

DOI 10.33099/2618-1614-2023-23-4-41-47

УДК 623.442.4

В. М. Сенаторов,*кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник, Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України,***А. В. Гурнович,***доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник, Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України,***Б. О. Мельник,***кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідного відділу, Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, полковник,***А. В. Кучинський,***кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, докторант, Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, полковник*

Застосування стрілецької зброї для знищення дрона-камікадзе «Шахед-136»

В інформаційному полі надаються рекомендації щодо поправок на випередження при стрільбі по дрону-камікадзе «Шахед-136», які суттєво різняться за даними. Ці суперечливі дані визначили мету статті – розробку методики розрахунку випередження і верифікацію рекомендацій щодо обстрілу дронів-камікадзе типу «Шахед-136» стрілецькою зброєю. У статті на базі розробленої теорії окомірного способу прицілювання проведена верифікація відомих рекомендацій. Надані рекомендації щодо поправок на випередження при використанні стрілецької зброї, яка перебуває на озброєнні Збройних Сил України, з урахуванням балістичної функції. Сформовані пропозиції щодо вдосконалення кулеметної установки, яка успішно використовується військовослужбовцями Національної гвардії України, і створення для неї перспективної прицільної системи.

Ключові слова: Шахед-136, стрілецька зброя, випередження, прицільний пристрій.

© В. М. Сенаторов, А. В. Гурнович, Б. О. Мельник, А. В. Кучинський, 2023

Постановка задачі. Нині існує декілька способів та апаратури для знищення безпілотних літальних апаратів (БпЛА): системи проти-повітряної оборони, придушення сигналу за допомогою систем радіоелектронної боротьби, ловля сітками, зіткнення з апаратами-перехоплювачами, стрілецька зброя [1]. Методи відрізняються дистанцією ураження та кінцевим результатом: БпЛА може бути повністю знищений або захоплений практично не ушкодженим

На нашу думку, найефективнішим способом знищення БпЛА-камікадзе є супроводжувальна стрільба. При цьому потрібно враховувати поправки на випередження при обстрілі баражуючого боеприпасу.

В інформаційному полі надаються рекомендації щодо поправок на випередження, які суттєво різняться за даними. Наприклад, у джерелах [2, 3] наведено дані щодо вибору точки прицілювання для знищення дрона-камікадзе «Шахед-136». У таблицях 1 і 2 надані рекомендовані значення випередження для двох значень дистанції до цілі, трьох значень калібру і різного напрямку руху при швидкості цілі $V_u = 45$ м/с без зазначення типу зброї та швидкості кулі. Судячи з того, що в таблицях 1 і 2 вказані однакові значення швидкості, мова йде про дульну швидкість кулі. При цьому балістична функція не враховується. Аналіз стрілецької зброї, яка перебуває на озброєнні Збройних Сил України і може використовуватися для знищення дрона-камікадзе, показує, що тільки швидкість кулі 900 м/с відповідає дульній швидкості АК74. Решта значень швидкості є гіпотетичною: дульна швидкість зброї калібру 7,62 мм (АКМ, РПК, ПКМ, ПКТ) становить відповідно 715, 745, 825 і 855 м/с; дульна швидкість зброї калібру 12,7 мм (ДШКМ, НСВ) складає 820 м/с.

В іншому джерелі [4] рекомендовано для ураження дрона «Герань-2» (російський варіант дрона-камікадзе «Шахед-136») брати випередження із запасом (загороджувальна стрільба) і вести вогонь 1...2 с у фіксовану точку на шляху дрона, не рухаючи зброю. У таблиці 3 наведені рекомендовані значення випередження для різної дистанції D до цілі без зазначення її висоти H і характеру руху і типу зброї та її калібру.

Для знищення дрона рекомендується використовувати «різні модифікації кулемета Калашникова (ПКМ), установленого на зенітний станок у кузові пікапа, ручний кулемет Калашникова і модернізований автомат Калашникова з відповідним боеприпасом» [4]. Це збігається з результатами використання кулеметної установки на пікапі, розробленої фахівцями Національної гвардії України [5] з двома кулеметами ПКТ і зенітним прицільним пристроєм. У [4] також не рекомендовано використовувати снайперську гвинтівку і важкий крупнокаліберний кулемет, оскільки для ураження дрона на середній висоті польоту (до 800 м) потужність великого калібру буде надлишковою. Останнє не збігається з оцінкою ефективності вогню залежно від калібру зброї [3].

