

УДК 355.58:533.65.013.622

С.С. Кісільов¹, С.М. Піскунов², О.В. Філіппенков², А.Ф. Шевченко²¹ Військова частина А 0105, Київ² Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ПРОТИДІЯ РАКЕТНИМ АРТИЛЕРІЙСЬКИМ ТА МІНОМЕТНИМ ОБСТРІЛАМ – ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМОК РОЗВИТКУ ППО СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК

Актуальною загрозою для підрозділів і частин Сухопутних військ є поодинокі обстріли (мінометні, артилерійські, ракетні) районів розташування військ та об'єктів. Розглянуто систему заходів з протидії таким обстрілам у вигляді концепції C-RAM (Counter - Rockets, Artillery and Mortar), яку застосовано в передових країнах НАТО. Через високу імовірність знаходження безпілотних літальних апаратів в повітрі при підготовці та здійсненні ворожих обстрілів, C-RAM все частіше розглядаються як системи, що можуть залучатися до протидії тактичним безпілотним літальним апаратам. Тому в роботі проведено порівняльний аналіз концепції C-RAM із системою заходів щодо протидії тактичним безпілотним літальним апаратам. Наведені характеристики існуючих зразків озброєння C-RAM, та визначені основні тенденції розвитку основних складових такого озброєння. Визначені основні особливості засобів виявлення, класифікації та супроводження RAM-цілей та тактичних БПЛА, що мають забезпечити функціонування за умов складної заводової обстановки, при жорстких вимогах до пропускової здатності та малих значеннях ефективної поверхні розсіювання цілей. Запропоновано використання когнітивних РЛС, як перспективного засобу виявлення, класифікації, оцінювання параметрів траєкторії та видачі точного цілевказування вогневим засобам.

Ключові слова: протидія ракетним артилерійським та мінометним обстрілам, протидія тактичним безпілотним літальним апаратам.

Вступ

Постановка проблеми. За повідомленнями засобів масової інформації ракетно-артилерійські обстріли стали причиною великої кількості втрат серед українських військовослужбовців, задіяних до антитерористичній операції. За умов оборонного характеру заходів зі стримування і відсічі російської збройної агресії в Донецькій та Луганській областях [1] основним напрямком зниження ефективності ракетних військ та артилерії противника є контрбатарейна боротьба (КББ). Вона поєднує комплекс заходів з ураження артилерійським вогнем ворожих вогневих (стартових) позицій. Не менш важливим завданням є боротьба із засобами артилерійської розвідки, зокрема безпілотними літальними апаратами (БПЛА). Саме тому БПЛА, що здійснюють пошукову та детальну розвідку (дорозвідку) об'єктів в інтересах артилерії противника є пріоритетними цілями для підрозділів і частин військ протиповітряної оборони (ППО) Сухопутних військ (СВ) на даний час.

При подальшій деескалації конфлікту на Сході України, та переході Збройних Сил до стабілізаційної операції, переважними можуть стати поодинокі обстріли (мінометні, артилерійські, ракетні) районів розташування наших військ та об'єктів, що набудуть виключно терористичного характеру. Обстріли можуть мати такі ознаки як: використання для ведення вогню цивільного автотранспорту, здійснення

вогневих нальотів з населених пунктів, місць скупчення людей чи критичної інфраструктури з метою провокування вогню у відповідь. Складність відокремлення нападників, ризики порушення міжнародного гуманітарного права та нанесення ненавмисних втрат цивільному населенню можуть обмежувати симетричні заходи у вигляді застосування артилерії контрбатарейної боротьби.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Досвід передових країн світу свідчить, що відповіддю на подібні ситуації може бути застосування концепції C-RAM (Counter - Rockets, Artillery and Mortar) – як комплексу заходів з протидії ракетно-артилерійським та мінометним обстрілам. Зокрема через чисельні втрати внаслідок обстрілів базових таборів, з якими зіштовхнулися коаліційні сили в ході стабілізаційної операції в Іраку 2004 р, було створено робочу групу з вивчення питань C-RAM зі складу TRADOC (Training and Doctrine Command) сухопутних військ США. Результатом роботи групи стало створення зведеного тактичного підрозділу, який поєднав сили і засоби зенітної артилерії ППО СВ, польової артилерії СВ та протиповітряної оборони флоту США [2]. Вказаний підрозділ вперше вирішував завдання виявлення, оповіщення військ про обстріл, супроводження ракетно-артилерійських боеприпасів та їх перехоплення в повітрі зенітним артилерійським вогнем. В результаті подальшого розвитку C-RAM сухопутні війська США набули нової спроможності – Indirect Fire Protection

Сарабильність (спроможність захисту від вогню із закритих вогневих позицій) [3], а на підставі позитивного досвіду в багатьох передових арміях світу були створені підрозділи С-РАМ [4].

Через високу імовірність знаходження безпілотних літальних апаратів в повітрі для підготовки та здійснення ворожих обстрілів, С-РАМ все частіше розглядаються як системи, що можуть залучатися до протидії тактичним БПЛА С-ЛСС (Counter – Low, Small and Slow Unmanned Aerial System) [6–7], що потребує особливої уваги.

Тому метою даної статті є аналіз сутності концепції протидії ракетним артилерійським та мінним обстрілам (С-РАМ) та її порівняння із заходами з протидії тактичним БПЛА (С-ЛСС), визначення основних тенденцій розвитку озброєння С-РАМ і обґрунтування напрямків наукових досліджень для забезпечення вирішення подібних завдань в інтересах Сухопутних військ ЗС України.

Метою статті є аналіз сутності концепції протидії ракетним артилерійським та мінним обстрілам (С-РАМ) та її порівняння із заходами з протидії тактичним БПЛА (С-ЛСС), визначення основних тенденцій розвитку озброєння С-РАМ і напрямків перспективних наукових досліджень.

Виклад основного матеріалу

Аналіз сутності концепції С-РАМ та її порівняння із заходами протидії тактичним БПЛА

Зіткнувшись з великою кількістю обстрілів військ та об'єктів в Іраку і Афганістані країни НАТО, в рамках загальної програми по боротьбі з тероризмом DAT (Defence Against Terrorism), в лютому 2005 р. створили спеціальну робочу групу DAMA (Defence Against Mortar Attack) для розробки систем активного захисту об'єктів, в першу чергу базових таборів, від ракетно-мінометних обстрілів із закритих вогневих позицій [4].

В програмі брали участь понад 11 країн альянсу і понад 20 компаній-розробників озброєння. Їх роботу було сфокусовано на застосуванні новітніх технологій для: визначення вогневих (стартових) позицій та точок влучення ворожих боеприпасів; перехоплення снаряду (ракет, міни) в повітрі; захисту об'єкту прикриття та пошуку відповідей на інші супутні питання [4].

Розгляд характеристик РАМ-цілей дозволяє визначити їх загальні риси та основні відмінності від тактичних безпілотних літальних апаратів, що полягають у принципах функціонування і формах бойового застосування.

Для ілюстрації особливостей бойового застосування РАМ розглянемо типовий приклад мінометного обстрілу [6], який забезпечується за допомогою тактичного БПЛА та має терористичні ознаки (рис. 1).



