

БЕЗПЕКА ЗАСТОСУВАННЯ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИВУЧОСТІ СИЛ ТА ЗАСОБІВ РОДІВ ВІЙСЬК ТА СПЕЦІАЛЬНИХ ВІЙСЬК ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

[DOI 10.33099/2786-7714-2024-1-6-117-123](https://doi.org/10.33099/2786-7714-2024-1-6-117-123)

[УДК 621.326](#)

Дяченко Віталій Олександрович

<https://orcid.org/0000-0002-0334-0751>

Коротін Сергій Михайлович (кандидат технічних наук, доцент)

<https://orcid.org/0000-0003-2123-6103>

Національний університет оборони України, Київ, Україна

МЕТОДИ ПРОТИДІЇ СУЧАСНИМ РАДІОЛОКАЦІЙНИМ ГОЛОВКАМ САМОНАВЕДЕННЯ КЕРОВАНИХ АВІАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ КЛАСУ “ПОВІТРЯ-ПОВІТРЯ” ПРОТИВНИКА

Застосування сучасних керованих авіаційних засобів ураження (КАЗУ) авіацією повітряно-космічних сил російської федерації створює низку проблем ефективного застосуванню авіації Повітряних Сил Збройних Сил (ЗС) України під час відбиття агресії російських загарбників. В даній статті проведено аналіз методів радіоелектронної протидії радіолокаційним головкам самонаведення (РГС) з моноімпульсними системами пеленгації КАЗУ противника класу “повітря-повітря”. Здійснено порівняння відомих методів протидії радіолокаційним головкам самонаведення з моноімпульсною системою пеленгації цілей. Встановлено, що РГС КАЗУ противника мають високу завадозахищеність, що ускладнює авіації ПС ЗС України ефективно їх знищувати. Визначено, що найбільшу ефективність сьогодні мають методи постановки радіозавод, що просторово рознесені, а також використання буксираних хибних цілей.

Ключові слова: буксирувана хибна ціль, мерехтлива радіозавада, радіоелектронна протидія, керований авіаційний засіб ураження.

Вступ

Досвід війн та збройних конфліктів другої половини ХХ – початку ХХІ століття показує, що здатність авіації, як засобу повітряного нападу (ЗПН) завойовувати та утримувати панування у повітрі, має істотне значення, особливо на початковому етапі сучасних конфліктів. Однак, ефективність бойових завдань, які виконуються авіацією, пов’язана з надактивною протидією з боку систем протиповітряної оборони (ППО), які постійно розвиваються та вдосконалюються. Серед загроз повітряним суднам (ПС), які долають систему ППО противника, можуть бути зенітні ракетні (гарматні) комплекси, переносні зенітні ракетні комплекси, зенітні установки, протитанкові керовані ракети та керовані авіаційні засоби ураження класу “повітря-повітря” [1].

Досвід збройної боротьби під час відбиття агресії збройних сил російської федерації від початку 2022 року і дотепер, дозволив виявити слабкі місця при застосуванні авіації Повітряних Сил Збройних Сил України (ПС ЗСУ), до яких можна віднести: тривале перебування в експлуатації зразків авіаційних засобів ураження,

які фізично та морально застарілі; кількість, номенклатура та тактико-технічні характеристики (ТТХ) авіаційного озброєння авіації ПС ЗСУ поступається перед авіацією повітряно-космічних сил російської федерації (пкс рф).

Натомість авіація пкс рф має значну перевагу перед авіацією ПС ЗСУ в авіаційному озброєнні, як у кількісному та якісному відношенні, так і за номенклатурою озброєння. Однією з таких переваг на даний час є наявність у противника сучасних керованих авіаційних засобів ураження (КАЗУ), до яких відносять ракети класу “повітря-повітря” середньої та великої дальності типу Р-27, Р-77, Р-37, КС-172 тощо.

Дані типи КАЗУ оснащуються активними радіолокаційними головками самонаведення (АРГС), що впливає на ефективність роботи літака-винищувача зі знищення повітряних цілей та дозволяє авіації противника діяти більш ефективно і з безпечніших відстаней [2]. В той же час авіація ПС ЗСУ має КАЗУ класу “повітря-повітря” з напівактивною радіолокаційною головкою самонаведення (РГС).