Таблиця 1

Значення випередження
(кількість фігур БпЛА довжиною 3 м) на дистанції
до цілі $D = 360$ м (висота $H = 200$ м, дальність
до проекції цілі на землю $L = 300$ м)

Калібр / швидкість кулі V_k , м/с	Характер руху цілі:		
	фланговий	фронтальний (на позицію)	скісний
5,45/900	6	5	6
7,62/730	7	6	7
12,7/800	7	6	7

Таблиця 2

Значення випередження
(кількість фігур БпЛА довжиною 3 м) на дистанції
до цілі $D = 728$ м (висота $H = 200$ м, дальність
до проекції цілі на землю $L = 700$ м)

Калібр / швидкість кулі V_k , м/с	Характер руху цілі:		
	фланговий	фронтальний (на позицію)	скісний
5,45/900	12	11	12
7,62/730	15	14	15
12,7/800	14	13	14

Таблиця 3

Значення випередження

Дистанція до цілі, м	200	500	800
Розрахункові значення випередження, м / кількість фігур БпЛА	13/5	38/13	72/24
Рекомендовані значення випередження, кількість фігур БпЛА	10	20	40

Аби не враховувати поправку на зниження боеприпасу в джерелах [3 і 4] рекомендується використовувати траєкторію кулі.

Такі суперечливі дані та їхня неповнота визначили мету статті – розробити методику розрахунку випередження і верифікації рекомендацій щодо обстрілу дронів-камікадзе типу «Шахед-136» стрілецькою зброєю.

Теорія окомірного способу прицілювання

Вважатимемо, що вектор швидкості БпЛА V_u збігається з його повздовжньою віссю і ціль не змінює швидкість і напрямок руху на ділянці, де він обстрілюється: $V_u = \text{const}$. На *рисунку 1* показана схема прицілювання з випередженням для випадку, що розглядається.

При відомому значенні середньої швидкості кулі $V_{k.ср} = f(V_{k.0}, g_t)$, де $V_{k.0}$ – дульна швидкість кулі, а g_t –

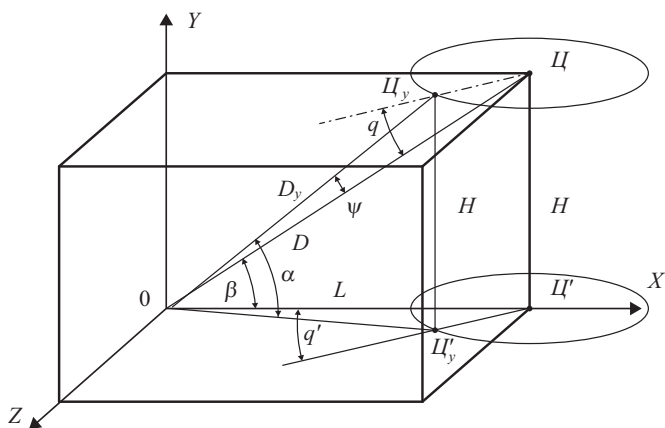


Рис. 1. Схема прицілювання з випередженням:
 $Ц$ – положення цілі в момент пострілу, O – стрілець,
 $Ц_y$ – точка, в яку спрямована зброя в момент пострілу,
 ψ – кут випередження (решта позначень – у тексті статті)

балістична функція [6], – відрізок $ОЦ_y = D_y$ знаходиться за формулою

$$ОЦ_y = V_{k.ср} t, \quad (1)$$

де t – час польоту кулі на відстань D_y .

З іншого боку, з трикутника $ОЦЦ_y$ за теоремою синусів маємо:

$$\sin(\psi)/\sin(q) = V_u t / D_y, \quad (2)$$

де q – ракурс цілі.

Специфіка спостереження повітряної цілі $Ц$ із землі (площина XZ на *рисунку 1*, де вісь OX проходить через точку $Ц'$ – проекцію точки $Ц$ на землю) дає змогу визначити ракурс цілі за допомогою допоміжного кута q' – проекції кута q на площину XZ за формулою:

$$\sin(q) = [1 - (D^2 - H^2)(1 - \sin^2(q'))/D^2]^{0,5}, \quad (3)$$

де $D = ОЦ$ – похила дистанція до цілі, H – висота цілі над поверхнею землі, які визначаються окомірним способом.