Рис. 1. Типовий сценарій мінометного обстрілу із застосуванням БПЛА

Два міномети (82/120 мм) які доставлені на позашляховиках, можуть бути розгорнуті обслугами з 2-3 осіб на вогневих позиціях менше ніж за 2 хв. Протягом проміжку від 30 с до 1 хв групи здатні здійснити від 3 до 12 пострілів по цілі на дальність від 1,5 до 7 км. В повітрі можуть знаходитися більше 6 мін одночасно, що рухаються зі швидкістю 150-250 м/с по балістичній траєкторії з кутами падіння 65° - 70° . Ураження здійснюється осколково-фугасною (ОФ) дією мін. Наявність БПЛА обладнаного оптико-електронними засобами розвідки значно підвищує ефективність мінометного вогню противника за рахунок: дорозвідки об'єктів безпосередньо перед стрільбою та можливості оцінки результатів стрільби та корегування вогню. Після стрільби мінометні обслуги здатні протягом декількох хвилин покинути вогневі позиції.

В якості прикладу в табл. 1–2 наведено узагальнені характеристики типових РАМ-цілей та тактичних БПЛА [6; 7].

Таблиця 1
Характеристики типових РАМ-цілей

№	Снаряд	Довжина/калібр, м/мас, кг	Дальність стрільби, км	Мах швидкість, м/с
1.	Реактивний снаряд (РС) 9М22	2,27/0,122/66	20,4	690
2.	РС 9М55К	7,6/0,3/800	70	1000
3.	Міна (М.) О-832ДУ	0,3/0,082/3,1	3	272
4.	М. 53Ф864	1,675/0,24/131	9,7	965
5.	Снаряд пострілу (СП) ЗВОФ32	0,709/0,152/44	17,4	655
6.	СП ЗВО15	1/0,203/110	37,5	960

Таблиця 2
Узагальнені характеристики тактичних БПЛА

№	Тип	Маса повна/корисна кг	Радіус дії, км	Мах швидкість, м/с
1.	Нано	< 0,5/< 0,1	< 1,5	22
2.	Мікро	< 2/< 1	< 10	28
3.	Міні легкі	< 10/< 5	< 25	42
4.	Міні важкі	< 20/< 12	< 50	50

За результатом аналізу табл. 1–2 RAM та тактичні БПЛА за певними ознаками є подібними повітряними цілями. Наприклад максимальна дальність застосування мінометів та артилерійських систем середнього калібру близькі до радіусів бойового застосування міні та мікро БПЛА, близькі значення мають і висоти польотів таких цілей. Однак некеровані RAM, на відміну від БПЛА, рухаються за балістичним траєкторіями та мають значно більші швидкості польоту (швидкість мінометних мін лежить в межах 150–300 м/с). Наприклад для сценарію представленого на рис. 1, при відстані від вогневих позицій до об'єкту прикриття 4,5 км, час польоту 81-мм міни складе приблизно 35 с, а весь час знаходження в повітрі черги із $6 \times 2 = 12$ мін складе 60–70 с [4]. Як видно з прикладу, за часом реакції, швидкіс-

тю руху, кутами місця та дальністю RAM подібні до цілей зенітних засобів ближньої дії та малої дальності [7].

У відповідності до висновків DAMA концепція C-RAM базується на 7 завданнях які представлено на рис. 1. В табл. 3 зведено характеристики існуючих та прийнятих а озброєння C-RAM систем [3; 8–13]. Варіант розташування складових та характерні просторові ділянки для системи “Centurion C-RAM” наведено на рис. 3 [2].

З аналізу табл. 1 та рис. 2 виходить, що існуючі C-RAM побудовані за модульним принципом. Вони об'єднують засоби розвідки та цілевказування, оповіщення про атаку, вогневі засоби та системи управління для виконання основних завдань.

Розглянемо зміст складових концепції C-RAM.

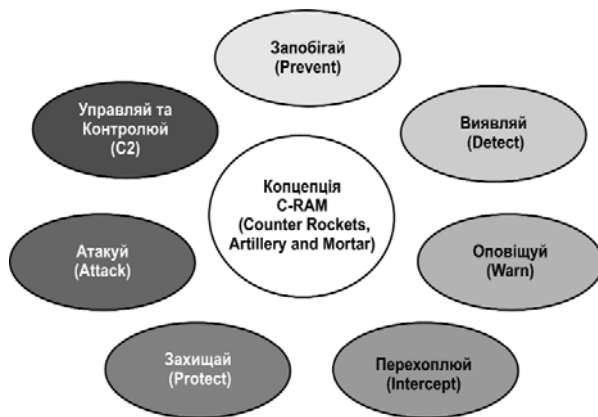


Рис. 2. Основні завдання C-RAM

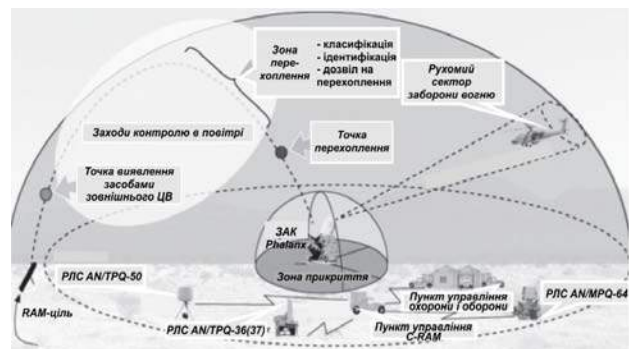


Рис. 3. Розташування складових “Centurion C-RAM”

Таблиця 3

Зведені характеристики існуючих C-RAM систем

Назва	“Centurion C-RAM”	“MANTIS”	“Porcupine”	“RAPIDFire”	“Drako”	“Iron Dome”
Виробник, рік виробництва	США, Raytheon Missile Sys., 2004	ФРН, Rheinmetall Defence, 2007	Італія, ОТО Melara, 2014	Франція, Thales, 2012	Італія, ОТО Melara, 2010	Ізраїль, Rafael AD Sys., 2004
Країни-оператори	США, Великобританія, Австралія	ФРН	Італія	Франція	Італія	Ізраїль, Сінгапур
Форм-фактор	модульна просторово розподілена (МПР)	контейнерна МПР	контейнерна МПР	МПР з рухомими ВЗ	МПР з рухомими ВЗ	пересувні засоби РЦВ рухомі ВЗ
Склад засобів розвідки та цілевказування (РЦВ)	РЛС КББ AN/TRQ-36(37) "Firefinder" (AN/TRQ-53); РЛС КББ AN/TRQ-50; (РЛС AN/MPQ-64)	2 РЛС та оптико-електронною системою (ОЕС) РЦВ	модуль з РЛС та ОЕ РЦВ	РЛС CONTROL Master 200 (60)	ОЕ засоби РЦВ ЗАК	РЛС EL/M-2084
Засоби оповіщення про атаку	акустичні (Ак.) та бездротові (БДр.)	Ак. + БДр.	Ак. + БДр.	дані відсутні (д/в)	д/в	д/в
Склад вогневих засобів (ВЗ)	> 2 ЗАК “Phalanx”	<8 баштових артустановок GDF 020	< 4 модульних артустановок	ЗАК + пускові установки (ПУ) до 6 ЗКР "Starstreak"	ЗАК	3 ПУ по 20 ЗКР “Tamir”
Засоби управління	рухомий пункт управління (РПУ)	модуль управління (МУ) - BFZ	МУ	система керування (СК) ЗАК	СК ЗАК	РПУ

Запобігати (Prevent) – включає комплекс заходів спрямованих на зниження потенційних можливостей застосування РАМ. Серед них можна виділити: скоювання маневрових можливостей противника та здійснення психологічного тиску на нього, розширення охоронного периметру та здійснення патрулювання і (або) вогневого контролю імовірних районів здійснення обстрілів, організація взаємодії з місцевим населенням, правоохоронними органами, заходи інформаційного моніторингу та інші. Виконання цих заходів ґрунтується на забезпечення ситуаційної обізнаності органів управління. Це потребує застосування систем збору, зберігання, обробки інформації, підтримки прийняття рішень інтегрованих з усіма джерелами інформації та загальною системою автоматизованого управління [4].

