) (при роботі з радіолокаційними станціями (РЛС), що мають пеленгаційні канали). При автоматизованому супроводженні продуктивність 86Ж6 становить до 20 повітряних об'єктів. Дискретність оновлення інформації – 10 секунд з екстраполяцією координат повітряного об'єкта на момент видачі. Час захоплення повітряного об'єкта на супроводження становить 20-30 с, коефіцієнт провідки трас не менше 0,95, коефіцієнт хибних трас не більше 0,05 з середнім часом існування хибних трас не більше 40 секунд.

Межі зони видачі радіолокаційної інформації [11]:

- за дальністю – 600 км;
- за висотою – 45 км;
- за швидкістю – 4-300 км/год.

Основним КЗА радіотехнічного батальйону є КЗА 5Н60 «Основа», який призначений для збору, обробки та видачі радіолокаційної інформації на старший (забезпечуваний) командні пункти та управління підпорядкованими підрозділами [11].

КЗА 5Н60 забезпечує виконання наступних завдань [11]:

- автоматичного й автоматизованого виявлення, супроводження повітряних об'єктів і автоматичної видачі інформації щодо них;
- автоматичного та автоматизованого управління підпорядкованими підрозділами та засобами радіолокації;
- комплексного та автономного тренажу бойової обслуги;
- документування телекодової та мовної інформації з автоматизованим формуванням звітних документів;
- прийому, видачі, автоматичної ретрансляції сигналів оповіщення.

Комплекс засобів автоматизації 5Н60 забезпечує видачу радіолокаційної інформації на такі засоби автоматизації управління:

- на один старший АКП типу 46Л6 «Нива», 5Ш61 «Протон-2М», 45Л6 «Універсал»;
- на забезпечувані АКП 5К99 (АНИП-68 «Каш-

тан»), 5Н74-1МА, 1РЛ233 «Валдай»; 5К34 (5К38) «Рубеж», 5С99 «Сенеж», 5Н75 (5Н37) «Байкал» при загальній кількості не більше трьох;

- на взаємодіючі АКП – не більше двох;
- на один неавтоматизований командний пункт (будь-якого типу).

До складу КЗА 5Н60 входять АКП радіотехнічного батальйону 5К60 та пункти знімання координат 5Д35 (5Д36).

З проведеного аналізу встановлено, що засоби автоматизації основних радіотехнічних підрозділів РТВ розроблені на технологічній базі 70-х років ХХ сторіччя. Вони експлуатуються в РТВ і в теперішній час. Разом з тим на озброєння РТВ надходять нові засоби автоматизації вітчизняного виробництва на основі мікропроцесорної техніки, до яких відносяться автоматизована система збору, обробки і видачі інформації (АС ЗОІ), КЗА «Ореанда-РТВ» (розробник – науково-виробниче підприємство «Аеротехніка», м. Київ) [11].

КЗА радіотехнічного підрозділу АС ЗОІ призначений для автоматизації процесів збору, обробки та відображення радіолокаційної інформації від первинних засобів радіолокації, підпорядкованих і взаємодіючих КП та видачі радіолокаційної інформації на старший і забезпечувані КП [11].

КЗА АС ЗОІ забезпечує вирішення таких функціональних завдань: [11]

- автоматичного прийому, обробки та відображення радіолокаційної інформації, яка надходить від РЛС кругового огляду з аналоговим виходом та підпорядкованих і взаємодіючих КП (підрозділів) щодо 150 повітряних об'єктів;
- автоматичного знімання висоти з рухомих радіовисотомірів і прив'язки її до площинних координат цілей;
- автоматизованого управління висотомірами і наземними радіолокаційними запитувачами;
- відображення повітряної обстановки;
- формування та видачі узагальненої інформації на старший та забезпечувані КП;
- контролю функціонування апаратури КЗА з відображенням інформації про стан каналів зв'язку, засобів радіолокації та автоматизації;
- реєстрації інформації про повітряну обстановку, дій осіб бойової обслуги, голосового обміну та даних про якість передачі інформації по каналах зв'язку;
- автоматизованої підготовки звітних документів;
- забезпечення зв'язку осіб бойової обслуги підрозділу;
- управління радіостанціями ультракороткохвильового діапазону (опціонально).

Технічні характеристики КЗА АС ЗОІ наведені в табл. 1 [11].