Зауважимо, що величина $\sin(q')$ при візуальному спостереженні повітряної цілі із землі також визначається окомірним способом за видимим скороченням довжини фюзеляжу цілі у чвертях одиниці: 0/4 ($q' = 0^\circ$, фронтальний рух цілі), 1/4 ($q' = 14,5^\circ$), 2/4 ($q' = 30^\circ$), 3/4 ($q' = 48,6^\circ$) – скісний рух і 4/4 ($q' = 90^\circ$, фланговий рух цілі) [3, 6].

Після підстановки (1) у (2) і перетворень отримуємо шукане значення кута ψ :

$$\sin(\psi) = R \sin(q), \quad (4)$$

де $R = V_u / V_{k.ср}$. Оскільки кут ψ відносно малий, то $\sin(\psi)$ представляється кутом ψ , у мілірадіанах:

$$\psi = 1000 R \sin(q). \quad (5)$$

При відомих кутах q та ψ та дистанції D до цілі за теоремою синусів з трикутника $ОЦЦ_y$ визначається лінійне випередження $ЦЦ_y$:

$$\text{ЦЦ}_y = D \sin(\psi) / \sin(\psi + q) \quad (6)$$

або значення випередження, виражене в кількості фігур БпЛА:

$$\text{ЦЦ}_y = D \sin(\psi) / B \sin(\psi + q), \quad (7)$$

де B – довжина фюзеляжу БпЛА, а кути q та ψ розраховуються відповідно за формулами (3) і (4) або (5).

Вирази (6) і (7) використаємо для верифікації даних, наведених у таблицях 1, 2 і 3. Як вихідні дані приймемо швидкість цілі $V_{\text{ц}} = 45$ м/с; довжину фюзеляжу $B = 3$ м; $\sin(q') = 3/4$ при скісному русі цілі: $q' = 48,6^\circ$.

При фронтальному і фланговому русі цілі формула (3) суттєво спрощується: $\sin(q) = H/D$ при фронтальному русі та $\sin(q) = 1$ при фланговому русі.

Верифікація даних таблиць

У таблицях 5 і 6 наведені результати верифікації даних таблиць 1 і 2 за формулами (3), (4), (6) і (7). Для визначення середньої швидкості кулі $V_{\text{к.сер}}$ використано балістичний калькулятор. Дані розрахунків $V_{\text{к.сер}}$ наведені в таблиці 4.

Таблиця 4

Значення середньої швидкості кулі

Зброя	Дистанція до цілі 360 м		Дистанція до цілі 728 м	
	Час польоту кулі, с	Середня швидкість кулі, м/с	Час польоту кулі, с	Середня швидкість кулі, м/с
АК74	0,453	795	1,341	543
АКМ	0,594	606	1,759	414
НСВ	0,425	847	1,047	695

Таблиця 5

Значення випередження (кількість фігур БпЛА довжиною 3 м) на дистанції до цілі 360 м (висота 200 м, дальність до проєкції цілі на землю 300 м)

Калібр / дульна швидкість кулі $V_{\text{к.0}}$, м/с	Характер руху цілі:		
	фланговий	фронтальний (на стрільця)	скісний, $q' = 48,6^\circ$
5,45/900 (АК)	7 (+1)	6 (+1)	7 (+1)
7,62/715 (АКМ)	9 (+2)	8 (+2)	9 (+2)
12,7/820 (НСВ)	6 (–1)	6 (0)	6 (–1)

Примітка: у таблицях 5 і 6 у дужках наведена різниця між значеннями, розрахованими авторами, і значеннями, наведеними в таблицях 1 і 2.