Дані заходи можуть частково співпадати із заходами протидії застосування тактичних БПЛА [14].

Виявляти (Detect) – включає комплекс заходів спрямованих на виявлення, класифікацію, супроводження РАМ-цілей і їх локалізацію в просторі і часі.

С-РАМ системи потребують визначення координат вогневих (стартових) позицій та точок влучення за результатом оцінки балістичних траєкторій на етапах виявлення та супроводження, та мають бути інтегровані до загальної системи управління. Загальним із завданнями виявлення і супроводження тактичних БПЛА є необхідність роботи в режимі реального часу, розвідки простору навколо об'єкту прикриття у всій верхній напівсфері за будь яких умов погоди та часу доби (режим $360^0 \times 90^0 + 7 \times 24$ год).

Про важливість розвитку даного напрямку свідчить такий факт, що на модернізацію для завдань С-РАМ лише одного типу РЛС - AN/TPQ-36 “Firefinder” протягом останніх 6 років в США було витрачено більше ніж 1,5 млрд доларів [11].

Результати аналізу можливостей комплексного застосування різномірних джерел інформації (сенсорів) для виявлення, класифікації та супроводження С-РАМ-цілей та тактичних БПЛА отримані в [15] зведено в табл. 4.

Таблиця 4

Можливості різномірних джерел інформації про РАМ-цілі та тактичні БПЛА

Тип засобу	Можливість застосування для РАМ/ БПЛА		Примітки
	Виявлення	Супроводження	
Активні РЛС ППО ближньої дії та малої дальності	+/+	+/+	можливості з супроводження можуть не відповідати вимогам засобів перехоплення;
Активні РЛС КББ	+/+	+/+	можливості з виявлення не відповідають вимогам через секторний пошук; можливості з супроводження не відповідають засобам перехоплення;
Засоби радіотехнічної розвідки джерел радіовипромінювання	-/+	-/+	лише радіоканали пунктів керування;
Засоби пасивної когерентної радіолокації	-/+	-/+	лише радіоканали передачі інформації вогневих (стартових) засобів та радіоканали управління радіокерованих (коректованих) боєприпасів;
Оптико-електронні та тепловізійні датчики	+/+	+/+	мають високі точності супроводження, що суттєво залежать від умов траси розповсюдження;
Акустичні датчики	+/-	-/-	лише для дозвуків боєприпасів / можливості не відповідають вимогам засобів перехоплення.

Як виходить з аналізу табл. 1 та табл. 4 найбільшimi можливостями з сумісного виявлення, класифікації та супроводження С-РАМ-цілей та тактичних БПЛА мають активні РЛС ППО ближньої дії та малої дальності та РЛС КББ.

Під час оцінки можливостей з виявлення, класифікації та супроводження РАМ-цілей на відміну від БПЛА слід враховувати наступні фактори:

– калібр визначає геометричні розміри і вагу РАМ-цілей, їх форма, як правило має осеву симетрію (оживальна, конічна, циліндрична, ці характеристики одночасно визначають зовнішню балістику боєприпасів та характеристики розсіювання зондувальних сигналів;

– РАМ-цілі мають зовнішні поверхні виконані з металевих сплавів та можуть утворювати значні

іонізовані утворення внаслідок витікання реактивних струменів;

– РАМ-цілі мають специфічну не тільки кінематику, але й динаміку руху (прецесійний та нутаційний рух снарядів, реактивний рух ракет);

– імовірна велика кількість боєприпасів в повітрі накладає специфічні вимоги на високу перепускную здатність засобів розвідки РАМ-цілей;

– реалізація мінімального часу реакції потребує виявлення РАМ-цілей на максимальних дальностях, що за умов вогню із закритих позицій передбачає виявлення на фоні інтенсивних пасивних завад;

– РАМ-цілям властиве інтенсивне випромінювання в тепловому, видимому, інфрачервоному та УФ діапазонах (внаслідок значного контрасту та нагрівання за рахунок взаємодії корпусу із повітря-

ним потоком, що набігає, наявності реактивного струменю);

– звуки, що утворюються під час пострілу та польоту RAM-цілей, як правило мають значну інтенсивність.

Дані про засоби розвідки та цілевказування вогневих засобів існуючих систем C-RAM зведено в табл. 5. З аналізу табл. 5 та табл. 3 можна зробити

висновок, що основними засобами виявлення в існуючих системах є активні багатофункціональні однопозиційні РЛС.

Системи управління вогневих засобів C-RAM здійснюють комплексування координатної інформації від активних радіолокаційних та активно-пасивних оптико-електронних засобів, що значно розширює їхню ефективність.

Таблиця 5

Характеристика засобів розвідки та цілевказування вогневих засобів систем C-RAM

Характеристика, [діапазон]	“Centurion C-RAM”	“MANTIS”	“Porcupine”	“RAPIDFire”	“Drako”
Тип РЛС виявлення,	когерентно-імпульсна супроводження на проході (СНП), стабілізована на платформі (СП), [Ku]	3 координатна когерентно-імпульсна, СНП з перебудовою робочих частот, [I]	3 координатна когерентно-імпульсна, СНП, [д/в]	відсутня	відсутня
Дальність виявлення РЛС, км	30	20	10	-	-
Тип РЛС супроводження	моноімпульсна, [Ku]	моноімп., [X]	не має	не має	моноімп., [Ka]
ОЕС з СП супроводження	тепловізор FLIR [8–12 мкм], телевізор (ТВ)	тепловізор [7,7–10,3 мкм], лідар [1,54–1,57 мкм], ТВ	тепловізор [3–8 мкм], ТВ	тепловізор, лідар, ТВ, [д/в]	тепловізор, лідар, ТВ, [д/в]
Дальність супроводження, км	18,5	20	10	18	>9

Оповіщуї (Warn) – включає комплекс заходів зі швидкого оцінювання точок влучення, а за можливістю й імовірних втрат, які можуть бути нанесені RAM-цільми, що виявлено і класифіковано. Передбачається також негайне оповіщення про обстріл особового складу, та потребує можливості роботи в режимі реального часу. Наприклад, “Centurion C-RAM” обладнано елементами звукового та світлового оповіщення особового складу про обстріл об’єднаних бездротовою локальною LAN-мережею, що інтегровано до загальної системи управління [3]. Цей напрямок має суттєві відмінності від оповіщення особового складу про факт виявлення тактичних БПЛА [14] через малий час імовірного впливу RAM-цілей з моменту виявлення.