Останнім часом проблематиці підвищення

ступеню захисту ПС від загроз, які несуть авіація та ППО противника, приділяється багато уваги у світі [3, 4, 5, 6]. Дослідження зазначених видань стосується протидії КАЗУ з моноімпульсним методом пеленгації радіолокаційних цілей.

У [3] проводиться оцінювання ефективності виконання завдань ПС, що оснащенні буксированими хибними цілями проти зенітних керованих ракет, оснащених моноімпульсними пеленгаторами. Запропонована модель оцінювання допомагає розрахувати ТТХ хибної цілі в реальному часі.

У [4] проводиться оцінювання ефективності застосування некогерентних мерехтливих радіозавод проти моноімпульсних радіолокаційних станцій на основі трьох траєкторій польоту ПС. Результати дослідження показують, що мерехтлива радіоелектронна протидія угруповання з трьох ПС дозволяє збільшити ефективність постановки радіозавод та сприяє вдалому виконанню бойового завдання, що робить постановники радіозавод більш ефективними.

У [5] показано, як мерехтливі радіозаводи впливають на кутове розрізнення моноімпульсної РГС. Результати моделювання дозволяють зробити висновок, що кут розрізнення збільшується зі збільшенням потужності радіозавод.

У [6] досліджується вплив різних відстаней між ПС на моноімпульсну радіолокаційну станцію. Відповідно до результатів дослідження, доведено, що збільшення відстані між групою ПС, у кількості двох ПС, збільшується випадковість кутових похибок вимірювання.

У кожному з проаналізованих джерел підкреслюється важливість застосування радіозавод шляхом їх постановки з рознесених у просторі постановників радіозавод.

Зважаючи на темпи розвитку засобів радіоелектронної боротьби за останні п'ять років, існує нагальна потреба у систематизації методів постановки радіозавод РГС КАЗУ з моноімпульсними системами пеленгації радіолокаційних цілей, та визначення найбільш дієвих шляхів протидії даним РГС.

Отже, для вирішення питання захисту повітряного судна від КАЗУ класу “повітря-повітря” з РГС, необхідно провести аналіз сучасних методів протидії КАЗУ з моноімпульсними системами пеленгації радіолокаційних цілей.

Метою статті є проведення аналізу методів протидії РГС КАЗУ класу “повітря-повітря” противника. На підставі проведеного аналізу визначити ефективні методи протидії даним КАЗУ.

Матеріали та методи

У даному дослідженні застосовуються наукові методи теоретичних досліджень, а саме системного аналізу та узагальнення.

Результати

Перевага майбутнього повітряного бою залежить, у першу чергу, від дальності виявлення та застосування КАЗУ та інших факторів. Аналіз існуючого парку КАЗУ класу “повітря-повітря”

середньої та великої дальності пкс рф показує, що в даних засобах ураження застосовуються в російсько-українській війні напівактивні та активні РГС [7].

Авіація пкс рф активно застосовує КАЗУ класу “повітря-повітря” середньої та великої дальності, а саме:

середньої дальності: Р-27ЕА; Р-77-1 [8, 9];

великої дальності: Р-33; КС-172; Р-37 [10, 11, 12].

Дані типи КАЗУ оснащуються сучасними АРГС: АРГС 9Б-1103М; АРГСН 9Б-1103М-200ПС (200ПА); АРГС 9Б-1103М; АРГС 9Б-1103М-350 [13, 14, 15, 16].

У порівнянні з номенклатурою авіаційного озброєння авіації пкс рф, на озброєнні авіації ПС ЗС України знаходяться лише КАЗУ класу “повітря-повітря” типу Р-27 з напівактивною РГС 9Б-1101К та Р-73 малої дальності з інфрачервоною ГСН, що в свою чергу значно зменшує можливості авіації ПС ЗС України по ураженню ПС противника.