Таблиця 6

Значення випередження (кількість фігур БпЛА довжиною 3 м) на дистанції до цілі 728 м (висота 200 м, дальність до проєкції цілі на землю 700 м)

Калібр / дульна швидкість кулі $V_{\text{к.0}}$, м/с	Характер руху цілі:		
	фланговий	фронтальний (на стрільця)	скісний, $q' = 48,6^\circ$
5,45/900 (АК)	20(+8)	11(0)	19(+7)
7,62/715 (АКМ)	32(+17)	15(+1)	24(+9)
12,7/820 (НСВ)	16(+2)	9(–4)	15(+1)

З даних таблиці 3 випливає, що в розрахунках прийнята середня швидкість кулі кулемета ПКМ залежно від дальності до цілі. Відсутність даних щодо висоти і прийнятої швидкості цілі не дають змоги використати формули (3), (4), (6) і (7). Тому для верифікації даних таблиці 3 використовується спрощена методика. Згідно із [7] лінійне випередження ЦЦ_y розраховується за формулами:

$$\text{ЦЦ}_y \approx D V_{\text{ц}} / V_{\text{к.сер}} \quad (8)$$

або значення випередження, виражене в кількості фігур БпЛА:

$$\text{ЦЦ}_y \approx D V_{\text{ц}} / B V_{\text{к.сер}}. \quad (9)$$

У таблиці 7 наведені результати верифікації даних таблиці 3 за формулами (8) і (9) при $V_{\text{ц}} = 45$ м/с, $B = 3$ м, $H = 200$ м і $V_{\text{к.сер}}$ 633, 675, 534 м/с відповідно для дистанції до цілі 200, 500, 800 м.

Таблиця 7

Значення випередження

Дистанція до цілі, м	200	500	800
Розрахункове значення випередження, м / кількість фігур БпЛА	14,2/ 5(0)	33,3/ 11(–2)	67,4/ 22(–2)

Примітка: у таблиці 7 у дужках наведена різниця між значеннями, розрахованими авторами, і значеннями, наведеними в таблиці 3, виражена в кількості фігур БпЛА.

Що стосується поправки на зниження кулі, то траєкторія куль може не бути в наявності у стрільця. Тому необхідно оцінити зниження кулі η , виходячи з теорії руху тіла, кинутого під кутом до горизонту [6]:

$$\eta = 4,9(D_y / V_{\text{к.0}})^2 g_{\eta}, \quad (10)$$

де g_{η} – балістична функція.

Максимальне значення η має місце при максимумі відношення $D_y/V_{\text{к.0}}$. При фланговому русі D_y визначається за формулою:

$$D_y = [D^2 + (\text{ЦЦ}_y)^2]^{0,5},$$

і максимальне значення η визначається за формулою (10). Зокрема, при $D = 728$ м, $V_{к.сер} = 543$ м/с та $ЦЦ_y = 60,3$ м (дані таблиць 4 та 6): $\eta = 9$ м.

При фронтальному русі D_y визначається за формулою:

$$D_y = \{H^2 + [(D^2 - H^2)^{0,5} - ЦЦ_y]^2\}^{0,5},$$

і максимальне значення η знаходиться за формулою (10). Зокрема, при $D = 728$ м, $V_{к.сер} = 543$ м/с та $ЦЦ_y = 33,6$ м (дані таблиць 4 та 6): $\eta = 8$ м.

Як бачимо, зниження кулі перевищує габаритні розміри дрона-камікадзе «Шахед-136», тому необхідно вводити поправку на зниження кулі або застосовувати траєкторію кулі.

Аналіз таблиць 5–7 показує, що значення випередження, рекомендовані в джерелах [2–4], не суттєво відрізняються від даних верифікації на малій дистанції до цілі і суттєво відрізняються на великій. Це можна пояснити неврахуванням балістичного коефіцієнта.

Зрозуміло, що для знищення дрона-камікадзе можуть застосовуватися всі типи стрілецької зброї, які перебувають на озброєнні ЗСУ. У таблицях 8, 9 і 10 наведені розраховані значення випередження для цієї зброї для дистанції до цілі в діапазоні 300–800 м при висоті польоту 200 м, різного напрямку руху, швидкості цілі 45 м/с, з використанням балістичного калькулятора і робочих формул (3)–(7).

Вочевидь, що навіднику-оператору в напруженій бойовій обстановці важко на око чітко визначити кількість фігур БпЛА, тому можливі промахи під час стрільби. Тому на перший план виходить завдання автоматизації процесу прицілювання. Проблема, що виникатиме при конвертації балістичних коефіцієнтів куль, визначених за законом опору повітря 1943 року (притаманна для розрахунків у СРСР та Росії), до вигляду законів G1 та G7, що використовуються для

Таблиця 8

Значення випередження
(кількість фігур БпЛА довжиною 3 м)
у разі флангового руху цілі