Перехоплюї (Intercept) – дана група завдань пов’язана із перехопленням ракет (мін, снарядів) в польоті з мінімальним рівнем ненавмисної шкоди об’єкту прикриття та сусідам. Перехоплення має здійснюватися в режимі реального часу. Серед основних засобів перехоплення RAM-цілей та знищення БПЛА на даний час можна виділити: високоенергетичні лазери, зенітні керовані ракети та зенітну артилерія.

Високоенергетичні лазери (High Energy Laser – HEL) [16] – мають стрімкі темпи розвитку та високі потенційні можливості такі як: практична миттєва дія на ціль, можливість роботи у всій верхній напівсфері, низька вартість перехоплення, мінімальний

рівень ненавмисної шкоди. На даний час побудовані та успішно пройдені випробування дослідних зразків тактичних бойових лазерів наземного базування. Передові світі позиції в розробленні HEL-систем займає компанія-виробник Raytheon США. Динаміка розвитку HEL в США наступна: 2007 р. – демонстрація знищення мінометної міни середнього калібру в польоті; 2012 р. представлений дослідний зразок HEL-системи для C-RAM; 2014 р. – представлений 10 КВт лазер побудований на компонентах, що є у комерційному продажу; на 2018 р. запланована демонстрація дослідного зразку HEL-системи з потужністю випромінювання 50 КВт, а на 2024 р вихід на їх промислове виробництво [17]. Суттєві досягнення у розробці HEL демонструють країни ЄС: у 2012 р німецький концерн MBDA продемонструвала успішні випробування волоконних лазерної установки потужністю 10 КВт для знищення рухомих повітряних мішеней на дальності 2300 м і висоті в 1000 м протягом декількох секунд. Вже у 2106 р в ході виставки озброєння Eurosatory 2016 німецький концерн Rheinmetall представив наземну бойову лазерну установку ППО Oerlikon High-Energy Laser Gun яка є комбінацією 3-х 10 КВт волоконних лазерів в баштовій установці. Наразі детальні технічні характеристики HEL-систем у відкритому доступі відсутні [6; 11]. За оцінками спеціалістів в найближчі роки досяжними є створення лазерних систем знищення RAM та БПЛА на відстані до 10 км. Слід

відмітити, що ефективність впливу HEL-озброєння обмежена дальністю до цілі та станом траси розповсюдження та потребує високоточних засобів супроводження об'єктів перехоплення.

Керовані ракети – їх застосування, як правило, передбачає суттєвої доробки існуючих зенітних керованих ракет (ЗКР) або розробки нових. Існуючі зенітні ракетні комплекси (ЗРК) ближньої дії та малої дальності реалізують такі методи наведення ракет як: самонаведення, напівактивне самонаведення, теленаведення або їх комбінацію. Як правило ЗКР ближньої дії із самонаведенням обладнані інфрачервоними (ІЧ) і (або) фотоконтрастними (ФК) головками самонаведення (ГСН), характеристики яких, узгоджені із просторовими і спектральними властивостями випромінювання типових цілей (реактивних та турбогвинтових літаків, вертольотів) та здійснюють їх захоплення на супроводження до старту [18–19]. Лише новітні зенітні керовані ракети можуть використовуватися для знищення RAM-цілей та БПЛА в польоті. Наприклад ракети переносних ЗРК (ПЗРК): FIM-92E “Stinger” Block II; Kin-SAM Type 91; QW-4; 9K333 “Верба” мають багатодіапазонні ГСН, що охоплюють ІЧ, ФК та ультрафіолетовий діапазони (УФ) і (або) використовують фокальні оптичні решітки детекторів [20]. Для збільшення дальності стрільби ЗКР з самонаведенням використовується технологія вмикання ГСН після старту в точці встрілювання *LoaL* (Lock-on-after-Launch). Ця функція реалізована у таких ЗКР ближньої дії: LFK NG – дороблена авіаційна ракета на базі Stinger; IRIS-T SLS – дороблена авіаційна ракета IRIS-T та інші. Даний тип ЗКР потребує високої точності цілевказування від засобів виявлення цілей внаслідок малих кутів поля зору та обмежених кутів пеленгу ГСН. За результатами аналізу фахівців [6; 7] кращі можливості з ураження RAM-цілей та БПЛА мають ЗКР із комбінованим наведенням: “Tamir” (“Iron Dome”), напівактивним самонаведенням: “Starstreak II HVM”, RBS-70NG (“Bolide”); та теленаведенням: 57Э6 ЗРК “Панцирь”, 9М330 ЗРК “Тор”, 9М33МЗ ЗРК “Оса-АКМ” та інші. Основним недоліком застосування таких ракет є їх відносно висока вартість та обмежена кількість цілей, що можуть бути одночасно обстріляні. Наприклад, ізраїльська С-РАМ система “Iron Dome” [8] здатна перехоплювати такі RAM-цілі як: 155-мм артилерійські снаряди, 122-мм реактивні снаряди РСЗВ «Град» та інші на дальності до 70 км з імовірністю до 0,9. Однак, запуск однієї ракети “Tamir” коштує приблизно 100 тисяч доларів США [11]. Тому пошук технологій створення ЗКР зі зниженою вартістю є пріоритетним напрямком пошукових досліджень передових країн, наприклад в рамках програми LowEr AD (Low cost Extended Range Air Defense) Командування досліджень розвитку та інжинірингу СВ США (RDECOM) [21].

Зенітна артилерія – найбільш розповсюджений засіб перехоплення серед існуючих С-РАМ систем. За думками багатьох експертів цей напрямок є оптимальним за критерієм “ефективність-вартість” та забезпечує прийнятний рівень імовірності перехоплення RAM-цілей [22] та знищення БПЛА [6–7]. Зенітна артилерія має досить велику дальність та високу точність стрільби, а її боеприпаси володіють достатнім рівнем могутності для знищення RAM-цілей та БПЛА в повітрі. Застосування озброєння зенітних артилерійських комплексів (ЗАК) потребує високоточних засобів виявлення, класифікації та супроводження малорозмірних цілей, швидкодіючих систем управління вогнем для своєчасного обчислення і введення поправок до стрільби, боеприпасів із програмованим часом підриву та можливістю корекції польоту [11]. Малокаліберним системам (20-60 мм) властива висока скорострільність і мобільність, але невелика дальність і могутність боеприпасів. Системи середнього (60-100 мм) і великого калібру (понад 100 мм) мають порівняно низьку скорострільність, політ снарядів на максимальну дальність відбувається з нерівномірною швидкістю, що ускладнює стрільбу по маловисотним цілям. Однак, за рахунок великих розмірів, снаряди можуть містити елементи корекції польоту [23] та за рахунок великої могутності можуть застосовуватися також для ведення контрбатареїного вогню [11]. Існуючі та прийняті на озброєння С-РАМ артилерійські системи мають калібр до 100-мм, зокрема:

– малого калібру: 20-мм “Centurion C-RAM” (рис. 4, а), 20-мм “Porcupine” (рис. 4, б); 30-мм LD2000 виробництва China North Industries Corporation – КНР (рис. 4, в); 35-мм “MANTIS” (Modular, Automatic and Network Capable Targeting and Interception System) (рис. 4, г); 40-мм “RAPIDFire” (рис. 4, д);

– середнього калібру: 76-мм “Drako” (рис. 4, е).