Моноімпульсна доплерівська АРГС 9Б 1103М забезпечує ураження повітряних цілей типу літак, вертоліт, крилаті та протирадіолокаційні ракети.

Радіолокаційна головка самонаведення працює у двох режимах: повністю автономний за попередньою цілевказівкою з носія, але без радіолокаційної підтримки у польоті; інерціального наведення з радіокорекцією та подальшим переходом на активне самонаведення.

АРГС вимірює кутові координати радіолокаційної цілі та кутові швидкості обертання лінії візування, а також швидкість зближення з радіолокаційною ціллю та забезпечує виконання наступних функцій:

прийм, захоплення та супровід радіолокаційної цілі;

приймання та декодування сигналів радіокорекції;

формування сигналів керування КАЗУ та передавання їх у систему керування за допомогою цифрової лінії зв'язку.

РГС складається з наступних компонентів: керований координатор з антеною, передавальний канал, приймальний канал, перепрограмована бортова обчислювальна система. Дальність захоплення радіолокаційної цілі з ефективною поверхнею розсіювання (ЕПР) 5 м² становить не менше 20 км. Дальність дії каналу радіокорекції – до 50 км. [13].

РГС 9Б 1103М 150 (“Колібрі”) забезпечує захоплення радіолокаційної цілі з ЕПР 5 м², що рухається зі швидкостями 0,1-5 М, на мінімальній висоті – 30 м на дальності не менше 13 км. Частотний діапазон роботи РГС Ku (10.7-12.75 ГГц, 1.67-2.5 см). АРГС практично повністю цифрова. Перехід на цифрове оброблення здійснюється на першій проміжній частоті. Це дозволяє забезпечити швидке та ефективне оброблення сигналів, що в результаті підвищує ефективність та точність роботи АРГС [14].

РГС 9Б 1103М 200ПА призначена для інформаційного забезпечення розв'язання задачі

ураження літаків, гелікоптерів, крилатих та протирадіолокаційних ракет. В даній РГС використовується комбінована антена, яка працює у двох режимах: в активному режимі вона використовує хвильоводно-щілинну антену у Ku діапазоні, а в напівактивному – решітку з 12-16 диполів, розташованих в передній частині антени, та призначена для забезпечення функціонування РГС у напівактивному режимі на нижчих частотах. РГС забезпечує дальність захоплення радіолокаційної цілі з ЕПР 3 м²: в інерційно-напівактивному режимі – 80-100 км, в активному режимі – 20 км. Частотний діапазон роботи в

активному режимі – Ku [15].

Активно-пасивна РГС 9Б 1103М 200ПС забезпечує ураження літаків, гелікоптерів, крилатих та протирадіолокаційних ракет. Пасивний режим дає змогу наводити КАЗУ на джерело радіозавод та радіовипромінювальну бортову радіолокаційну станцію радіолокаційної цілі. Дальність захоплення радіолокаційної цілі з ЕПР 3 м² в інерційно-пасивному режимі – 200 км, в активному режимі – 15 км. Частотний діапазон роботи в активному режимі – Ku [16]. Основні ТТХ АРГС наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Тактико-технічні характеристики радіолокаційних головок самонаведення керованих авіаційних засобів ураження класу “повітря-повітря” пкс рф

ТТХ	Тип радіолокаційної головки самонаведення			
	АРГСН 9Б-1103М – 200ПА	АРГСН 9Б-1103М–200ПС	АРГС 9Б-1103М-350	АРГС 9Б-1103М
Дальність захоплення цілі з ЕПР=3м ² , км:	-	200	(при ЕПР=5м ²) >40	(при ЕПР=5м ²) не менше 20
інерційно-напівактивний	80-100	-		
активний	20	15		
Діапазон швидкостей цілі	0,1-5М	0,1-5М	0,1-5М	-
Параметри цілі: мінімальна висота польоту, м швидкість, м/с ефективна відбиваюча поверхня, м ²	30	30	-	-
	50-1200	50-1200	-	-
	від 0,05	від 0,05	-	-
Час готовності, с: без попереднього включення після попереднього включення	5-8	5-8	5-8	-
	1	1	1	не більше 1,5
Діапазон роботи активного каналу	Ku	-	X, Ku	-
Діапазон роботи напівактивного каналу	Ku	-		-
Діапазон роботи пасивного каналу	-	Kp		-
Габарити, мм: довжина (без обтікача) діаметр	380	380	310	600
	200	200	350	200
Тип авіаційного засобу ураження	P-77-1	P-77-1	КС-172	P-27ЭА
Маса, кг	25	25	13	14,5

Можливість радіоелектронної системи штатно функціонувати в умовах здійснення радіопротивидії визначається її заводозахистом.