Таблиця 1

Технічні характеристики КЗА АС ЗОІ [11]

Характеристика	Значення
Кількість одночасно супроводжуваних повітряних об'єктів (ПО) (з них ПАП)	150 (36)
Межі обробки повітряних об'єктів: - площинні координати, км - висота, км - швидкість, км/год	400 30 3 600
Середня квадратична помилка визначення координат ПО за дальністю	0,3 елемента розрізнення РЛС за дальністю
Середня квадратична помилка визначення координат ПО за азимутом	0,2 ширини діаграми спрямованості антени (ДСА) за рівнем половинної потужності
Роздільна здатність: - за дальністю - за кутовими координатами	1,2 елемента розрізнення за дальністю 1,5 ширини ДСА за кутовими координатами
Середній час взяття на супроводження ПО	До трьох оглядів РЛС
Швидкість прийому (передачі) даних по виділених телефонних каналах зв'язку, біт/с	9600
Масштаб відображення обстановки, км	Від 10 до 800
Дискретність зміни масштабу, км	10
Строк зберігання записаної інформації, діб	30
Кількість каналів гучномовного зв'язку (ГМЗ)	Два канали по 10 абонентів
Запис звукової інформації: - тривалість - кількість каналів	Цілодобово Від 16 до 192
Надійність - середнє напрацювання на відмову, год - час відновлення, год - технічний ресурс, год (років)	5 000 0,5 80 000 (10)
Час ввімкнення, хв	Не більше 5
Час перезапуску окремого елемента КЗА, хв	Не більше 2
Час готовності основних компонентів КЗА після ввімкнення, с	60...90
Час безперервної роботи КЗА КП, год	24
Потужність, що споживається, Вт	Не більше 2 500

## Постановка задачі та викладення матеріалів дослідження

У наведених засобах автоматизації РТВ розрізняють етапи первинної, вторинної й третинної обробки радіолокаційної інформації [11, 12].

Під первинною обробкою радіолокаційної інформації розуміють процес виявлення і вимірювання координат повітряного об'єкта. Початковими даними для вирішення завдань первинної обробки є ехосигнали на виході приймальної системи РЛС [11]. Результатом первинної обробки радіолокаційної інформації є виміряні значення координат повітряного об'єкта, час вимірювання, тип радіолокаційної відмітки, результат впізнання (ознака «свій» або «чужий»).

В сучасних алгоритмах первинної обробки радіолокаційної інформації використовується трьох- і двох-альтернативне виявлення (перевірка статистичних гіпотез) [11, 13, 14]. При цьому апіорна імовірність знаходження повітряного об'єкта в зоні огляду РЛС приймається рівною 0,5 [13, 14].

В роботах [15 – 17] запропоновано використовувати апіорну інформацію про наявність повітряного об'єкта у зоні огляду РЛС. В роботах [15 – 17] розглянуті особливості знаходження оптимального байєсівського правила прийняття рішення в поточній зоні  $\Omega(t)$  зони огляду  $\Omega$ , коли поряд з вирішенням задачі перевірки статистичних гіпотез в цій зоні, повинна бути вирішена задача знаходження оптимальної по байєсівському критерію мінімуму середнього ризику стратегії пошуку об'єкта. Стратегія пошуку  $\lambda(x, t)$  є правило, котре в будь-який момент часу  $t$  встановлює, в якій ділянці зони огляду  $\Omega$  (положення, конфігурація і розмір поточної зони  $\Omega(t)$ ) повинен проводитися пошук і з якими енергетичними затратами. Іншими словами,  $\lambda(x, t)$  – двовимірна щільність умовної імовірності виявлення об'єкта по координатам  $x$  і  $t$ . При цьому в [13 – 15] показано, що функція  $\lambda(x, t)$  повинна знаходитися у класі рівномірно-оптимальних стратегій пошуку.