Зброя	Дистанція до цілі, м					
	300	400	500	600	700	800
АК74	5	8	11	15	19	24
РПК74	5	7	10	14	17	24
АКМ	7	10	15	20	25	31
РПК	7	10	14	19	24	30
ПКМ (ПК)	6	8	11	15	18	23
ПКТ	5	8	11	14	18	22
ДШКМ (ДШК)	5	7	10	12	15	17
НСВ (НСВТ)	5	7	10	12	15	18
КПВТ	5	7	9	12	13	15

Таблиця 9

Значення випередження
(кількість фігур БпЛА довжиною 3 м)
у разі фронтального руху цілі

Зброя	Дистанція до цілі, м					
	300	400	500	600	700	800
АК74	5	8	11	14	18	22
РПК74	5	7	10	13	16	20
АКМ	7	10	14	18	23	28
РПК	6	10	13	18	22	27
ПКМ (ПК)	5	8	11	14	17	21
ПКТ	5	8	10	13	17	20
ДШКМ (ДШК)	5	7	9	12	14	16
НСВ (НСВТ)	5	7	10	12	15	17
КПВТ	5	6	8	10	13	15

Таблиця 10

Значення випередження
(кількість фігур БпЛА довжиною 3 м)
у разі скісного руху цілі ($q' = 48,6^\circ$)

Зброя	Дистанція до цілі, м					
	300	400	500	600	700	800
АК74	5	8	11	14	18	23
РПК74	5	8	10	13	17	23
АКМ	7	10	14	19	24	29
РПК	7	10	12	18	23	28
ПКМ (ПК)	6	8	11	14	18	22
ПКТ	5	8	11	14	17	21
ДШКМ (ДШК)	5	7	10	12	14	17
НСВ (НСВТ)	5	7	10	12	15	17
КПВТ	5	7	9	11	13	15

розрахунку зовнішньої балістики польоту куль у США та європейських країнах, без значних полігонних випробувань можливо розв'язати за допомогою підходів, зазначених у [8] та [9].

Досвід Національної гвардії України

За даними [5] військовослужбовці Національної гвардії України успішно застосовують розроблену ними кулеметну установку на пікалі з двома кулеметами ПКТ і зенітним кільцевим прицілним пристроєм для знищення дронів-камікадзе «Шахед-136» (рис. 2). Додатково в установку входить мобільна фара «Сова» для підсвічування цілі в умовах низької освітленості.

Згідно з [10] характеристики кулемету ПКТ:

- калібр 7,62 мм,
- практична скорострільність 250 пострілів на хвилину (4 постріли на секунду),

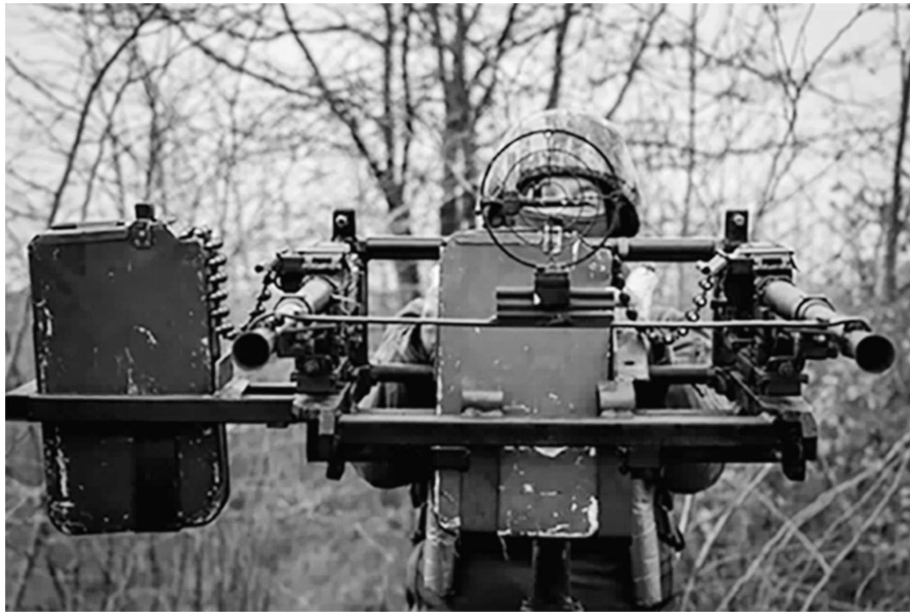


Рис. 2. Кулеметна установка [5]

- дульна швидкість 855 м/с,
- ефективна дальність стрільби 1500 м,
- кількість патронів у стрічці 250 (60 секунд безперервної роботи кулемету).