Використання в даних типах РГС моноімпульсних систем пеленгації для визначення кутових координат радіолокаційної цілі робить ці система досить захищеними від впливу радіозавод. Даний метод пеленгації широко використовується в сучасних РГС.

Принцип реалізації методу моноімпульсної пеленгації полягає у тому, що визначення кутових

координат радіолокаційної цілі заснований на одночасному прийомі відбитих від цілі сигналів незалежними прийомними каналами по кожній координатній площині пеленгації. Даний метод відрізняється від одноканального більшою заводозахищеністю. Висока заводозахищеність та точність наведення на ціль КАЗУ з моноімпульсною РГС дозволяють наводитись на постановники радіозавод, що робить їх ціллю або маяком для КАЗУ [17, 18, 19, 20].

Також основними напрямками підвищення

завадозахисту РГС існуючих та перспективних КАЗУ вважаються наступні [21, 22]:

- комбінування головок самонаведення;
- застосування фільтрів радіозавад;
- псевдовипадкова перебудова робочої частоти;
- зменшення ширини головного променя діаграми спрямованості антени;
- зменшення рівня бічних пелюсток діаграми спрямованості антени;
- компенсація радіозавад по бічним пелюсткам діаграми спрямованості антени;
- перехід на більш високі частоти роботи активних РГС;
- застосування дискримінаторів частоти повторення імпульсів;
- застосування дискримінаторів тривалості імпульсів.

Ефективна протидія КАЗУ з РГС моноімпульсного типу дозволить збільшити можливості ПС ЗС України при виконанні бойового завдання та зберегти життя особового складу.

Для ефективної протидії РГС з моноімпульсними пеленгаторами, що дозволяє збільшити промах ракети, застосовуються наступні методи: багатоточкові радіозавади та радіозавади, що формуються різними активними відстрілюваними та буксируваними хибними цілями. В радіолокаційних кутомірних координаторах КАЗУ класу “повітря-повітря” з квазінеперервним та неперервним сигналом підсвіту цілі найбільше використовується автоматичне супроводження цілі по швидкості (АСШ) та напрямку (АСН). Порушення

нормального функціонування каналів АСШ, АСН та кутомірних каналів може призвести до зриву автосупроводження або викликати похибки супроводження цілі. Найбільше значення має протидія кутомірного каналу РГС ракети [17].

Для здійснення радіоелектронної протидії моноімпульсних систем вважається за доцільне використовувати наступні радіозавади:

- радіозавади з однієї точки (двочастотна; радіозавада по дзеркальному каналу; розузгоджена по частоті; переривчаста радіозавада);
- радіозавади з винесеної точки (радіозавада прикриття із зон баражування; перенацілююча радіозавада);
- радіозавади з багатьох точок (когерентна радіозавада; неперервна радіозавада, мерехтлива радіозавада; комбінована радіозавада).

Застосування радіозавад, просторово рознесених за допомогою двох і більше постановників радіозавад або за допомогою застосування буксируваних хибних цілей, вважається перспективним напрямом при протидії моноімпульсним системам пеленгації радіолокаційних цілей, оскільки джерело випромінювання знаходиться поза ПС (у варіанті застосування хибних цілей) [23, 24, 25, 26].

У випадку застосування мерехтливих радіозавад енергетичний центр буде знаходитись між двома постановниками радіозавад, що в свою чергу дозволить збільшити промах КАЗУ.

Переваги, недоліки радіозавад та методи завадозахисту від них наведені в табл. 2. [17].

