

## БОЙОВЕ ЗАСТОСУВАННЯ ОВТ

УДК 621.396

DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.28.2023.77-87>

А.М. Зубков, С.Ю. Каменцев, Я.В. Красник, В.В. Прокопенко, А.А. Щерба

*Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів*

Article history: Received 23 February 2023; Revised 27 February 2023; Accepted 31 March 2023

### ПРОСТОРОВО-СПЕКТРАЛЬНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АРТИЛЕРІЙСЬКОЇ РОЗВІДКИ

Виконано аналіз еволюції розвідувально-вогневої технології на основі розвідувально-ударних (РУК) і розвідувально-вогневих (РВК) комплексів і переходу її в ідеологію розвідувально-вогневих систем (РВС). На основі кібернетичної моделі Бойда оптимізовано цикл “observe(спостерігати)”. Обґрунтовані практичні шляхи реалізації розробленого підходу на основі багатоканальної просторової і багатоспектральної обробки розвідувальної інформації. Розроблена методологія адаптації характеристик багатоканальної обробки локаційної інформації під цілефонову обстановку, яка динамічно міняється. Оптимальність розробленого підходу підтверджена результатами модельного експерименту, а практична реалізуємість – патентом на винахід. Практична значимість отриманих результатів забезпечується незалежністю точності цілевказання від дальності цілі з одночасним забезпеченням цілодобовості, всепогодності, завадостійкості і потенційної інформативності артилерійської розвідки. Досягаємі вигоди в показниках ефективності артилерійської розвідки складає за дальністю – 7,2 рази, за цілювою каналістністю – 20 раз. Всі аналітичні результати орієнтовані на впровадження в практику проектування виробництва апаратури наземної і бортової компонент розвідки.

**Ключові слова:** розвідувально-вогнева система, наземна ціль, цикл спостереження, інформативність багатоспектрального моніторингу, виявлення, модельний експеримент.

#### Постановка проблеми

Артилерійська розвідка є першим і вирішальним етапом вогневої дії на противника. Основними показниками, які характеризують бойову ефективність артилерійської розвідки, прийнято рахувати максимальну дальність, інформативність (включаючи цілюву каналістність), завадозахищеність, а також здатність адаптуватися до цілефонової обстановки, всепогодність та цілодобовість. Всі вищевказані показники повинні забезпечуватися при мінімізації часу спостереження просторової зони відповідальності. З фізичних міркувань слідує, що комплексне вирішення задачі досягнення екстремумів відмічених показників може бути досягнуто тільки шляхом інтеграції апаратури наземних і повітряних засобів інструментальної розвідки.

Актуальною науково-технічною проблемою є обґрунтування структури та інженерних шляхів реалізації такої апаратури в частині наземної і бортової компонент.

#### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Зародження на початку 1980-х років розвідувально-вогневої технології, яка включає організаційне, технічне і інформаційне комплексування

засобів розвідки, управління та ураження, визначило створення РУК і РВК, типовими представниками яких були “Assault Breaker”, “PLSS”, “J-SAK” (США), “Равенство”, “Ровесник” (СРСР).

З кінця 1980-х років в провідних в воєнному відношенні країн, не дивлячись на позитивні попередні результати оцінки бойової ефективності, розробка спеціалізованих РУК, РВК, під якими воєнні спеціалісти розуміють функціонально та організаційно жорстко пов'язані між собою засоби управління, ураження і розвідки для вирішення вогневих задач, закінчена [1].

Основними причинами деградації ідеології побудови РУК (РВК) прийнято рахувати [2]:

1. Відсутність єдиної інформаційної концепції побудови, оскільки рівень радіоелектронних і інформаційних технологій того часу не дозволяв сформулювати її в завершеному вигляді. При цьому підсистеми розвідки і управління вогнем розглядаються як взаємодіючі, однак все таки окремі інформаційні системи. Вогневі одиниці і підрозділи при такому підході є об'єктами управління в централізованій ієрархічній системі управління.

2. Орієнтація ідеології побудови РУК (РВК) на визначений рівень ведення бойових дій (тактичний, оперативний, стратегічний). Звідси залежність

конфігурації, складу і інформаційних зв'язків складових компонентів від конкретних тактико-технічних характеристик зразків вогневих засобів і можливостей організації розвідки (наземна, повітряна, космічна).

3. Переважний зв'язок перспектив розвитку бойових можливостей РУК (РВК) з удосконаленням тільки вогневих засобів і засобів розвідки. Це автоматично робило доступним створення РУК (РВК) тільки для країн з самим високим воєнним і науково-технологічним потенціалами. При цьому темп бурного розвитку інформаційних технологій враховувався недостатньо.

Відмова від концепції побудови РУК, РВК зовсім не каже про помилковість розвідувально-вогневої технології, яка, просто кажучи, і дала поштовх для їх розробки. Навпаки, прагнення до більш ефективного використання бойового потенціалу складових елементів цих комплексів, а також науково-технічний доробок, отриманий при їх розробці, став технологічною основою для подальшого розвитку теорії і практики побудови РВС, в тому числі на основі принципів мережецентричного управління [3, 4].

Парадигма мережецентричної стратегії сильна тим, що являє собою універсальний засіб швидкого комплексування в застосуванні різнорідних сил і засобів для вирішення найбільш важливих задач, а також служить ідеальною базою їх взаємодії. Об'єднані мережею обміну даними сучасні системи озброєння мають можливість інтегруватися в РВС безпосередньо на полі бою наявними силами та засобами.

Разом з тим аналіз мережецентричних дій в конкретних бойових умовах виявив ряд суттєвих недоліків, що визначило розвиток ситуаційної моделі бойового управління [5].

Основою РВС, побудованої на моделі ситуаційного управління, є два базові компоненти:

- індивідуальна "бойова платформа", яка в загальному випадку являє собою об'єкт озброєння, воєнної техніки або військовослужбовця, обладнаних відповідним комплектом інструментальних та вогневих засобів;

- інформаційна структура, що включає комплекс апаратних, алгоритмічних і програмних засобів, які розміщуються на індивідуальних "бойових платформах", розвідувально-управляючих об'єктах і призначених для приймання, передавання, перетворення, накопичення і візуалізації інформації в інтересах бойового управління [6].

Принциповим фактором розвитку розвідувально-вогневих технологій на сучасному етапі є включення у склад РВС, незалежно від способу ведення бойових дій, повітряної компоненти – дистанційно-пілотованого літального апарату (ДПЛА), обладнаного комплексом апаратури інструментальної розвідки і управління (корегування) вогнем артилерійських і ракетних систем.

Порівняльний аналіз моделей бойового управління стосовно до РВС показує, що:

- розширення просторово-часових масштабів бойових дій вимагає переходу ситуаційної моделі бойового управління в мережецентричну;

- просторово-часова локалізація бойових дій переводить ситуаційну модель бойового управління в ієрархічну, орієнтовану на можливості індивідуальних "бойових платформ".