Характеристики артилерійського озброєння С-РАМ систем зведено в табл. 6.

Розглянуті С-РАМ системи використовують багатоствольні автоматичних гармати зі стрічковим живленням: LD2000, “Centurion C-RAM” та “Porcupine”; одноствольні гармати з механізмом живлення барабанного типу: “MANTIS”, “Drako” та обертвовим механізмом заряджання в казенній частині “RAPIDFire”. В боеприпасах розглянутих систем використовується такі основні типи снарядів [10; 12–13; 26–25]:

з контактним підривом осколково-фугасні (ОФ) запалювальні: LD 2000, “Centurion C-RAM” та “Porcupine” –трасуючі;

з підвищеною бронебійністю: LD 2000, “RAPIDFire”, “Drako”;

з програмованим часом підриву ОФ: “MANTIS”, “RAPIDFire”;

з можливістю корекції польоту та дистанційним підривом: “Drako”;

зменшеної телескопічної конструкції (суцільний снаряд-заряд): “RAPIDFire” та інші.

Всі снаряди для стрільби по повітряним цілям, обладнуються пристроями самоліквідації для зменшення загрози об’єктам прикриття.

Захищай (Protect) – включає комплекс заходів, що здійснюються в межах об’єктів прикриття, спрямованих на зниження можливостей впливу обстрілу. Серед них можна виділити фортифікаційне обладнання, маскування та розосереджене розташування складових об’єкту на місцевості, організацію використання особовим складом індивідуальних та колективних засобів захисту та підготовки до дій в умовах обстрілів та інші. Цей напрямок потребує забезпечення мінімального рівня хибної тривоги системи виявлення, класифікації та супроводження RAM-цілей. Певні заходи цього напрямку можуть співпа-

дати із пасивними заходами протидії розвідувальним та ударним БПЛА [14]. *Атакуй (Attack)* – передбачає заходи зі знищення виявленого противника і може здійснюватися всіма доступними способами з урахуванням наявних обмежень. Відкриття вогню у відповідь потребують високоточного визначення координат вогневих (стартових) позицій та швидкої видачі даних про них на вогневі засоби. Ведення контрбатареиною вогню може бути суттєво обмежено нормами міжнародного гуманітарного права в частині можливості завдання шкоди цивільному населенню. Інтеграція засобів вогневого ураження противника в загальну систему управління забезпечує мінімальний час від виявлення до знищення противника та можливість використання засобів виявлення RAM-цілей. Як правило, реалізація даного напрямку покладається на артилерію чи авіацію сухопутних військ і може мати спільні риси зі знищенням пунктів управління БПЛА [4; 15].

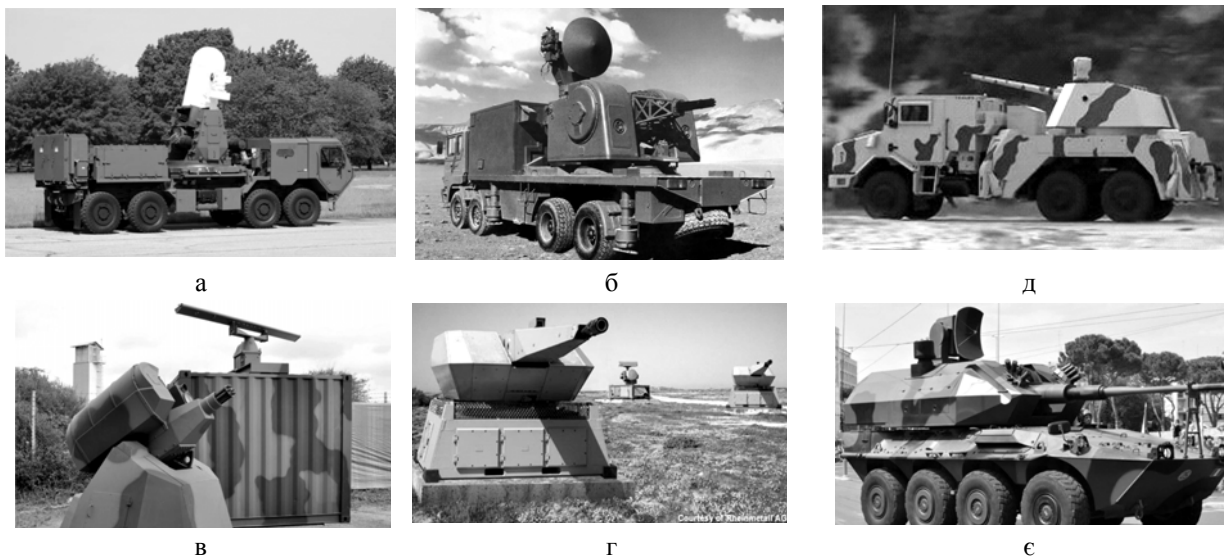


Рис. 4. Зовнішній вигляд вогневих засобів C-RAM систем

Таблиця 6

Характеристики артилерійського озброєння вогневих засобів C-RAM систем

Характеристика	“Centurion C-RAM”	“MANTIS”	“Porcupine”	“RAPIDFire”	“Drako”
Дальність ураження RAM max, км	3,6	3	3,6	4	9
Початкова швидкість снаряду, м/с	1100	1050	1100	1640	1200
Маса снаряду, кг	0,102	0,75	0,102	1,8	12,5
Темп стрільби, постр./хв	4500	1000	6000	200	80
Кількість снарядів	1550	896	1000	220	36

Управляй та контролюй (Command and Control – C2) – передбачає забезпечення автоматизованого управління силами і засобами, які вирішують основні завдання C-RAM, забезпечення взаємодії складових та їх раціональне використання в режимі реального часу та інтеграцію з іншими системами управління. Наприклад “Centurion C-RAM” обладна-

но автоматизованого системою управління (АСУ) зброєю Northrop Grumman Mission System яку інтегровано до: АСУ батальйону ППО FAAD C2 (Forward Area Air Defense); АСУ військами ППО та протиракетної оборони AMDPCS (Air and Missile Defense Planning and Control System) та перспективної АСУ RRRP (Range Radar Replacement Program), що реалі-

зує мережеву технологію C 4 (Command & Control, Communications, Cyber/Computers) [3].

Можливі напрямки розвитку засобів боротьби із RAM-цілями та тактичним БПЛА

Проведений порівняльний аналіз свідчить про доцільність створення озброєння, що забезпечує одночасне перехоплення RAM-цілей та знищення тактичних БПЛА засобами на основі зенітної артилерії.

Системи розвідки мають поєднувати мульти-спектральні системи виявлення, класифікації, оцінювання параметрів траєкторії та видачі точного цілевказування, основу яких можуть складати цілодобові та всепогодні активні багатофункціональні РЛС на базі активних фазованих антенних решіток [29].

Системи управління зброєю повинні враховувати різномірну природу сенсорів, забезпечувати обмін інформацією за мережевим і ієрархічним принципом, забезпечувати підтримку в прийнятті рішень та передбачати можливість адаптації до змін в обстановці в режимі реального часу.