Вихідною для знаходження рівномірно-оптимальної стратегії пошуку є наступна оптимізаційна задача [13]:

$$P_1(\gamma_1, t) = \int_{\Omega(t)} u(x, t) P(\gamma_1 / H_1, x) dx \rightarrow \max,$$

$$\lambda(x, t) \geq 0, \quad x \in \Omega(t), t > 0,$$

$$\int_{\Omega(t)} \lambda(x, t) dx = L(t), \quad t > 0, \quad (1)$$

$$\int_0^t \lambda(x, t) dt = \varphi(x, t),$$

$$\int_{\Omega(t)} \varphi(x, t) dx = \int_0^t L(t) dt,$$

де  $P_1(\gamma_1, t)$  – безумовна імовірність виявлення об'єкта в поточній зоні огляду  $\Omega(t)$ ;

$P(\gamma_1/H_1, x)$  – умовна імовірність виявлення об'єкта;

$\lambda(x, t)$  – функція щільності пошуку або стратегія пошуку;

$\varphi(x, t)$  – пошукове підсилення в точці з координатою  $x$  на момент часу пошуку  $t$ .

Методика розрахунку параметрів поточної зони огляду при використанні рівномірно-оптимальної стратегії пошуку повітряних об'єктів може бути розрахована з використанням результатів робіт [15, 17].

З використанням результатів, наведених у [15, 17], можна сформулювати наступне уточнююче байєсівське правило прийняття рішення з урахуванням сумісної оптимізації пошуку і виявлення повітряних об'єктів при вирішенні задачі перевірки простої гіпотези проти простої альтернативи в безперервній зоні огляду: в безперервній зоні огляду сумісна оптимізація пошуку і виявлення повітряних об'єктів зводиться до знаходження рівномірно-оптимальної стратегії пошуку, знаходженню максимуму безумовного відношення правдоподібності в поточній зоні огляду і порівнянню його з порогом. Сформульоване правило може бути покладене в основу алгоритмів первинної обробки радіолокаційної інформації в сучасних та перспективних АСУ РТВ ПС ЗСУ.

## Висновки і напрямки подальших досліджень

Таким чином, використання апріорної інформації про місцезнаходження повітряного об'єкта в зоні огляду РЛС дозволить розрахувати рівномірно-оптимальну стратегію пошуку повітряного об'єкта, яка покладена в основу алгоритмів первинної обробки радіолокаційної інформації в АСУ РТВ.

З використанням вищенаведеного, а також результатів робіт [15, 17] встановлено, що при сумісній оптимізації пошуку і виявлення повітряних об'єктів вимоги до енергетичного параметру виявлення, а, отже, - до енергетичного потенціалу РЛС можуть бути знижені в стільки ж разів, в скільки зменшиться зона пошуку і виявлення за рахунок врахування апріорної інформації про місцезнаходження повітряних об'єктів. Ефективність ведення радіолокаційної розвідки повітряного простору при використанні сумісного алгоритму пошуку і виявлення повітряних об'єктів підвищується на 15-30% в залежності від величини енергетичного потенціалу РЛС.

Напрямами подальших досліджень є розрахунки рівномірно-оптимальних стратегій пошуку в залежності від складу апріорної інформації про місцезнаходження повітряних об'єктів.