Таблиця 2

Переваги, недоліки радіозавад та методи завадозахисту

Тип радіозавади	Переваги	Недоліки	Методи завадозахисту
Когерентна двоточкова радіозавада	Завада однаково здійснює вплив, як на одноканальні так і на багатоканальні системи АСН	Необхідність: 1) розносу передавальних антен на велику відстань 2) складність забезпечення розв'язки прийомних та передавальних антен при ретрансляції радіозавади	Метод несиметричного кутового стробування
Некогерентна двоточкова радіозавада	Простота технічної реалізації	Малий кут розрізнення	Несиметричного кутового стробування
Мерехтлива радіозавада	Великий кут розрізнення, універсальність та простота реалізації	Складність реалізації синхронного режиму	Збільшення роздільної здатності; звуження діаграми направленості; зменшення бічних пелюсток діаграми направленості антени
Поляризаційна радіозавада	-	-	Поляризаційна селекція сигналів

Обговорення

Також, до одного з найбільш ефективних методів протидії РГС КАЗУ противника є застосування автономних хибних повітряних цілей із засобами створення активних радіозавад та буксирувані хибні цілі. До таких засобів можна віднести [27]:

автономні хибні повітряні цілі (ADM-160B MALD, ITALD (ADM-14/C), ADM-160C MALD-J (Jammer)) [28];

буксирувані повітряні цілі (“Ариэль”, AN/ALE-55) [29].

Основними завданнями хибних цілей типу MALD в інтересах протидії ППО противника є:

фізичне знищення цілі (використовується в якості протирадіолокаційної ракети);

хибна атака (використання деякої кількості хибних цілей для імітації атаки, відволікання систем та засобів ППО від реальних повітряних суден).

Автономна хибна ціль ADM-160C MALD-J оснащена станцією активних імітуючих радіоелектронних радіозавад DECM. Дана автономна хибна ціль генерує когерентні відбиті сигнали, які імітують амплітуду, фазу, частоту відбитого радіолокаційного сигналу [30].

Буксирувані за допомогою волоконно-оптичного кабелю радіолокаційні хибні цілі “Ариэль” є основним засобом захисту європейського винищувача EF2000 від моноімпульсних РЛС супроводження.

Схожість застосування методів постановки радіозавад з двох точок між методами постановки радіозавад за допомогою буксируваних хибних цілей чи автономних хибних повітряних цілей є те, що джерело випромінювання знаходиться на віддаленні від повітряного судна.

Подальші дослідження будуть спрямовані на розробленні математичної моделі здійснення процесу РЕП РГС з моноімпульсним пеленгатором шляхом постановки активних радіозавад з двох точок; розробленні математичної моделі здійснення процесу РЕП РГС з моноімпульсним пеленгатором шляхом створення радіозавад буксируваними хибними цілями, для визначення найбільш ефективного методу збільшення промаху КАЗУ противника.

Висновки

У даному дослідженні проведено аналіз існуючих методів протидії радіолокаційним головкам самонаведення керованих авіаційних засобів ураження класу “повітря-повітря” противника. Проведено порівняння відомих методів протидії радіолокаційним головкам самонаведення з моноімпульсною системою пеленгації цілей.

Як видно з проведеного аналізу для протидії даним типам радіолокаційних головок самонаведення ефективними засобами захисту вважається застосування радіозавад, що просторово рознесені та використання хибних цілей.

У подальших дослідженнях пропонується розробити математичну модель процесу РЕП РГС з моноімпульсним пеленгатором.