Для задоволення такому широкому колу потреб та забезпечення функціонування за умов складної заводої обстановки, жорстких вимогах до перепускної здатності та малих значеннях ефективної поверхні розсіювання цілей основою для засобів розвідки перспективних зразків озброєння можуть стати когнітивні РЛС [26–27]. Це новітній напрямок спрямований на покращення можливостей радарів шляхом інтелектуальної адаптації всіх режимів роботи та експлуатаційних параметрів у відповідності до властивостей зовнішнього середовища та отриманих під час функціонування нових знань [28]. За визначенням провідного фахівця в цій галузі – J. Guerci такі РЛС здатні “відчувати, навчатися та адаптуватися до складних сценаріїв із показниками якості, що наближаються або перевищують межі досяжні для експертних систем, особливо для завдань реального часу, які потребують автоматичної роботи” [26].

В цілому напрямок когнітивних РЛС об’єднує певні технології основні серед яких [28]:

– технологія узгодженого підсвічування цілей (Matched Illumination) – передбачає максимізацію показників якості роботи РЛС за рахунок адаптації ансамблів та параметрів зондувальних просторово-часових сигналів і алгоритмів обробки до характеристик цілі та радіолокаційного каналу;

– технології узгодження режимів роботи РЛС (Radar Resource-Management and Optimization Technologies) – передбачають максимізацію показників якості роботи РЛС за рахунок оптимального розподілу енергетичних ресурсів та пошукових зусиль в середині функціональних режимів та між ними;

– технології розпізнавання образів (Pattern Recognition) та глибокого навчання (Deep Learning), що забезпечують обробку великих масивів даних в режимі реального часу, утворення ланцюгів зворотного зв’язку на різних ієрархічних рівнях функціональних підсистем, використання та створення баз даних та баз знань та обрання на їх основі оптимальних стратегій керування, та інші.

Аналіз характеристик когнітивних РЛС та ефекту від їх застосування потребує створення адекватних математичних моделей, що описують складові частини та характер їх взаємодії при роботі по цілям розглянутих типів.

Висновки

1. В роботі розглянуто сутність та доведено актуальність впровадження та розвитку концепції протидії ракетним, артилерійським та мінним обстрілам C-RAM в сучасних умовах. Проведено стислий аналіз RAM-цілей як об’єктів перехоплення. Використовуючи аналіз типового тактичного епізоду, показано, що RAM-цілі за певними характеристиками подібні до цілей зенітного озброєння ближньої дії та малої дальності. Визначені основні тенденції розвитку озброєння C-RAM. Зокрема показано, що такі системи об’єднують засоби розвідки та цілевказування, оповіщення про атаку, вогневі засоби та системи управління зброєю, що мають працювати в режимі реального часу.

2. Проведено порівняльний аналіз концепції C-RAM із заходами протидії тактичним безпілотним літальним апаратам C-LSS. Доведено доцільність створення озброєння, що забезпечує одночасне перехоплення RAM-цілей та знищення тактичних БПЛА. Показано, що завдання перехоплення, на даному етапі розвитку технологій, доцільно здійснювати на основі зенітної артилерії. Визначені основні особливості засобів виявлення, класифікації та супроводження RAM-цілей та тактичних БПЛА, що мають забезпечити функціонування за умов складної заводої обстановки, при жорстких вимогах до перепускної здатності та малих значеннях ефективної поверхні розсіювання цілей. Визначено, що основу систем розвідки можуть складати цілодобові та всепогодні активні багатофункціональні РЛС на базі активних фазованих антенних решіток

3. Запропоновано використання когнітивних РЛС, як перспективного засобу виявлення, класифікації, оцінювання параметрів траєкторії та видачі точного цілевказування вогневим засобом. Такі РЛС повинні забезпечити підвищення радіолокаційної помітності боєприпасів та тактичних БПЛА, забезпечити збільшення їх функціонування в режимі реального часу та підвищити заводо захищеність. Покращення може бути забезпечено за рахунок застосування сукупності новітніх технологій: узгоджено-

го підсвічування цілей, узгодження режимів роботи РЛС, розпізнавання образів та глибокого навчання. Тому актуальним є необхідність створення адекватних математичних моделей, що дозволять провести

кількісний аналіз ефекту застосування даних технологій для виявлення, класифікації та видачі цілевказування вогневим засобам по РАМ-цілям та тактичним БПЛА.

Список літератури

1. Закон України "Про особливості державної політики щодо забезпечення державного суверенітету України на тимчасово окупованих територіях в Донецькій і Луганській областях" від 18.01.18 р.
2. Mace S. C-RAM: ADATakes on New C-RAM Intercept Mission / S. Mace. – ADA magazine. – 2005. – July-September.
3. The Army's Weapon Systems Handbook 2016. ASA(ALT) Pentagon. – Washington, 2016. – 396 p.
4. Defense Against Mortar Attacks (DAMA): Study Report / NATO Industrial Advisory Group. – NATO, 2007. – 196 p.
5. Munday R. Engagement of Low, Slow and Small Aerial Targets by GBAD: Study Report / NATO Industrial Advisory Group (Study Group 170). – NATO, 2013. – 333 p.
6. Munday R. GBAD Sensor Mix Optimization Study for Emerging Threats: Study Report / NATO Industrial Advisory Group (Study Group 188). – NATO, 2015. – 237 p.
7. Hutchings P. Future Short Range Ground-based Air Defense: System Drivers, Characteristics and Architectures / P. Hutchings, N. Street // Proc. of RTO CSI Symposium. – Valencia (Spain). – 2000. – p. 6-1-6-19.
8. Iron Dome. Defense System Against Short Range Artillery Rockets. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.rafael.co.il>.
9. Porcupine C-RAM. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.leonardocompany.com/en/-/porcupine-c-ram>.
10. LUDUN 2000. [Електронний ресурс] – Режим доступу : https://www.armyrecognition.com/china_artillery_vehicles_and_weapon_systems_uk/ld2000_ludun-2000.
11. Корчагин С. ЗАК MANTIS ВВС ФРГ / С. Корчагин, С. Терентьев // ЗВО. – 2013. – № 9. – С. 59-65.
12. RAPIDFire. [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://www.thalesgroup.com/sites/default/files/asset/document/rapidfire_05_13pr.pdf.
13. Draco C-RAM. [Електронний ресурс] – Режим доступу : http://www.leonardocompany.com/en/-/draco_05_13.
14. Шевченко А.Ф. Аналіз ЛТХ і тактики застосування БПЛА і визначення шляхів щодо протидії ним / А.Ф. Шевченко // Збірник матеріалів проведення науково-практичного семінару кафедри розвідки командно-штабного інституту застосування військ (сил). – К.: НУОУ ім. Івана Черняховського, 2015. – С. 14.
15. Humeur R. Radar detection of artillery rockets: Report / Forsvarshogskolan / R. Humeur. – Sweden, 2017. – 38 p.
16. Pudo D. High Energy Laser Weapon Systems: Evolution, Analysis and Perspectives / D. Pudo, J. Galuga // Canadian Military Journal. – 2017. – Vol. 17, № 3. – P. 53-60.
17. Nelson W. Report of Acting Director, Programs and Technologies of US Army Space and Missile Defense Command Army Forces Strategic Command / W. Nelson // 18 AUSA Missile Symposium / 2017.
18. Валецкий О., Пономаренко О. ПЗРК / Центр стратегической конъюнктуры / М.: Вид. Воробьев А.В., 2016. – 64 с.
19. Кудряшов В.С. Эффективность управления огнем та стрільби переносного ЗРК в обумовлених умовах його застосування / О.В. Коломійцев, В.С. Кудряшов та ін. // Системи озброєння і військова техніка: Науковий журнал. – Х.: ХУ ПС, 2009. – Вип. 2 (18). – С. 14-16.
20. Kögler C. Technical aspects and components of MANPADS: MANPADS a terrorist threat to Civilian aviation: Brief 47 / Bonn International Center of Conversion. – Bonn, 2013. – 160 p.
21. Harris J. AMRDEC. Technology Driven. Warfighter focused // 18 AUSA Missile Symposium, 2017. – P. 4-5.
22. Graswald M. Analysis of weapon systems protecting military camps against mortar fire / M. Graswald, I. Shaydurov, H. Rothe, Helmut-Schmidt-University // WIT Transactions on Modelling and Simulation, 2007, Vol 45, WIT Press, Hamburg, Germany. – P. 213-223.
23. Алексеев П. Состояние и перспективы развития ЗАК за рубежом / П. Алексеев, А. Лесков // Зарубежное военное обозрение. – 2014. – № 6. – С. 53-58.
24. PEO Ammunition Systems Portfolio Book 2012-2013. Report. – N.J. Picatinny Arsenal, 2011. – 251 p.
25. Notch R. Skyshield Tactical Interceptor System / R. Notch, M.H. Lewis. // Proc. of 2nd AIAA Tactical Interceptor Technology Symposium. – 2005, Huntsville, Alabama. – P. 1-20.
26. Guerci J. Cognitive Radar: The Knowledge-Aided Fully Adaptive Approach / J. Guerci. – B-L: Artech House Inc., 2010. – 183 p.
27. Guerci J. CoFAR: Cognitive fully adaptive radar / J. Guerci, R. Guerci, M. Ranagaswamy, J. Bergin, M. Wicks // Proc. of 2014 IEEE Radar Conference. – 2014, Huntsville, Alabama. – P. 0984-0989.
28. Ender J. Radar - Enabling Techniques for Next Generation Radar Systems / J. Ender, S. Bruggenwirth // Proc. of 16th International Radar Symposium (IRS). – 2015. – P. 3-12.
29. Седишев Ю.М. Інформаційні технології створення просторово-часових модемів багатопозиційних активно-пасивних систем радіолокацій / Ю.М. Седишев, В.О. Тютюнник // Прикладна радіоелектроніка: наук.-техн. журнал. – 2015. – Том 14. – № 1. – С. 105-110.
30. Improvement of control method over the environment of cognitive radio system using a neural network, Improvement of control method over the environment of cognitive radio system using a neural network / V. Voinov, G. Kachurovskiy, V. Tretijk, V. Malyuga, V. Lysechko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – № 9(88). – P. 22-28.