Основним інструментом реалізації ситуаційного управління в РВС є адаптація інформаційної структури до змін умов бойової обстановки. Теоретичною основою організації ситуаційного бойового управління може служити кібернетична модель Джона Бойда OODA (observe – спостерігай, orient – орієнтуйся, decide – вирішуй, act – дій). При цьому критерієм оптимальності побудови РВС на основі ситуаційного управління є мінімізація сумарного часу циклу Бойда [7].

Основним напрямом удосконалення ідеології ситуаційного бойового управління в РВС є:

- орієнтація на інформаційні і інструментальні можливості індивідуальних "бойових платформ";

- перехід до адаптивної інформаційної структури РВС;

- обладнання кожної індивідуальної "бойової платформи" необхідним і достатнім комплектом інформаційних засобів (інструментальної розвідки, телекомунікацій, місцевизначення);

- адаптивна просторово-часова сегментація ефективної вогневої дії на противника.

В якості основного науково-технічного напрямку для практичної реалізації скорочення часу першого елементу циклу бойового управління Бойда (спостереження), стосовно до артилерійської розвідки розроблена методологія мультиспектральної обробки локаційної інформації [8] і конструктивно-функціональної інтеграції повітряних та наземних засобів спостереження [9].

### Формулювання мети статті

Метою роботи є визначення і обґрунтування технічних шляхів сукупного підвищення максимальної дальності, інформативності і завадозахищеності багатоканальної артилерійської розвідки на основі інтеграції наземних і повітряних каналів спостереження.

## Виклад основного матеріалу

У засобах інструментальної розвідки РВіА використовуються різні ділянки спектра електромагнітних хвиль (ЕМХ) (оптичний, інфрачервоний і радіодіапазони). Однак робота в рамках однієї ділянки спектра не забезпечує динамічного вирішення всієї сукупності задач підготовки стрільби (ракетного удару) з ефективністю, яка вимагається, в умовах бойового застосування, що змінюється.

Використання декількох приладів спостереження на основі сенсорів різних ділянок спектра ЕМХ не вирішує проблему скорочення часу циклу спостереження при вибраному критерії оптимальності, оскільки, не дивлячись на одночасну їх роботу, збільшується час на обробку даних, перетворення координат, цілевказівку, пере націлювання.

З приводу нерівноцінності сенсорів за дальністю дії, інформативності і завадозахищеності, доцільним є комплексування локаційних каналів з різними фізичними сенсорами в рамках єдиної багатоспектральної інформаційно-виміральної структури на основі єдиної апертурної системи з метою максимального використання переваг усіх ділянок спектра ЕМХ при мінімальному часі спостереження і при реалізації переваг окремих парціальних спектральних каналів.

Природно припустити, що приріст ефективності багатоспектральної системи артилерійської розвідки може бути визначений через підвищення інформативності багатоспектрального зображення спостережуваного об'єкта (цілі), що формується [10].

Аналіз повної інформативності багатоспектрального зображення і динаміка її зміни показує, що наявність радіолокаційного каналу, як цілодобового, всепогодного, з максимальною дальністю дії і широким раптовим “полем зору” в багатоспектральній системі моніторингу є обов'язковим для:

- компенсації втрат інформативності фото-контрастних і теплових каналів при збільшенні дальності до спостережуваного об'єкта (сцени);

- “націлювання” вузьконаправлених фото- і теплового каналів при широкій кутовій зоні спостереження.

З точки зору практичної реалізації потенціальних можливостей багатоспектральної системи локаційного моніторингу найбільший інтерес має випадок цілефонової обстановки, що динамічно міняється (день, ніч, наявність або відсутність завод природного і штучного походження) і мінімізація при цьому робочого часу.

Оптимальна схема мультиспектрального виявляча наземних об'єктів представлена на рис. 1 [11]

Структурна схема мультиспектрального адаптивного виявляча наземних об'єктів включає радіолокаційний активний, радіолокаційний пасивний (радіометричний) і тепловий канали. Виявляч утримує антену радіолокаційного каналу 1, яка через циркулятор розв'язки “приймання-передавання” 2 підключена до передача активного каналу 3 і приймальним трактам активного і радіометричного каналів 4, 5. Тепловий канал створюють послідовно з'єднані об'єкти 6 і приймач інфрачервоного діапазону 7. Аналізатор заводої обстановки 10 включає блок управляемого комутатора 10.1, два блоки вибору сигналів по максимуму 10.2, 10.3 і блок управління комутатором, що управляється 10.4. Виходи всіх трьох парціальних приймальних каналів через ключі, що управляються 8, підключені до блока виявлення 9, який реалізує алгоритм лінійного додавання амплітуд сигналів і порівняння з порогом. Для виключення проходження на вхід блока виявлення сигналів ураженого заводою парціального каналу, а також підвищення вірогідності правильного виявлення за рахунок використання переваг сенсорів різноманітної фізичної природи (активний радіолокаційний канал реагує на металоутримуючі конструкції з дзеркальною компонентою розсіяного сигналу, а тепловий канал, навпаки, на слабовідбиваючі конструкції з діелектричних матеріалів) сигнали відповідних парціальних каналів через управляемий комутатор 10.1 подаються на блок відбору сигналу по максимуму 10.2, 10.3. Блок управління управляемими комутаторами 10.4 забезпечує перекомутацію виходів парціальних каналів з метою ранжирування їх за пріоритетністю.

Вище було відмічено, що принциповим моментом розширення бойових можливостей артилерійської розвідки за дальністю, точністю, завадозахищеністю і зняття обмежень на наявність або відсутність руху цілі є включення у склад РВС ДПЛА. В роботі [9] показано, що особливо різко зростає ефективність артилерійської розвідки, включаючи забезпечення цільової багатоканальності, при інтеграції наземного радіолокаційного комплексу (РЛК) розвідки вогневих позицій (РВП) на основі фазованої антенної решітки (ФАР) з багатоспектральною апаратурою спостереження, що установлена на ДПЛА. Структурна схема наземної апаратури інтегрованого комплексу артилерійської розвідки наведена на рис. 2.