При таких характеристиках дистанція між кулями в польоті сягає 213 м. При окомірному способі визначення ракурсу і дальності до цілі ця обставина зменшує вірогідність ураження БпЛА при одночасній активації кулеметів. Як видно з фото, базова відстань між стволами ≈ 600 мм. При цьому кулеметна установка ефективніше діятиме при фланговому та скісному русі цілі, ніж при фронтальному русі малогабаритної цілі.

На основі зазначеного формуються пропозиції авторів щодо вдосконалення кулеметної установки Національної гвардії України.

1. Опрацювати можливість неодноразової активації кулеметів. Затримка активації 0,125 с.

2. При захисті об'єктів інфраструктури використовувати кулеметну установку, положення якої максимально наближене до флангового руху цілі.

3. Ввести до складу кулеметної установки пристрій визначення дистанції до дрона-камікадзе «Шахед-136» на кшталт російського пристрою «Лира» [7]. При виготовленні пристрою видимий розмір БпЛА повинен розраховуватися за формулою: $1500/D_y$ (мм), де $D_y = n100$, $n = 1, 2, 3 \dots 15$. Випередження розраховується за формулою $[0,0175 D_y]$ (корпусів БпЛА). Зауважимо, що пристрій «Лира» забезпечує найбільшу точність вимірювання дальності при фланговому русі цілі ($\sin(q) = 1$).

4. Використовувати коліматорний прицільний пристрій замість зенітного кільцевого для прискорення прицілювання. Розробити методику його «холодного» прицілювання.

Коліматорний прицільний пристрій для кулеметної установки

На конференціях, які проводились у Національній академії Національної гвардії України, автори висловлювали загальні погляди на створення перспективного коліматорного прицільного пристрою (КПП) [11, 12]. Тому тут доцільно розглянути процес автоматизації прицілювання з використанням КПП.

Як видно з формул (5) і (3), для автоматичного розрахунку кута випередження ψ необхідно знати проекцію ракурсу на горизонтальну площину q' , похилу дальність до цілі D і висоту цілі над поверхнею землі H . Останню можна розрахувати добутком $H = D \sin(\beta)$, де β – кут місця цілі.

Як було зазначено вище, величина $\sin(q')$ при візуальному спостереженні повітряної цілі із землі визначається окомірним способом за видимим скороченням довжини фюзеляжу цілі в четвертих частинах одиниці. Похила дальність до цілі D визначається лазерним далекоміром. Для відображення кута випередження ψ необхідно використовувати оптико-електронний КПП замість зенітного кільцевого прицільного пристрою і визначати кут місця цілі β . Задля цього достатньо на горизонтальній осі повороту кулеметної установки встановити потенціометр зворотного зв'язку, вихід якого з'єднати з процесором.

Останні досягнення мікроелектроніки в галузі створення рідинно-кристалічних індикаторів (наприклад матриця 8K4K D-ILA має розмір пікселя $a = 4,8$ мкм [13]) створюють передумови для розробки КПП на новій елементній базі [12]. Згідно з (5) кут ψ має максимальне значення 52,6 мрад по горизонталі при $\beta = 90^\circ$. Тоді поле зору 2ω КПП має бути не менше 6° по горизонталі.

А горизонтальна складова лінійного розміру індикатора $2m$ визначається формулою $2m = 2f'tg(3^\circ)$, де f' – фокусна відстань об'єктива, і, наприклад, при $f' = 50$ мм: $2m = 5,24$ мм, або 1092 пікселя.

Використання рідинно-кристалічного (або OLED) індикатора з блоком керування в ролі формувача прицільного знаку одночасно розв'язує проблему «холодного» пристрілювання: дискретне зміщення зображення прицільного знаку на один піксель веде до зміни його кутового положення на величину a/f' . Наприклад, при $f' = 50$ мм і $a = 4,8$ мкм знак зміщується на 0,0001 MOA, що набагато перевищує вимоги до КПП щодо «холодного» пристрілювання з використанням ствольного коліматора і можливо використовувати індикатор з більшим розміром пікселя.