Список використаних джерел

1. С.М. Коротін, Ю.М. Коломієць, “Аналіз можливостей існуючих систем оповіщення про ракетну атаку, які встановлені на літальних апаратах”, *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*, вип. 1 (34), с. 127-132, 2019.
2. Найкращі українські льотчики гинуть за штурвалами радянських МіГів і СУшок, чекаючи на F-16. *АрміяInform*. 2024. [Онлайн]. Доступно: <http://surl.li/nmguc>. Дата звернення: 03.03.2024.
3. Gao Bin, Mao Shi-yi, “Effects of towed-decoy against anti aircraft missile with monopulse seeker”, *Systems Engineering and Electronics*, vol. 32, no.11, 2010.
4. Zhaozheng Liu, Xing Wang, “The influence of three-aircraft formation blinking jamming on the performance of ground monopulse radar”, 2023.
5. Xiaoming Geng, Hongyue Yang, “The Influence of Synchronous Blinking Jamming on Monopulse Radar Seeker Angular Resolution”, *International Conference on Logistics Engineering, Management and Computer Science (LEMCS 2015)*, 2015.
6. Mingjie Liu, Chunyang Wang, “Effect of dual aircraft formations pacing on target position tracking on measurement conversion by monopulse radar”, 2021.
7. С.П. Корнійчук, О.В. Туринський, Г.В. Певцов, *Сучасне озброєння і військова техніка ЗС рф. Довідник учасника ООС*. Харків, Україна: ДІСА ПЛЮС, 2020.
8. Авиационная ракета Р-27 (К-27). 2024. [Онлайн]. Доступно: <https://missilery.info/missile/p27>. Дата звернення: 03.03.2024.
9. Авиационная ракета средней дальности Р-77-1 (РВВ-СД изделие 170-1). 2024. [Онлайн]. Доступно: <https://missilery.info/missile/rvv-cd>. Дата звернення: 03.03.2024.
10. Авиационная ракета большой дальности Р-33 (К-33). 2024. [Онлайн]. Доступно: <https://missilery.info/missile/r33>. Дата звернення: 03.03.2024.
11. Авиационная ракета большой дальности КС-172 (ААМ-Л). 2024. [Онлайн]. Доступно: <https://missilery.info/missile/kc-172>. Дата звернення: 03.03.2024.
12. Авиационная ракета большой дальности Р-37 (РВВ-БД). 2024. [Онлайн]. Доступно: <https://missilery.info/missile/r37>. Дата звернення: 03.03.2024.
13. Тактико-технические характеристики АРГСН 9Б-1103М. 2024. [Онлайн]. Доступно: <https://missilery.info/missile/p27/9b1103m>. Дата звернення: 03.03.2024.
14. Головка самонаведення 9Б-1103М-200ПС. 2024. [Онлайн]. Доступно: <https://missilery.info/missile/rvv-cd/9b-1103m-200ps>. Дата звернення: 03.03.2024.
15. Головка самонаведення 9Б-1103М-200ПА. 2024. [Онлайн]. Доступно: <https://missilery.info/missile/rvv-cd/9b-1103m-200pa>. Дата звернення: 03.03.2024.
16. Головка самонаведення 9Б-1103М-350. 2024. [Онлайн]. Доступно: <https://missilery.info/missile/r37/9b-1103m-350>. Дата звернення: 03.03.2024.
17. А.В. Леньшин, *Бортовые системы и комплексы РЭП*. Воронеж, рф: Издательско-полиграфический центр “Научная книга”, 2014.
18. А.И. Леонов, К.И. Фомичев, *Моноимпульсная радиолокация*. Москва, рф: Сов. Радио, 1970.
19. M. Moran, *Electronic Warfare and Radar Systems Engineering Handbook*. Naval Air Warfare Center Weapons

Division, Point Mugu, California, 2013.

20. Adamy David, *EW 102: a second course in electronic warfare*. London, Great Britain: Artech House radar library, 2004.

21. В.С. Верба, *Авиационные комплексы радиолокационного дозора и наведения. Состояние и тенденции развития*. Москва, рф: Радиотехника, 2008.

22. С.В. Хохлов, *История отечественной радиолокации. Изд. 2-е исправ., доп.* Москва, рф: ООО "Издательский дом", 2015.

23. М.И. Ботов, *Основы теории радиолокационных систем и комплексов*: Красноярск, рф: Сиб. федер. ун-т, 2013.

24. Д.В. Семенихина, Ю.В. Юханов, Т.Ю. Привалова, *Теоретические основы радиоэлектронной борьбы: учебное пособие*. Таганрог, рф: Изд-во ТГИ ЮФУ, 2009.