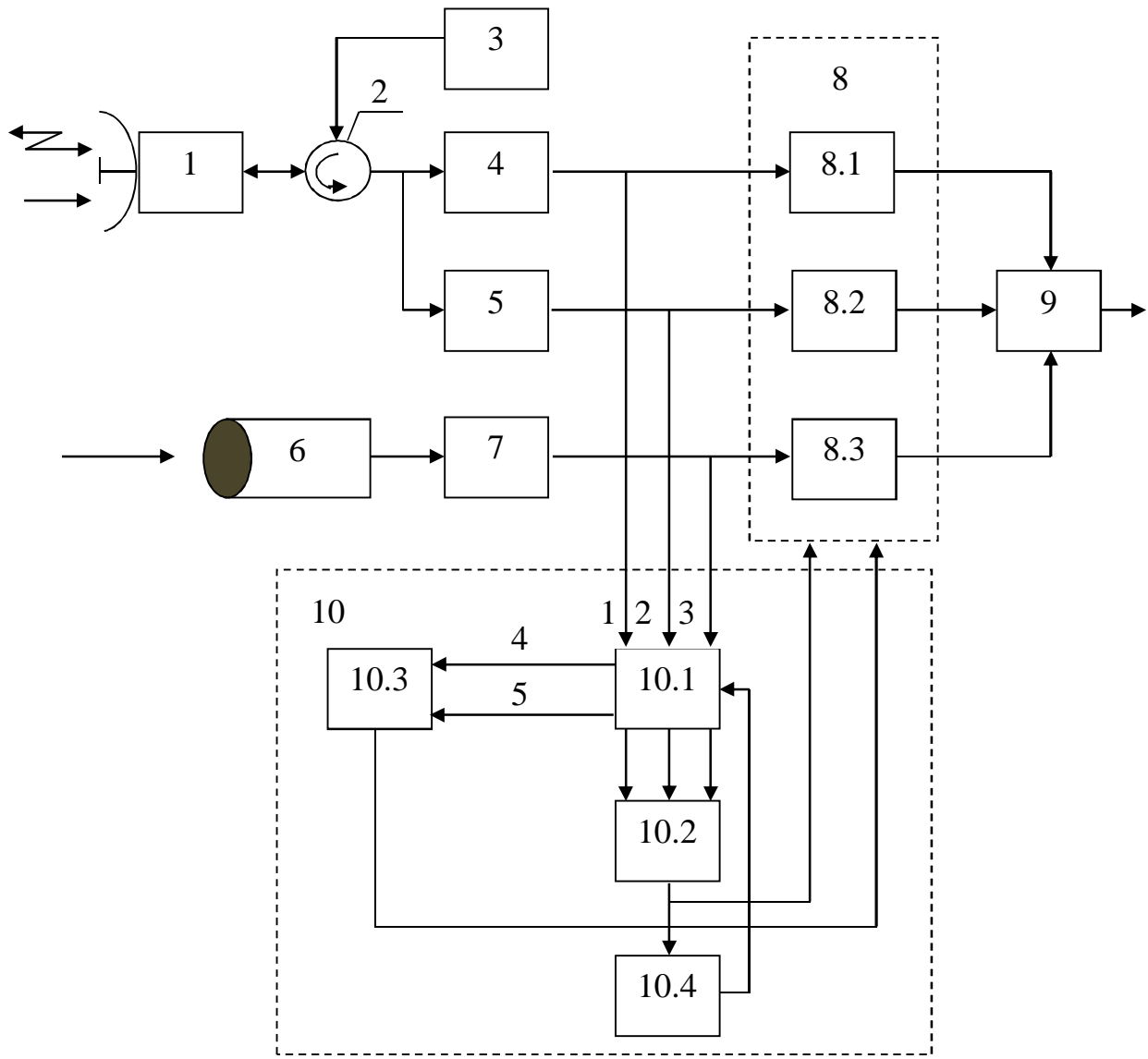


Рис. 1. Мультиспектральний виявляч наземних об'єктів

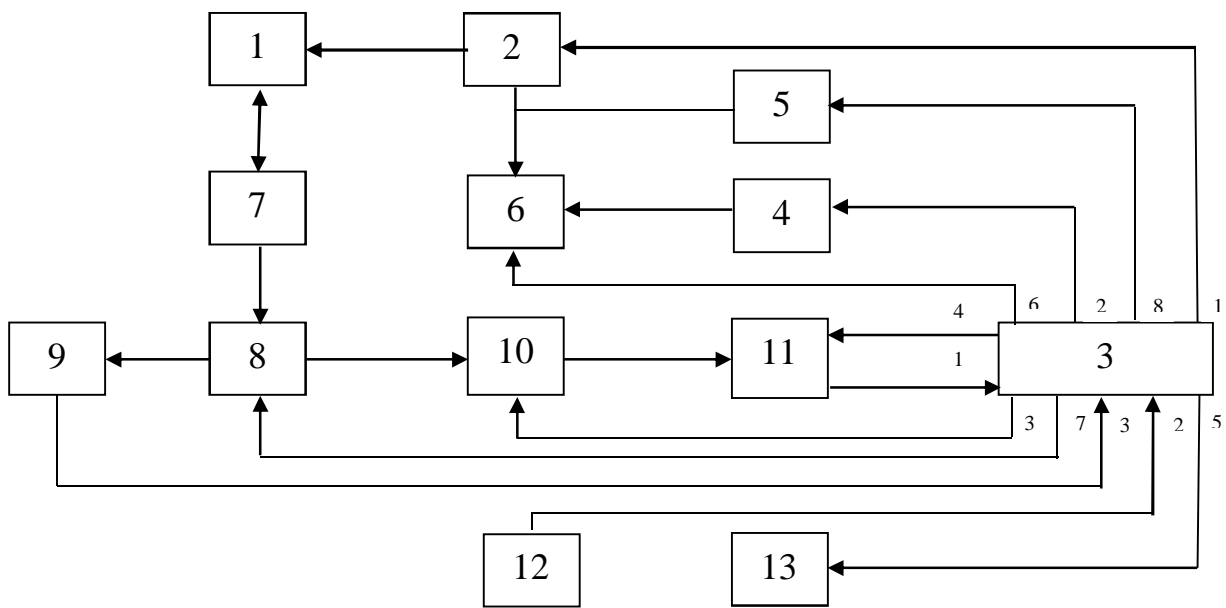


Рис. 2. Структурна схема наземної апаратури інтегрованого комплексу артилерійської розвідки

Комплекс наземної апаратури, що реалізує запропонований спосіб артилерійської розвідки, містить ФАР 1, яка через систему управління променем 2 підключена до першого виходу комп'ютера 3, передавальні системи РЛС (радіолокаційної станції) РВП 4 і каналу “земля-ДПЛА” 5, які через електронний комутатор передавальних каналів 6 підключені до першого входу антенного перемикача 7, виходи якого підключені до ФАР 1 і входу електронного комутатора приймальних каналів 8, виходи якого через приймальну систему каналу “ДПЛА-земля” 9 і послідовно з'єднані з приймальною системою, РЛС РВП 10 та виявляч 11 підключені до третього і першого входів комп'ютера 3, відповідно, пульт оператора 12 та індикатор 13, вихід і вхід яких підключені до другого входу і п'ятого виходу комп'ютера, відповідно, причому управляючі входи електронних комутаторів 6, 8, передавальних систем 4, 5, приймальної системи 10 і виявляча 11 з'єднані з шостим, сьомим, другим, восьмим, третім і четвертим виходами комп'ютера відповідно.