На *рисунку 3* зображено структурну схему прицільної системи, яка реалізує ці ідеї.

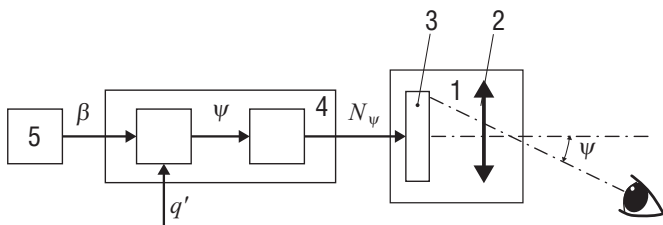


Рис. 3. Структурна схема прицільної системи кулеметної установки:

1 – КПП, 2 – об'єктив КПП,

3 – індикатор із системою керування, 4 – процесор,

5 – потенціометр зворотного зв'язку

Для високої надійності КПП 1 має бути біноклярним найпростішої конструкції: об'єктив 2, у фокальній площині якого встановлений індикатор з блоком керування 3. У такому разі навідник-оператор одним оком спостерігає інформацію, сформовану індикатором 3, а другим оком – оточуючий простір з ціллю. Суміщення зображень відбувається в мозку людини.

Згідно із цією структурою командир і навідник-оператор діють одночасно. Командир за допомогою бінокля визначає ракурс дрона-камікадзе «Шахед-136» q' (0/4, 1/4, 2/4, 3/4, 4/4) і вводить це значення в процесор 4. Навідник-оператор у той самий час розвертає кулеметну установку по горизонту і вертикалі та суміщає центральну точку прицільного знаку, сформованого індикатором 3 КПП 1, із ціллю. Сигнал з потенціометра зворотного зв'язку 5, що відповідає куту місця цілі β , вводиться в процесор 4. Сигнал з лазерного далекоміра (на *рисунку 3* не показаний) також вводиться в процесор 4. Процесор 4 послідовно розраховує висоту цілі над поверхнею землі H , кути q і ψ за формулами (3) та (5) і номер пікселя N_ψ на індикаторі 3, що відповідає цьому куту ψ , за формулою

$$N_\psi = \pm \psi f' / a.$$

Як результат, у полі зору навідника-оператора відображаються дві точки обабіч центральної точки. Для того, щоб кутовий розмір точок задовольняв вимогам до КПП (2 MOA), вони повинні формуватися $(0,002f'/a) \times (0,002f'/a)$ пікселями. Наприклад, при $f' = 50$ мм, $a = 4,8$ мкм і $\psi = 20$ мрад маємо: $N_{\psi=20} = 208$ -й піксель у рядку ліворуч і праворуч від центрального пікселя, а точки прицільного знаку формуються 20-ю строчками з 198-го по 218-й піксель у кожному рядку.

Навідник-оператор повторно розвертає кулеметну установку по горизонту і вертикалі, суміщає із ціллю бокову точку прицільного знаку, обрану залежно від напрямку руху цілі, та активує кулемети. Для визначення поправки на зниження куль необхідно використовувати трасуючі кулі.

Вочевидь, такий самий підхід можливо використати для кулеметної установки броньованих машин для їхнього захисту від нападу з верхньої півсфери.

Висновки

1. Верифікація відомих рекомендацій на базі запропонованої теорії окомірного способу прицільювання частково підтвердила правомірність даних, наведених у Методичних рекомендаціях «Загальновійськовим підрозділам щодо боротьби з ударними БпЛА іранського виробництва «Shahed-136» («Герань-2») та РФ «Ланцет-2» (за досвідом російсько-української війни 2022...2023 років).

2. Надана оцінка кулеметної установки, створеної військовослужбовцями Національної гвардії України, та практичні рекомендації для її вдосконалення.

3. Запропоновано структурну схему прицільної системи на базі оптико-електронного коліматорного прицільного пристрою, яка частково автоматизує процес прицільювання.

4. Подальші дослідження щодо знищення дронів стрілецькою зброєю треба зосередити на застосуванні систем доповненої реальності й наполомнених систем цілевказування для підвищення ступеня автоматизації, а також штучного інтелекту для автоматичного визначення курсу цілі.