25. Ю.М. Перунов, А.И. Куприянов, *Методы и средства радиоэлектронной борьбы: монография*. Москва, рф: Вологда: Инфра-Инженерия, 2021.

26. А.Я. Торопчин, І.О. Романенко, Ю.Г. Даник, Р.Е. Пашенко, *Довідник з протиповітряної оборони*. Київ, Україна: МО України, 2003.

27. И.Е. Афонин, С.И. Макаренко, Р.Л. Михайлов, *Быстрый глобальный удар: ретроспективный анализ концепции, вероятный сценарий нанесения. Монография*. Санкт-Петербург, рф: Научное издание, 2022.

28. Northrop Grumman (Teledyne Ryan) ADM-160A MALD Raytheon ADM-160B/C MALD. 2024. [Онлайн]. Доступно: <http://www.designation-systems.net/dusrm/m-160.html>. Дата звернення: 03.03.2024.

29. AN/ALE-55 Fiber-Optic Towed Decoy (FOTD). 2024. [Онлайн]. Доступно: <https://www.baesystems.com/en/product/anale55-fiber-optic-towed-decoy>. Дата звернення: 03.03.2024

30. Fang Zhao, Xiao Zhang, "Technology Research of Micro Air-launched Decoy", *Third International Seminar on Artificial Intelligence, Networking, and Information Technology*, vol.12587, 2022.

Vitaly Dyachenko

<https://orcid.org/0000-0002-0334-0751>

Serhii Korotin (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor)

<https://orcid.org/0000-0003-2123-6103>

The National Defense University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

METHODS OF COUNTERACTING MODERN RADAR HOMING PODS OF GUIDED AIR-TO-AIR WEAPONS OF THE ENEMY

The use of modern guided aerial weapons (GAW) by the Russian Aerospace Forces creates a number of problems for the effective use of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine (AFU) in repelling the aggression of Russian invaders. This article analyzes the methods of electronic countermeasures against radar homing heads (RHH) with monopulse direction finding systems of the enemy air-to-air class. A comparison of known methods of counteracting radar homing heads with a monopulse target guidance system is made. It is established that the enemy's ASW radar has high jamming resistance, which makes it difficult for the Armed Forces of Ukraine to effectively destroy them. It has been determined that the most effective methods today are spatially distributed radio jamming and the use of towed decoys.

Keywords: towed decoy, blink jamming, electronic countermeasures, guided aircraft weapon.

References

1. S.M. Korotin, Y.M. Kolomiets, "Analysis of the capabilities of existing missile attack warning systems installed on aircraft", *Modern Information Technologies in the Field of Security and Defense*, vol. 1 (34), pp. 127-132, 2019.

2. The best Ukrainian pilots die at the controls of Soviet MiGs and Sushki, waiting for F-16s. ArmyInform. 2024. [Online]. Available: <http://surl.li/nnruc>. Accessed on: 03.03.2024.

3. Gao Bin, Mao Shi-yi, "Effects of towed-decoy against anti aircraft missile with monopulse seeker", *Systems Engineering and Electronics*, vol. 32, no.11, 2010.

4. Zhaozheng Liu, Xing Wang, "The influence of three-aircraft formation blinking jamming on the performance of ground monopulse radar", 2023.

5. Xiaoming Geng, Hongyue Yang, "The Influence of Synchronous Blinking Jamming on Monopulse Radar Seeker Angular Resolution", *International Conference on Logistics Engineering, Management and Computer Science (LEMCS 2015)*, 2015.

6. Mingjie Liu, Chunyang Wang, "Effect of dual aircraft formations pacing on target position tracking on measurement conversion by monopulse radar", 2021.

7. C.P. Korniychuk, O.V. Turinsky, G.V. Pevtsov,

Modern weapons and military equipment of the RF Armed Forces. The JFO participant's guide. Kharkiv, Ukraine: DISA PLUS, 2020.

8. Aircraft missile R-27 (K-27). 2024. [Online]. Available: <https://missilery.info/missile/p27>. Accessed on: 03.03.2024.