Комплекс артилерійської розвідки працює наступним чином: ехо-сигнал ДПЛА приймається і обробляється у штатному режимі роботи РЛК РВП, при якому забезпечується підключення передавальної

системи 4 через електронний комутатор 6 і антенний перемикач 7 до ФАР у режимі зондування і підключення приймальної системи 10 через електронний комутатор 8 і антенний перемикач 7 до ФАР у режимі приймання. В режимі приймання інформації з ДПЛА електронний комутатор приймальних каналів 8 підключає приймальну систему каналу “ДПЛА-земля” 9, в режимі передавання сигналів управління на ДПЛА електронний комутатор 6 підключає передавальну систему каналу “земля-ДПЛА” 5. Енергетичний потенціал каналів вимірювання координат і радіальної швидкості ДПЛА забезпечується за рахунок значного перевищення ЕПР ДПЛА аналогічних характеристик мін, снарядів і ракет, які є цілями у штатному режимі роботи РЛК РВП. Одночасно, за рахунок значно меншої швидкості польоту ДПЛА у порівнянні з боєприпасами з'являється можливість без зниження точності вимірювання координат ДПЛА частину часу електромагнітного контакту РЛС-ДПЛА при фіксованому положенні діаграми направленості ФАР використати для приймання інформації з ДПЛА і передавання команд на його борт.

Структурно-функціональна схема наземної і бортової апаратури інтегрованого комплексу артилерійської розвідки наведена на рис. 3

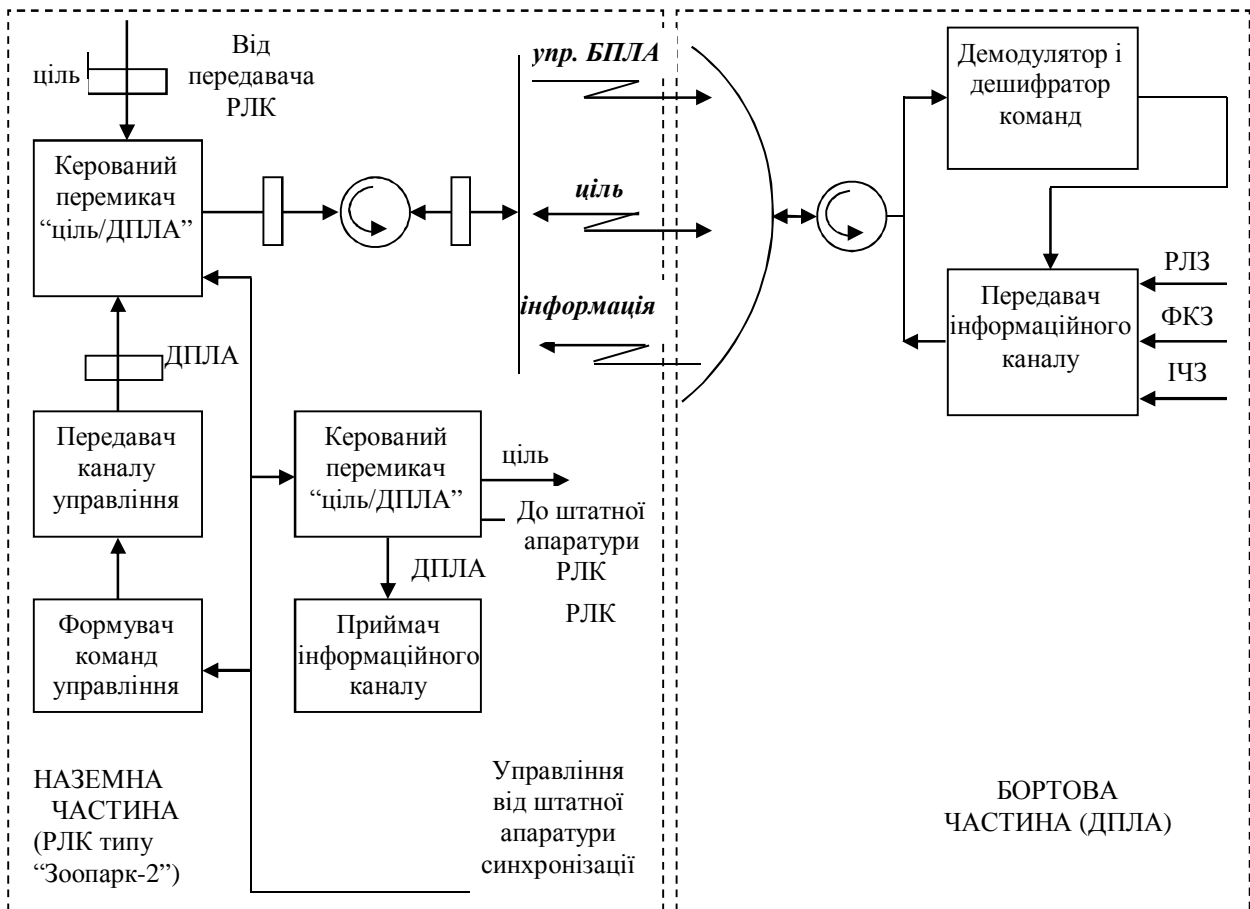


Рис. 3. Структурно-функціональна схема наземної і бортової апаратури інтегрованого комплексу артилерійської розвідки

Розв'язка цільового (боєприпаси стріляючої системи або ДПЛА), інформаційного (оптика, тепловізор, РЛС) і керуючого (маневр ДПЛА) каналів часова, в межах одного кутового положення діаграми направленості антени (ДНА). Фізично це виправдано співвідношенням динаміки дискретного цифрового сканування ДНА і динаміки тракторної еволюції цілі на порядок більш низький. При цьому вдається на інтервалі одного дискретного положення ДНА здійснювати вимірювання кутових координат і дальності боєприпасу, що спостерігається, ДПЛА і здійснювати інформаційний зв'язок в каналах "РЛК РОП-ДПЛА", "ДПЛА – РЛК РОП".

Без сумніву, є цікавою кількісна оцінка приросту бойової ефективності артилерійської розвідки при інструментальній реалізації розробленої методики. Незалежно від каналу спостереження аналітичною основою є вираз для максимальної дальності прямого бачення цілі з урахуванням висоти цілі і висоти антени (об'єктива) [15]

$$R_{max}[км] = 4,12 (h_a[м] + h_u[м]),$$

де  $h_a$  – висота антени (об'єктива) приладу спостереження;

$h_u$  – висота цілі;

4,12 – нормуючий коефіцієнт, що враховує середній радіус Земної кулі.