## Список літератури

1. Корчагин С. Зарубежные концепции ведения не традиционных боевых действий в локальных конфликтах / С.Корчагин // Зарубежное военное обозрение. – 2007. – Вып. 7. – С. 21-27.
2. Паршин С.А. Современные тенденции в теории и практике совершенствования оперативного управления вооруженными силами США / С.А. Паршин, Ю.Е. Горбачев, Ю.А. Кожанов. – М.: УРСС, 2009. – 80 с.
3. Демідов Б.О. Визначення співвідношення виконання фаз життєвих циклів автоматизованих систем військового призначення у процесі їх розробки / Б.О. Демідов, Ю.Ф. Кучеренко, О.Ф. Величко // Наука і оборона. – 2012. – № 2. – С. 48-53.
4. Кучеренко Ю.Ф. Головні ознаки ведення мережецентричних війн сучасності / Ю.Ф.Кучеренко // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ДП «ЦНДІ НГУ», 2011. – Вып. 1 (17). – С. 190-193.
5. Странніков А.М. Інформаційна боротьба у воєнних конфліктах другої половини ХХ століття / А.М. Странніков. – К.: Альтпрес, 2006. – 191 с.
6. Кондратьев А. Реализация концепции «сетевцентрическая война» в ВВС США / А. Кондратьев // Зарубежное военное обозрение. – 2009. – Вып. 5. – С. 44-49.
7. Кучеренко Ю.Ф. Характерні ознаки сучасного етапу розвитку автоматизації управління військами та бойовими засобами / Ю.Ф.Кучеренко // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ДП «ЦНДІ НГУ», 2010. – Вып. 3 (15). – С. 203-205.
8. Кузьмук О.І. Реформування системи управління Збройними Силами України / О.І. Кузьмук // Стратегічна панорама. – 2007. – № 1. – С. 148-152.
9. Фролов В.С. Структурно-логічна схема Єдиної автоматизованої системи управління Збройними Силами України / В.С. Фролов // Наука і оборона. – 2012. – № 1. – С. 15-23.
10. Дружинін С.В. Сучасний стан автоматизації управління військами в Збройних Силах України / С.В. Дружинін, О.К.Климович, О.Г.Саєнко // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – № 1 (21). – С. 60-62.
11. Автоматизовані системи управління радіотехнічних військ: навч. посібник / А.П. Багаєв, В.В. Ковкін, В.І. Боровий та ін. – Х.: ХУПС, 2009. – 168 с.
12. Автоматизовані системи управління радіотехнічних військ: альбом рисунків та схем / А.П. Багаєв, В.В. Ковкін, В.І. Боровий та ін. – Х.: ХУПС, 2009. – 40 с.
13. Алмазов В.Б. Теоретические основы радиолокации: Учебное пособие. Часть I / В.Б. Алмазов, А.А. Белов, В.Н. Кокин, В.П. Рябуха. – Х.: ВИРТА, 1992. – 466 с.
14. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники / Б.Р. Левин. – М.: Радио и связь, 1989. – 654 с.
15. Голкин Д.В. Совместная байесовская оптимизация поиска и обнаружения объектов в радиолокационных системах / Д.В. Голкин, Г.В. Худов // Успехи современной радиоэлектроники. – М., 2003. – № 11. – С. 23-32.
16. Голкин Д.В. Совместная байесовская оптимизация поиска и обнаружения объектов в космических радиолокационных системах дистанционного зондирования Земли / Д.В. Голкин, Г.В. Худов // Космична наука і технологія. – К., 2003. – Т. 9. – № 4. – С. 84-93.
17. Худов Г.В. Особенности оптимизации двухальтернативных решений при совместном поиске и обнаружении объектов / Г.В. Худов // Проблемы управления и информатики. – 2003. – № 5. – С. 51-59.

Надійшла до редколегії 25.07.2013

Рецензент: д-р техн. наук, професор Д.В.Голкін, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

**ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ АЛГОРИТМОВ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ  
В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ВОЙСК ВОЗДУШНЫХ СИЛ  
ВООРУЖЕННЫХ СИЛ УКРАИНЫ ПРИ ПОИСКЕ И ОБНАРУЖЕНИИ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Д.Б. Жуйков, Г.В. Худов, Р.П. Щербина, Д.А. Чибисов

*В работе проанализированы основные тактико-технические характеристики существующих средств автоматизации управления радиотехнических подразделений. С целью повышения эффективности первичной обработки радиолокационной информации предложено учитывать априорную информацию о местоположении воздушных объектов в зоне обзора радиолокационной станции и использовать равномерно-оптимальную стратегию поиска воздушных объектов. Сформулирована оптимизационная задача совместного поиска и обнаружения воздушных объектов и обоснованы требования к энергетическому потенциалу радиолокационной станции.*

**Ключевые слова:** автоматизированная система управления, комплекс средств автоматизации, радиотехническое подразделение, обработка информации, энергетический потенциал, поиск и обнаружение.

**SUGGESTION ON PERFECTION OF ALGORITHMS OF ROUGHING-OUT OF INFORMATION  
IN AUTOMATED CONTROL THE SYSTEM RADIO ENGINEERINGS TROOPS OF AIRCRAFTS  
OF MILITARY POWERS OF UKRAINE AT SEARCH AND FINDING OUT AIR OBJECTS**

D.B. Zhuykov, G.V. Khudov, R.P. Shcherbina, D.O. Chibisov

*Basic tactic-technical descriptions of existent facilities of automation of management of radio engineerings subdivisions are in-process analysed. With the purpose of increase of efficiency of roughing-out of radio-location information it is suggested to take into account a priori information about the site of air objects in a keepout the radio-location station and to utilize evenly-optimum strategy of search of air objects. The optimization task of joint search and finding out air objects is formulated and grounded requirement to power potential of the radio-location station.*

**Keywords:** automated control the system, complex of facilities of automation, radio engineering subdivision, treatment of information, power potential, search and discovery.