Перелік літератури

1. Залата О. Не лише ППО: назвали найкращі засоби для боротьби з дронами-камікадзе в Україні [Електронний ресурс] // О. Залата // Фокус. – Режим доступу : <https://focus.ua/uk/digital/532864-ne-tolko-pvo-nazvany-luchshie-sredstva-dlya-borby-s-dronami-kamikadze-v-ukraine>.

2. Рекомендації щодо вибору точки прицільювання при стрільбі по БпЛА-камікадзе типу Shahed-136 [Електронний ресурс] // ZBROYA.info. – Режим доступу : <https://zbroya.info/uk/blog/22281-rekomendatsiyi-shchodo-viboru-tochki-pritsiliuvannia-pri-strilbi-po-bpla-shahed-136>.

3. Методичні рекомендації «Загальновійськовим підрозділам щодо боротьби з ударними БпЛА іранського виробництва «Shahed-136» («Герань-2») та РФ «Ланцет-2» (за досвідом

російсько-української війни 2022–2023 років) : ВП 3-00(116) 120 : затверджені начальником Головного управління доктрин та підготовки ГШ ЗСУ 9 березня 2023 р. / Центр оперативних стандартів і методики підготовки ЗСУ, Головне управління доктрин та підготовки ГШ ЗСУ. – [Б. м. : б. в.], 2023. – 76 с.

4. Росіяни атакують міста дронами «Герань-2»: що це таке і як збити безпілотною (фото) [Електронний ресурс] // Фокус. – Режим доступу : <https://focus.ua/uk/voennye-novosti/533239-rossiyane-atakuyut-goroda-dronami-geran-2-chto-eto-takoe-i-kak-sbit-bespilotnik-foto>.

5. Бійці Нацгвардії створили установку з кулеметами ПКТ для знищення безпілотною противника [Електронний ресурс] // Національна гвардія України. – Режим доступу : <https://ngu.gov.ua/?p=12330>.

6. Мубаракшин Р. В. Прицельные системы стрельбы. Часть 1 / Р. В. Мубаракшин, В. М. Балуев, Б. В. Воронов. – М. : ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 1973. – 332 с.

7. Методика обучения ведению огня по беспилотным летательным аппаратам из стрелкового оружия / ГУ боевой подготовки ВС РФ. – М. : [ГУБП ВС РФ], 2018. – 38 с.

8. Method of Conversion for the Ballistic Coefficient of Bullets [Електронний ресурс] / I. B. Chepkov, A. V. Hurnovych, S. V. Lapyts'kyi, et al. // Strength of Materials. – 2020. – Vol. 52, issue 3. – P. 419–422. – Режим доступу : <https://doi.org/10.1007/s11223-020-00193-8>.

9. Method of Measuring the Ballistic Coefficient of Bullets [Електронний ресурс] / I. B. Chepkov, A. V. Hurnovych, S. V. Lapyts'kyi, et al. // Strength of Materials. – 2019. –

Vol. 51, issue 5. – P. 721–725. – Режим доступу : <https://doi.org/10.1007/s11223-019-00120-6>.

10. Кулемет Калашникова [Електронний ресурс] // Вікіпедія. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Кулемет_Калашникова.

11. Сенаторов В. М. Коліматорний приціл для потреб Національної гвардії України / В. М. Сенаторов, А. В. Гурнович // Службово-бойова діяльність Національної гвардії України: сучасний стан, проблеми та перспективи : збірник тез доповідей науково-практичної конференції : секція 2. Логістичне забезпечення службово-бойової діяльності Національної гвардії України: сучасний стан, проблеми та перспективи, 31 березня 2022 р., м. Харків / Національна академія Національної гвардії України. – Харків : НА НГУ, 2022 – С. 39–40.

12. Коліматорний приціл для потреб Збройних Сил і Національної гвардії України / В. М. Сенаторов, А. В. Гурнович, Б. О. Мельник, К. В. Мегей // Актуальні проблеми діяльності складових сектору безпеки і оборони України в умовах особливих правових режимів: поточний стан та шляхи вирішення : збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції, 30 березня 2023 р., м. Харків / Національна академія Національної гвардії України. – Харків : НА НГУ, 2023. – С. 611–613.

13. JVC Develops 1.75-inch 8K4K D-ILA Device [Електронний ресурс] : press release // JVC. – Режим доступу : http://pro.jvc.com/pro/pr/2008/releases/JVC_Develops_1.75-inch_8K4K_D-ILA_Device_f.pdf.