Припускаючи, що ДПЛА знаходиться в зеніті над ціллю і в режимі автосупроводження РЛК РОП, його висоту польоту  $h_{ДПЛА} \gg h_u$ , при розрахунку  $R_{max}$  можна прийняти

$$h_{ДПЛА} \approx h_u, \text{ а } R_{max} \approx D_{max}$$

де  $D_{max}$  – розрахункова дальність цілі для стрільби.

Нескладний розрахунок показує, що при висоті польоту ДПЛА 200 і 1000 м гранична дальність радіолокаційного спостереження в 2.3 і 7.2 раза, відповідно, перевищує аналогічну дальність для типової РЛС розвідки наземних цілей (типу СНАР-10). Аналогічний розрахунок дає приріст цільової каналності (в кількості цілей, що обслуговуються) в порівнянні з сумісним використанням двох одноцільових АРК-1М і двох одноцільових РЛС СНАР-10 в 20 раз. Одночасно досягається незалежність точності цілевказівки від дальності наземної цілі з забезпеченням цілодобовості, всепогодності, завадостійкості та потенціальної інформаційності.

Було виконано модельний експеримент щодо оцінки бойової ефективності методології артилерійської розвідки, що пропонується, на основі імітаційної системи JCATS. Моделювання було здійснено для трьох варіантів системи артилерійської розвідки в складі:

- існуючих засобів артилерійської розвідки (АРК-1М, СНАР-10, АЗК-7, ПРП-4) – варіант 1;

- існуючих засобів артилерійської (варіант 1) і повітряної розвідки (ДПЛА ВР-3 "Рейс" з телевізійною апаратурою спостереження) – варіант 2;

- інтегрованого комплексу артилерійської розвідки, який включає модернізований РЛК РВП (типу 1Л220 "Зоопарк-3") і ДПЛА типу "Фурія" з багатоспектральним комплексом спостереження на борту (телевізійна камера + тепловізор + РЛС) – варіант 3.

Експеримент виконаний для наступних варіантів цілефонової обстановки:

- цілі – 3 батареї тактичних ракет комплексу 9К79 "Точка" (по 2 пускові установки в кожній), реактивний артилерійський дивізіон РСЗВ типу 9К51М "Торнадо-Г" в складі трьох батарей по 6 бойових машин, самохідний артилерійський дивізіон самохідних артилерійських установок 2С3 "Акація" в складі 3 батарей по 6 гармат, 2 мінометних батарей по 6 мінометів 2С12 "Сані";

- метеорологічні умови – день, ніч, туман з щільністю, що обмежує дальність оптичної видимості до 100 м.

В якості показників ефективності артилерійської розвідки прийнято:

-  $W$  – відношення кількості виявлених об'єктів противника  $N$  до кількості об'єктів противника в зоні тактичних можливостей розвідки  $N_u$  [14];

-  $D$  – дальність виявлення.

На рис. 4, 5, 6 представлені результати моделювання щодо оцінки ефективності виявлення наземних об'єктів, що стріляють, рухаються і нерухомих для всіх трьох варіантів системи артилерійської розвідки.

Бачимо, що інтеграція експлуатаційних можливостей РЛК РВП з ФАР і сучасного ДПЛА з багатоспектральною апаратурою спостереження в рамках перспективної системи артилерійської розвідки забезпечує зняття обмежень на наявність вогневої активності, тип і наявність або відсутність руху наземних цілей на всю глибину дії сучасних і перспективних вогневих систем РВіА СВ.