9. R-77-1 medium-range aviation missile (RVV-SD item 170-1). 2024. [Online]. Accessed: <https://missilery.info/missile/rvv-cd>. Accessed on: 03.03.2024.

10. Long-range aviation missile R-33 (K-33). 2024. [Online]. Available: <https://missilery.info/missile/r33>. Accessed on: 03.03.2024.

11. KC-172 (AAM-L) long-range aircraft missile. 2024. [Online]. Accessed: <https://missilery.info/missile/kc-172>. Accessed on: 03.03.2024.

12. R-37 (RVV-BD) long-range aviation missile. 2024. [Online]. Accessed: <https://missilery.info/missile/r37>. Accessed on: 03.03.2024

13. Tactical and technical characteristics of ARGSN 9B-1103M. 2024. [Online]. Available: <https://missilery.info/missile/p27/9b1103m>. Accessed on: 03.03.2024.

14. Homing head 9B-1103M-200PS. 2024. [Online]. Accessed: <https://missilery.info/missile/rvv-cd/9b-1103m-200ps>. Accessed on: 03.03.2024.

15. Homing head 9B-1103M-200PA. 2024. [Online]. Accessed: <https://missilery.info/missile/rvv-cd/9b-1103m-200pa>. Accessed on: 03.03.2024.
16. Homing head 9B-1103M-350. 2024. [Online]. Accessed: <https://missilery.info/missile/r37/9b-1103m-350>. Accessed on: 03.03.2024.
17. A.V. Lenshin, *Onboard systems and complexes of REP*. Voronezh, rf: Publishing and Printing Center "Scientific Book", 2014.
18. A.I. Leonov, K.I. Fomichev, *Monopulse radar*. Moscow, rf: Sov. Radio, 1970.
19. M. Moran, *Electronic Warfare and Radar Systems Engineering Handbook*. Naval Air Warfare Center Weapons Division, Point Mugu, California, 2013.
20. Adamy David, *EW 102: a second course in electronic warfare*. London, Great Britain: Artech House radar library, 2004.
21. V.S. Verba, *Aircraft Radar Sensing and Guidance Complexes. State and tendencies of development*. Moscow, rf: Radiotekhnika, 2008.
22. S.V. Khokhlov, *History of domestic radiolocation. Izd. 2-nd corrected, supplement*. Moscow, rf: LLC "Publishing House", 2015.
23. M.I. Botov, *Fundamentals of the theory of radar systems and complexes*. Krasnoyarsk, rf: Sib. fed. un. university, 2013.
24. D.V. Semenikhina, Y.V. Yukhanov, T.Yu. Privalova, *Theoretical bases of radio electronic warfare: textbook*. Taganrog, rf: Izd-vo TGI YFU, 2009.
25. Y.M. Perunov, A.I. Kupriyanov, *Methods and means of radio-electronic warfare: monograph*. Moscow, rf: Vologda: Infra-Engineering, 2021.
26. A.Y. Toropchin, I.O. Romanenko, Y.G. Danik, R.E. Pashchenko, *Handbook of air defense*. Kyiv, Ukraine: Ministry of Defense of Ukraine, 2003.
27. I.E. Afonin, S.I. Makarenko, R.L. Mikhailov, *Rapid Global Strike: Retrospective Analysis of the Concept, Probable Scenario, Composition of Forces and Means, Consequences and Priority Countermeasures. Monograph*. St. Petersburg, Russian Federation: Science-intensive Technologies, 2022.
28. Northrop Grumman (Teledyne Ryan) ADM-160A MALD Raytheon ADM-160B/C MALD. 2024. [Online]. Accessed: <http://www.designation-systems.net/dusrm/m-160.html>. Accessed on: 03.03.2024
29. AN/ALE-55 Fiber-Optic Towed Decoy (FOTD). 2024. [Online]. Accessed: <https://www.baesystems.com/en/product/anale55-fiber-optic-towed-decoy>. Accessed on: 03.03.2024.
30. Fang Zhao, Xiao Zhang, "Technology Research of Micro Air-launched Decoy", *Third International Seminar on Artificial Intelligence, Networking, and Information Technology*, vol.12587, 2022.