References

1. *The Low of Ukraine* (2018), "Pro osoblivosti dergavnoji polityki shchodo zabespechenya derzhavnogo suverenitetu Ukrainy na tymchasovo-okupovanyh terytoriyah v Donetsky i Lugansky oblasti" [On the peculiarities of the state policy on ensuring the state sovereignty of Ukraine in temporarily occupied territories in the Donetsk and Luhansk oblasts], 18.01.18.

2. Mace, S. (2005), *C-RAM: ADA Takes On New C-RAM Intercept Mission*, ADA magazine, July-September.
3. Pentagon, (2016), *The Army's Weapon Systems Handbook 2016*, ASA(ALT), Washington, 396 p.
4. NATO, (2007), *Defense Against Mortar Attacks (DAMA): Study Report*, NATO Industrial Advisory Group, 196 p.
5. Munday, R. (2013), *Engagement of Low, Slow and Small Aerial Targets by GBAD: Study Report*, NATO Industrial Advisory Group (Study Group 170), 333 p.
6. Munday, R. (2015), *GBAD Sensor Mix Optimisation Study for Emerging Threats: Study Report*, NATO Industrial Advisory Group (Study Group 188), 237 p.
7. Hutchings, P. and Street, N. (2000), *Future Short Range Ground-based Air Defence: System Drivers, Characteristics and Architectures*, *Proc. of RTO CSI Symposium*, Valencia (Spain), pp. 6-1-6-19.
8. Iron Dome (2018), *Defense System Against Short Range Artillery Rockets*, www.rafael.co.il, (accessed 01 February 2018).
9. *Porcupine C-RAM* (2018), www.leonardocompany.com/en/-/porcupine-c-ram, (accessed 01 February 2018).
10. *LUDUN 2000* (2018), www.armyrecognition.com/china_artillery_vehicles_and_weapon_systems_uk/ld2000_ludun-2000, (accessed 01 February 2018).
11. Corchagin, S. (2013), "ZAK MANTIS VVS FRG" [*The air defense artillery system of Air Force of Germany*], ZVO, № 9, pp. 59-65.
12. *RAPIDFire* (2018), www.thalesgroup.com/sites/default/files/asset/document/rapidfire_05_13pr.pdf, (accessed 01 February 2018).
13. *Draco C-RAM* (2018), www.leonardocompany.com/en/-/draco_05_13, (accessed 01 February 2018).
14. Shevchenko, A. (2015), "Analiz l'otno-tekhnichnykh kharakterystyk i taktyky zastosuvannya BPLA i vyznachennya shlyakhiv shchodo protydyi nym" [Analysis of flight technical characteristics and tactics of the use of UAVs and identification of ways to counteract them], *Zbirnyk materialiv provedennya naukovo-praktychnoho seminaru kafedry rozvidky komandno-shtabnoho instytutu zastosuvannya viys'k (syl)*, NUOU, P. 14.
15. Humeur R., (2017), *Radar detection of artillery rockets: Report*, Vorskvarshogskolan, Sweden, 38 p.
16. Pudo, D. and Galuga, J. (2017), *High Energy Laser Weapon Systems: Evolution, Analysis and Perspectives*, *Canadian Military Journal*, Vol. 17, No. 3, pp. 53-60.
17. Nelson, W. (2017), *Report of Acting Director, Programs and Technologies of US Army Space and Missile Defense Command Army Forces Strategic Command*, *18 AUSA Missile Symposium*, pp. 17-26.
18. Valetskiy, O. and Ponomarenko, O. (2016), "PZRK" [*MANPADS*], *Tsentr strategicheskoy kon'yunktury*, Moscow, 64 p.
19. Kudryashev, V.E. and Kolomijtzev, O.V. (2009), "Esektivnost upravlinnya vognem ta strelby perenosnogo ZRK v obumovlenih umovah jogo zastosuvaniya" [The effectiveness of fire control and firing of MANPADS in the conditions of its application], *Systems of arms and military equipment*, No. 2, pp. 14-16.
20. Kögler, C. (2013), *Technical aspects and components of MANPADS: MANPADS a terrorist threat to Civilian aviation: Brief 47*, Bonn International Center of Conversion, Bonn, 160 p.
21. Harris, J. (2017), *AMRDEC. Technology Driven. Warfighter focused*, *18 AUSA Missile Symposium*, pp. 4-5.
22. Graswald, M., Shaydurov, I. and Rothe, H. (2007), *Analysis of weapon systems protecting military camps against mortar fire*, Helmut-Schmidt-University, *WIT Transactions on Modelling and Simulation*, Vol 45, WIT Press, Hamburg, Germany, pp. 213-223.
23. Alekseev, P. and Leskov, A. (2014), "Sostoyaniye i perspektivy razvitiya ZAK za rubezhom" [The state and prospects of development of the AADS abroad], *Zarubezhnoye voyennoye obozreniye*, No. 6, pp. 53-58.
24. Picatinny Arsenal (2011), *PEO Ammo Systems Portfolio Book 2012-2013*. Report, N.J., Picatinny Arsenal, 251 p.
25. Notch, R. and Lewis, M.H. (2005), *Skyshield Tactical Interceptor System*, *Proc. of 2nd AIAA Tactical Interceptor Technology Symposium*, Huntsville, Alabama, pp. 1-20.
26. Guerci, J. (2010), *Cognitive Radar: The Knowledge-Aided Fully Adaptive Approach*, Boston-London, Artech House Inc., 183 p.
27. Guerci, J., Guerci, R., Ranagaswamy, M., Bergin, J. and Wicks, M. (2014), *CoFAR: Cognitive fully adaptive radar*, *Proc. of 2014 IEEE Radar Conference*, Huntsville, Alabama, pp. 0984 – 0989.
28. Ender, J. and Bruggenwirth, S. (2015), *Cognitive Radar – Enabling Techniques for Next Generation Radar Systems*, *Proc. of 16th International Radar Symposium (IRS)*, pp. 3-12.
29. Syedyshv, Yu.N. and Tyutyunnik, V.A. (2015), "Informatsiyni tehnolohiyi stvorenniya prostoroovo-chasovykh modemiv bahatopozitsiynnykh aktyvno-pasyvnykh system radiolokatsi" [Information technologies of creating modems of multiposition active and passive radar systems], *Applied Radio Electronics: Sci. Journ*, Vol. 14, No. 1, pp. 105-110.
30. Voinov, V., Kachurovskiy, G., Tretijk, V., Malyuga, V. and Lysechko, V., (2017), *Improvement of control method over the environment of cognitive radio system using a neural network*, *Improvement of control method over the environment of cognitive radio system using a neural network*, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 4, No. 9 (88), pp. 22-28.