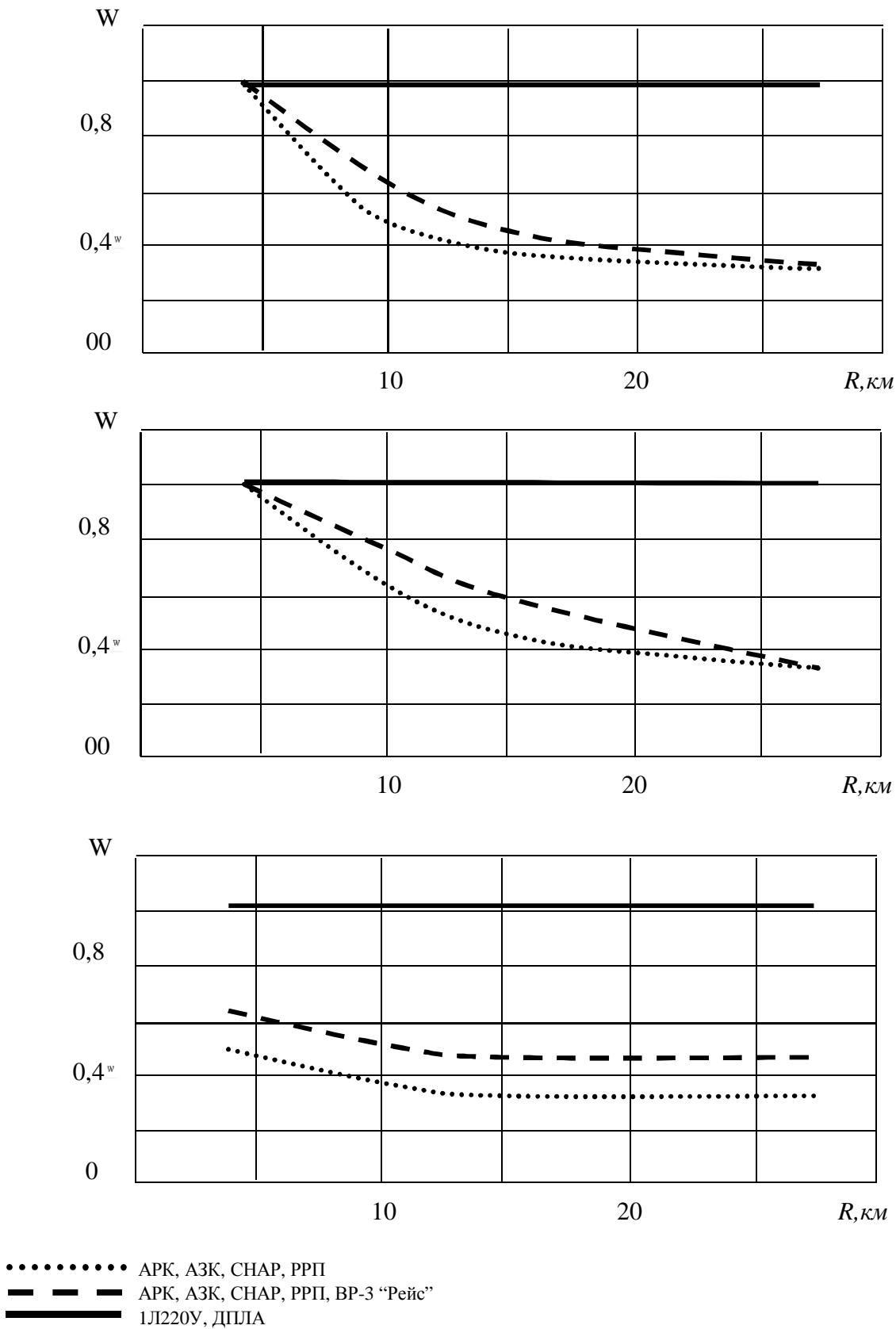


Рис. 4. Виявлення об'єктів, що стріляють: вдень, вночі та у тумані, відповідно

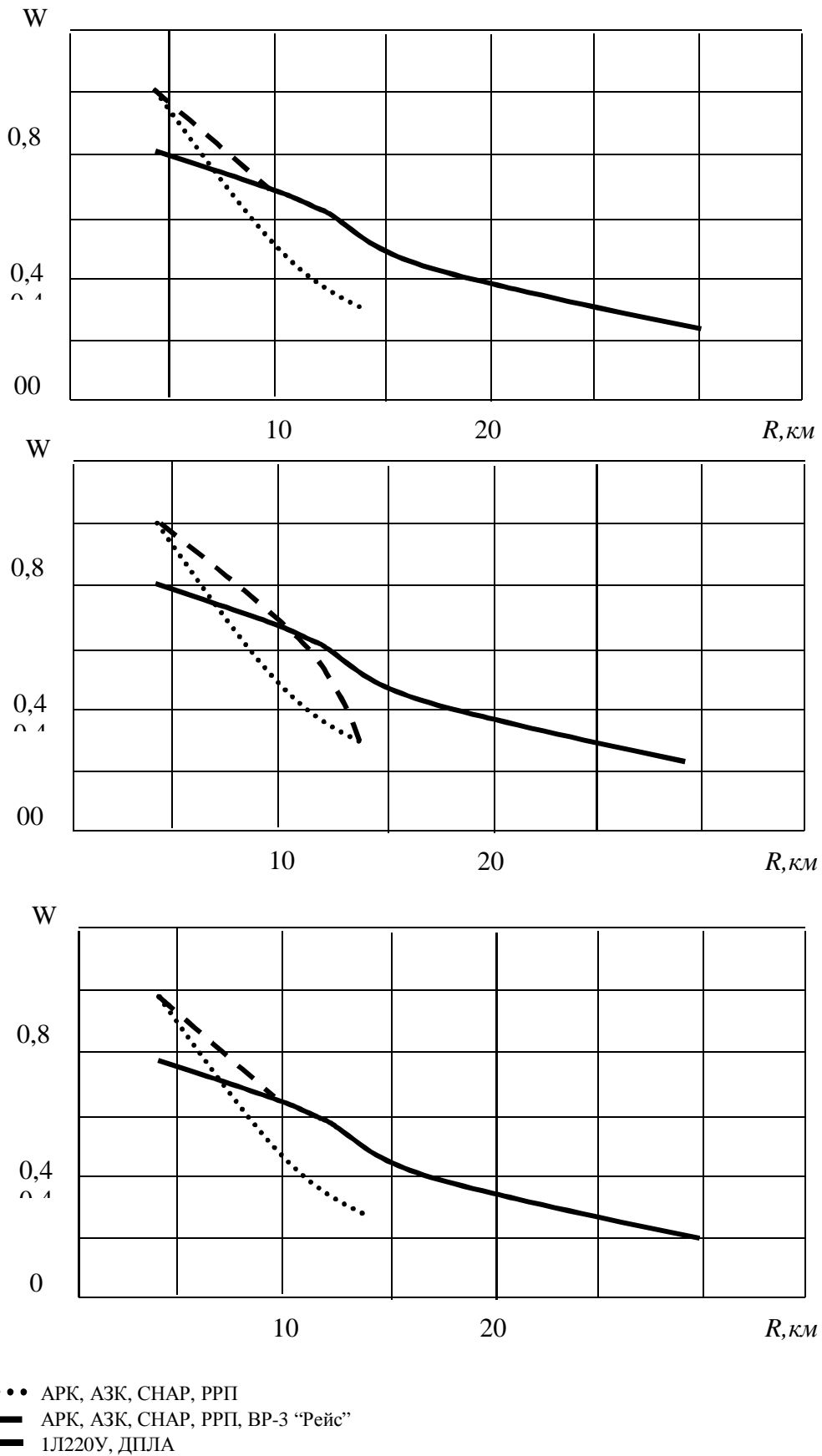


Рис. 5. Виявлення рухомих об'єктів: вдень, вночі та у тумані, відповідно



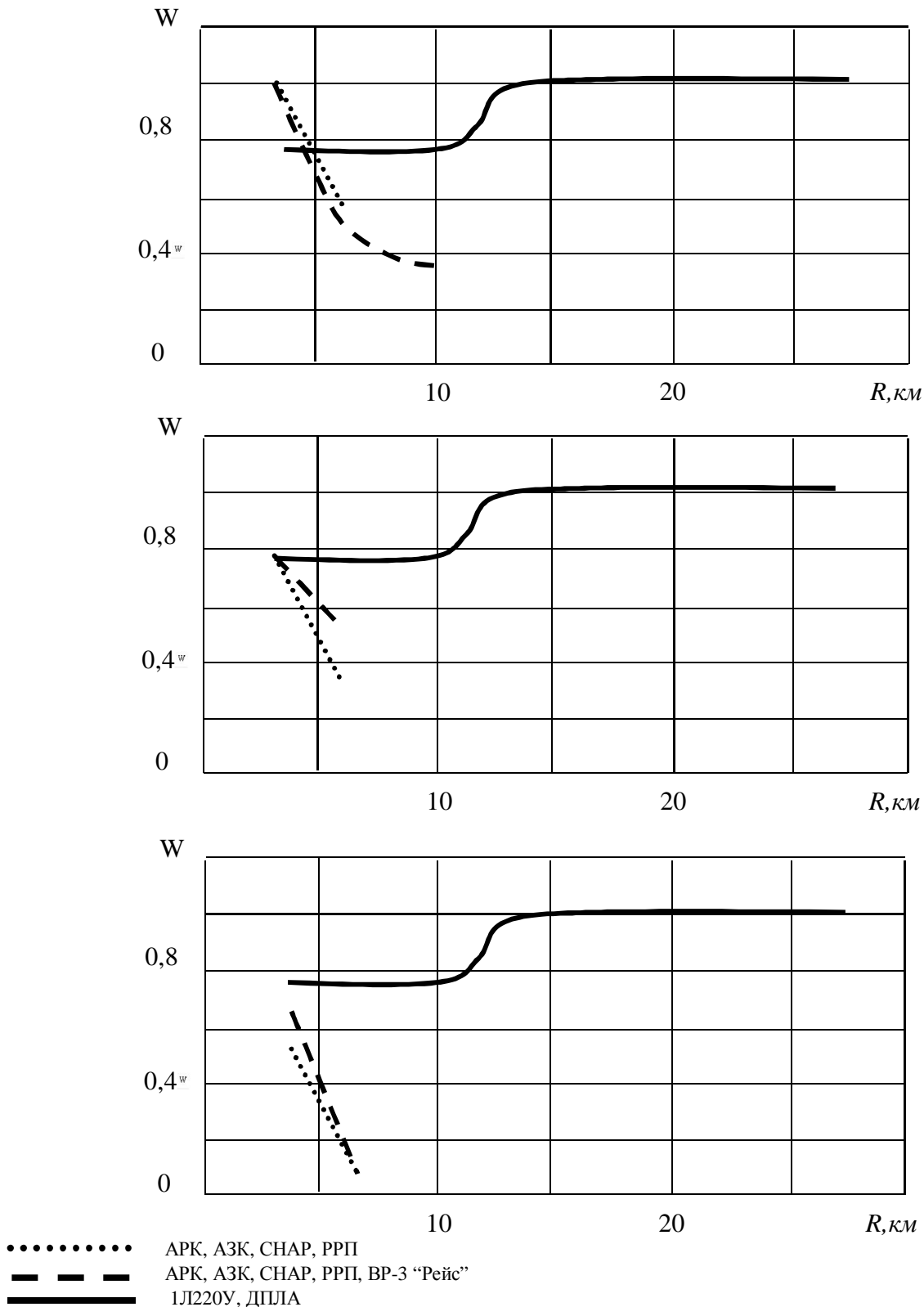


Рис. 6. Виявлення нерухомих об'єктів: вдень, вночі та у тумані, відповідно

### Висновки

1. Розвитком ідеології РУК і РВК 1980-х років на сучасному етапі є модель ситуаційного бойового управління, універсальний характер якої базується на кібернетичній моделі Джона Бойда.

2. Максимальна бойова ефективність першого етапу циклу Бойда (артилерійської розвідки) – дальність, точність, цільова каналність, завадостійкість – досягається інтеграцією наземних радіолокаційних засобів розвідки вогневих позицій і ДПЛА з багатоспектральною апаратурою спостереження.

3. Практична ефективність такого підходу підтверджена шляхом імітаційного моделювання, а також запатентованими технічними рішеннями.

### Список літератури

- Куликов А.И. Война в едином информационном пространстве. *Воздушно-космическая оборона*. 2008. № 2 (39). С. 54–60.
- Зубков А.Н., Бударецкий Ю.И., Караванов А.А., Пидвирный Ю.В. Новый подход к созданию перспективной разведывательно-огневой системы. *Артиллерийское и стрелковое вооружение*. 2012. № 1. С. 3–6.
- Азов В.И. О реализации в США концепции ведения военных действий в едином информационном пространстве *Зарубежное военное обозрение*. 2004, № 6, С. 10–17.
- Савин Л.В. Сетевая война. Введение в концепцию. М., Евразийское движение, 2011. 130 с.
- Щерба А.А. Еволюція розвідувально-вогневої технології на основі мережецентричних принципів управління. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2014. № 4. С. 109–112.
- Паршин С.А., Горбачев Ю.Е., Кожанов Ю.А. Современные тенденции развития теории и практики управления в вооруженных силах США. М.: ЛЕНАНД, 2009, 272 с.
- Ивлев А.А. Основы теории Бойда. Направление развития, применения и реализации. М.: 2008. 64 с.
- Зубков А.Н., Щерба А.А. Интегрированные много-спектральные поисково-прицельные системы для ракетно-артиллерийского вооружения. *Артиллерийское и стрелковое вооружение*. 2009. № 1. С. 14–18.
- Багатоспектральный виявляч наземних об'єктів: пат. 94566 Україна: МКП G01S 13/00, G01I 3/28 № a201015836: заявл. 28.12.2010; опубл. 10.05.2011. Бюл. № 9. 2с.
- Зубков А.М., Д'яков А.В. Оптимізація алгоритмів комплексування парціальних каналів багатоспектральних приладів артилерійської розвідки для всіх етапів спостереження. *Військово-технічний збірник*. Львів: НАСВ, 2011. № 22. С. 12–17.
- Зубков А.М., Красник Я.В., Косовцов Ю.М., Д'яков А.В. Новая методология моделирования мультиспектральной фоноцільової обстановки. *Проблемні питання розвитку озброєння та військової техніки Збройних Сил України*: зб. тез доп. між. наук.-техн. конф., Київ: С. 75–77.
- Зубков А.Н., Дьяков А.В., Мартиненко С.А., Красюк А.П. Многоспектральная адаптивная система локационного мониторинга. *Радиотехника*. Харьков: ХНУРЭ. 2011. Вып. 164. С. 30–34.
- Зубков А.М., Щерба А.А. Підвищення ефективності артилерійської розвідки шляхом конструктивно-функціональної інтеграції повітряних та наземних засобів спостереження. *Радіоелектроніка, інформатика, управління*. Запоріжжя: ЗНТУ, 2014. № 82, С. 30–33.
- Спосіб артилерійської розвідки і комплекс для його реалізації: пат.112997 Україна: МКП G01S 13/00, G01S 13/28 № a201407629: заявл. 7.07.2014; опубл. 15.11.2016. Бюл. № 22. 5 с.
- Справочник по радиолокации. Пер. с англ. (под ред. М. Скольника). М.: Сов. радио. т. 1. 1979. 456 с.
- Оперативно-тактические расчеты при планировании артиллерийской разведки. М.: Воениздат. 1988. 104 с.