Надійшла до редколегії 25.09.2017

Схвалена до друку 2.11.2017

Відомості про авторів:

Кісільов Сергій Станіславович
начальник військ протиповітряної оборони
Командування Сухопутних військ
Збройних Сил України,
в/ч А 0105,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-9858-4689>
e-mail: patriot.ppo@gmail.com

Information about the authors:

Sergiy Kisilyov
Chief of Department of air defense of Ground Forces
of Command of the Ground Forces
of the Army of Ukraine,
Military Part A 0105,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-9858-4689>
e-mail: patriot.shaldy@gmail.com

Піскунов Станіслав Миколайович

кандидат технічних наук доцент
начальник кафедри
Харківського національного університету
Повітряних Сил імені Івана Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-4685-527X>
e-mail: staspiskunoff@ukr.net

Stanislav Piskunov

Candidate of Technical Sciences
Associate Professor
Chief of Department of Ivan Kozhedub
Kharkiv National Air Forces University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-4685-527X>
e-mail: staspiskunoff@ukr.net

Філіппенков Олексій Володимирович

заступник начальника факультету
Харківського національного університету
Повітряних Сил імені Івана Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-4027-6963>
e-mail: alekvlad48@gmail.com

Olexiy Filippenkov

Deputy Chief of Department of
Ivan Kozhedub Kharkiv National
Air Forces University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-4027-6963>
e-mail: alekvlad48@gmail.com

Шевченко Антон Федорович

кандидат технічних наук доцент
доцент кафедри
Харківського національного університету
Повітряних Сил імені Івана Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-8171-8396>
e-mail: antenna_81@ukr.net

Anton Shevchenko

Candidate of Technical Sciences Associate Professor
Associate Professor of Department of
Ivan Kozhedub Kharkiv National
Air Forces University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8171-8396>
e-mail: antenna_81@ukr.net

ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ РАКЕТНЫМ АРТИЛЛЕРИЙСКИМ И МИНОМЕТНЫМ ОБСТРЕЛАМ – ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ПВО СУХОПУТНЫХ ВОЙСК

С.С. Кисилев, С.М. Пискунов, О.В. Филиппенков, А.Ф. Шевченко

Актуальной угрозой для подразделений и частей Сухопутных войск имеются единичные обстрелы (минометные, артиллерийские, ракетные) районов расположения войск и объектов. Рассмотрена система мер по противодействию таким обстрелам в виде концепции C-RAM (Counter - Rockets, Artillery and Mortar) которая применяется в передовых странах НАТО. Из-за высокой вероятности нахождения беспилотных летательных аппаратов в воздухе при подготовке и осуществлении вражеских обстрелов, C-RAM все чаще рассматриваются как системы, которые могут привлекаться к противодействию тактическим беспилотным летательным аппаратам. Поэтому в работе проведен сравнительный анализ концепции C-RAM с системой мер по противодействию тактическим беспилотным летательным аппаратам. Приведенные характеристики существующих образцов вооружения C-RAM, и определены основные тенденции развития основных составляющих такого вооружения. Определены основные особенности средств обнаружения, классификации и сопровождения RAM-целей и тактических БПЛА, которые должны обеспечить функционирование в условиях сложной помеховой обстановки, при жестких требованиях к пропускной способности и малых значениях эффективной поверхности рассеяния целей. Предложено использование когнитивных РЛС, как перспективного средства обнаружения, классификации, оценки параметров траектории и выдачи точного целеуказания огневым средствам.

Ключевые слова: противодействие ракетным артиллерийским и минометным обстрелам, противодействие тактическим беспилотным летательным аппаратам

THE COUNTER-ROCKETS, ARTILLERY AND MORTAR CONCEPT AS PERSPECTIVE FIELD OF DEVELOPMENT OF AIR DEFENSE OF GROUND FORCES

S. Kisilyov, S. Piskunov, A. Filippenkov, A. Shevchenko

An actual threat to the units and subunits of the Ground Forces are single (mortar, artillery, missile) firings of areas of location of troops and bases. A system of measures to counteract such attacks in the form of the concept of C-RAM (Counter-Rockets, Artillery and Mortar), which is used in the advanced countries of NATO, is considered. Because of the high probability of finding unmanned aerial vehicles in the air while preparing and carrying out enemy projectiles, C-RAM is increasingly being considered as a system that can be used to counteract tactical unmanned aerial vehicles. Therefore, the work compares the concept of C-RAM with a system of measures to counter low, slow and small unmanned aerial vehicles (UAV). The characteristics of the existing C-RAM armament systems are given, and the main trends of the development of the main parts of such weapons are identified. The main features of the detection, classification and tracking of RAM targets and tactical UAVs are determined, which should provide operation in a complex interference situation, with stringent requirements for throughput efficiency and small values of the target radar cross section. The use of cognitive radar as a promising means of detection, classification, estimation of trajectory parameters, and issuing an accurate target pointing for fire weapons is proposed. It is necessary to create adequate mathematical models for cognitive radar analysis.

Keywords: counter-rockets, artillery and mortar, counter low, slow and small unmanned aerial vehicles.