### References

- Kulikov A.I. (2008), "Voina v yedinom informatsionnom prostranstve" [War in the common information space]. *Air and Space Defense*. Issue № 2 (39). pp. 54–60. [in Russian].
- Zubkov A.N., Budoretskii Y.I., Karavanov A.A., Pidvirnyi Y.V. (2012), "Novyi podkhod k sozdaniiu perspektivnoi razvedyvatelno-ognevoi sistemy" [New approach to building an advanced reconnaissance-fire system]. *Artillery weapons and small arms*. Issue № 1. pp. 3–6. [in Russian].
- Azov V.I. (2004), "O realizatsii v SSHA kontseptsii vedeniia voienykh deistvii v edinom informatsionnom prostranstve" [On the U.S. implementation of the concept of warfare in a common information space]. *Foreign Military Review*. Issue № 6. pp. 10–17. [in Russian].
- Savin L.V. (2011), "Setetsentricheskaia i seteivaia voina. Vvedeniie v kontseptsiiu" [Network-centered and network warfare. Introduction to the concept]: Moscow, Eurasian movement. 130 p. [in Russian].
- Shcherba A.A. (2009), "Evoliutsiia rozvidualno-vohnevoi tekhnolohii na osnovi merezhetsentrychnykh pryntsyviv upravlinnia" [Evolution of reconnaissance and fire technology based on network-centered control principles]. *Bulletin of Khmelnytskyi National University*. Issue № 2. pp. 109–112. [in Ukrainian].
- Parshin S.A., Horbachev Y.E., Kozhanov Y.A. (2009), "Sovremennyye tendentsii razvitiia teorii i praktiki upravleniia v vooruzhennykh silakh SSHA" [Current Trends in Management Theory and Practice in the U.S. Armed Forces]: Moscow, LENAND. 272 p. [in Russian].
- Ivlev A.A. (2008), "Osnovy teorii Boida. Napravleniie razvitiia, primeniia i realizatsii" [Fundamentals of Boyd's theory. [Development, application, and realization trend]: Moscow. 64 p. [in Russian].
- Zubkov A.N., Shcherba A.A. (2009), "Integrirovannyye I mnogosppektralnyie poiskovo-pritselnyie sistemy dlia raketno-artilleryiskogo vooruzheniia", [Integrated multispectral search and targeting systems for missile and artillery weapons]. *Artillery weapons and small arms*. Issue № 1. pp. 14–18. [in Russian].
- Patent of Ukraine (2011), "Bahatospektralnyi vyaviach nazemnykh ob'ektiv" [Ground objects multispectral detection device]. Patent 94566 Ukraine, IPC G01S 13/00 G01I 3/28. № a201015836; stated 28.12.2010; published 10.05.2011. Bulletin № 9. 2 p. [in Ukrainian].
- Zubkov A.M., Diakov A.V. (2011), "Optimizatsiia alhorytmiv kompleksuvannia partsialnykh kanaliv bahatospektralnykh pryladiv artyleriiskoi rozvidky dlia vsikh etapiv sposterezhennia" [Optimization of algorithms for combining partial channels of multispectral artillery reconnaissance devices for all stages of observation]. *Military-technical digest, NASV, Lviv*, Issue № 22. pp. 12–17. [in Ukrainian].
- Zubkov A.M., Krasnyk Y.V., Kosovtsov Y.M., Diakov A.V. "Nova metodolohiia modeliuвання multispektralnoi fonotsiliovooi obstanovky", [A new methodology for modeling multispectral background target environment]. *Armed Forces of Ukraine development of weapons and military equipment problematic issues: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*, Kyiv. pp. 75–77 [in Ukrainian].

12. Zubkov A.N., Diakov A.A., Martynenko S.A., Krasiuk A.P. (2011), "Mnohospektralnaia adaptivnaia sistema lokatsionnoho monitorinha" [Multispectral adaptive local monitoring system]. *Radio Engineering*, Kharkov. Issue № 164. pp. 30–34 [in Russian].

13. Zubkov A.M., Shcherba A.A. (2014), "Pidvyshchennia efektyvnosti artyleriiskoi rozvidky shliakhom konstruktivno-funktsionalnoi intehratsii povitrianykh ta nazemnykh zasobiv sposterezhennia" [Improving the effectiveness of artillery reconnaissance through the structural and functional integration of air and ground surveillance assets]. *Radio electronics, computer science, management*. ZNTU, Zaporizhzhia. Issue № 82. pp.30–33 [in Ukrainian].

14. Patent of Ukraine (2016), "Sposib artyleriiskoi rozvidky i kompleks dlia ioho realizatsii" [Artillery reconnaissance method and its implementation system]. Patent 112997 Ukraina. IPC G01S 13/00, G01S 13/28. № a201407629; stated 7.07.2014; published 15.11.2016. Bulletin № 22, 5 p. [in Ukrainian].

15. Handbook (1979), "Spravochik po radiolokatsii" [Radiolocation handbook]. Moscow: Sov.radio. 456 p. [in Russian].

16. "Operativno-takticheskie raschety pri planirovanii artilleriiskoj razvedki" (1988) [Operational and tactical calculations in artillery reconnaissance planning]. Moscow. 104 p. [in Russian].

## SPATIAL-SPECTRAL METHODS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF ARTILLERY RECONNAISSANCE

A.M. Zubkov, S.Y. Kamentsev, Y.V. Krasnyk, V.V. Prokopenko, A.A. Shcherba

*The author analyzes the evolution of reconnaissance-fire technology based on reconnaissance-strike (RSS) and reconnaissance-fire (RFS) systems and its transition to the ideology of reconnaissance-fire systems (RFS).*

*Based on Boyd's cybernetic model, the situational model of RFS combat control and the issue of optimizing it in terms of the "observe" cycle are considered. Practical ways of implementing the developed approach based on multichannel spatial and multispectral processing of intelligence information are substantiated. The optimality of the developed approach is confirmed by the results of a model experiment.*

*A methodology for adapting the characteristics of multi-channel processing of location information to a dynamically changing mobile phone environment has been developed. The optimality of the developed approach is confirmed by the results of the model experiment, and the practical feasibility is confirmed by the patent for the invention. The maximum combat effectiveness of the first stage of the Boyd cycle (artillery reconnaissance) – range, accuracy, target channel, immunity - is achieved by the integration of ground-based radar means of reconnaissance of firing positions and UAVs with multispectral surveillance equipment.*

*The practical significance of the obtained results is provided by the independence of targeting accuracy from the target range with simultaneous provision of round-the-clock operation, all-weather operation, interference resistance and potential informativeness of artillery reconnaissance. The attainable gain in artillery reconnaissance effectiveness indicators is 7.2 times the range, and 20 times the target channel. All analytical results are aimed at implementation in the practice of designing the production of equipment for ground and on-board reconnaissance components.*

**Keywords:** *reconnaissance and fire system, ground target, observation cycle, information content of multispectral monitoring, detection, model experiment.*

УДК 623.7

DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.28.2023.87-99>

М.І. Нехін, Л.Б. Каневський, Ю.А. Мирончук

*Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова*

*Article history:* Received 21 November 2023; Revised 02 December 2023; Accepted 31 March 2023

## ФОРМУВАННЯ СУКУПНОСТІ ПАРАМЕТРІВ БОЙОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ УДАРНИХ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ НА ОСНОВІ ФАСЕТНОЇ СИСТЕМИ КЛАСИФІКАЦІЇ

*Одним із основних підходів до удосконалення стратегії і тактики застосування ударних безпілотних авіаційних комплексів є створення методики формування вимог до їх бойових можливостей відповідно до місця літального апарату у прийнятій системі класифікації. На сьогодні існує декілька систем класифікації безпілотних авіаційних комплексів за різними принципами. Ці системи класифікації взаємно доповнюють одна одну, але жодна з них не забезпечує повного охоплення сукупності параметрів, якими характеризується безпілотний авіаційний комплекс. Назріла необхідність об'єднання різних систем і принципів класифікації*

© М.І. Нехін, Л.Б. Каневський, Ю.А. Мирончук