

УДК 535.421, 623.4.016

DOI: [https://doi.org/1034169/2414-0651.2023.2\(38\).74-79](https://doi.org/1034169/2414-0651.2023.2(38).74-79)

А. В. ГУРНОВИЧ, доктор технічних наук, професор
<https://orcid.org/0000-0002-2041-4978>

В. М. СЕНАТОРОВ, кандидат технічних наук,
доцент
<https://orcid.org/0000-0001-5387-5693>
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України,
м. Київ)

М. В. САЄНКО, інженер
<https://orcid.org/0000-0003-2707-6630>
(Товариство з обмеженою відповідальністю
«УКРОП», м. Київ)

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СТРІЛЬБИ АВТОМАТИЧНИХ ГВИНТІВОК З КОЛІМАТОРНИМИ ТА МЕХАНІЧНИМИ ПРИЦІЛЬНИМИ ПРИСТРОЯМИ

В статті виконується аналіз особливостей процесів прицілювання із застосуванням механічних та коліimatorних прицільних пристроїв. Виявляються їх недоліки та переваги. Прицільні пристрої порівнюються за показниками точності та часу прицілювання.

Для оцінки впливу процесів прицілювання на бойову ефективність стрілецької зброї проведено натурні випробування, суть яких полягає у стрільбі із застосуванням механічних та коліimatorних прицільних пристроїв. На основі практично отриманих результатів щодо щільності уражаючого потоку пострілів виконано математичне моделювання зустрічного бою двох угруповань, одне з яких використовувало на зброї механічні прицільні пристрої, а інше – коліimatorні. За результатами моделювання виконано оцінку ефективності застосування коліimatorних прицільних пристроїв за показниками втрат угруповань в ході бою або необхідності збільшення кількості угруповання для компенсації ефективності від застосування коліimatorних прицільних пристроїв.

Ключові слова: механічні прицільні пристрої, коліimatorні прицільні пристрої, ефективність стрільби, бойова скорострільність.

ВСТУП

Однією із світових тенденцій удосконалення бойової індивідуальної автоматичної стрілецької зброї (автоматичних гвинтівок) є застосування в них коліimatorних прицільних пристроїв. При цьому коліimatorний прицільний пристрій на зброї використовується в якості основного, а механічний прицільний пристрій застосовується у якості резервного на випадок виникнення несправності в основному прицільному пристрої.

Широке застосування коліimatorних прицільних пристроїв на практиці пояснюється спрощенням процесів прицілювання та, відповідно, прискоренням процесів формування навиків щодо здійснення прицілювання у стрільців. Це у свою чергу призводить до підвищення ефективності стрільби зброї в цілому. В той же час такі твердження мають загальний характер, ґрунтуються виключно на особистому досвіді відповідних фахівців та не мають відповідної формалізації, яка б дозволила оцінити ступінь підвищення ефективності за конкретним показником.

Метою статті є:

- дескриптивна формалізація процесів прицілювання із застосуванням коліimatorних та механічних прицільних пристроїв, визначення показника ефективності прицілювання та порівняння його значень для відповідних типів прицілів;
- експериментально-теоретична оцінка ефективності стрільби автоматичних гвинтівок з коліimatorними та механічними прицільними пристроями.

РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ

Механічний прицільний пристрій – найпростіший за конструкцією та найбільш розповсюджений засіб прицілювання, є штатним для більшості моделей бойової стрілецької зброї. За формою заднього візир (цілика) він може бути відкритим (з прорізом) або діоптричним (з діоптром) [1]. В цілому склад механічного прицільного пристрою – розташовані на певній відстані один від одного цілик і мушка, які формують лінію прицілювання.

В процесі прицілювання стрілець візуально суміщає три точки, віддалені на різну відстань від ока стрільця: цілик, мушку і ціль так, щоб вони вирівнялись на одній лінії, яка б проходила через середину прорізу або діоптру прицілу. Враховуючи вищезазначене, формалізуються недоліки механічного прицільного пристрою, а саме:

- на великій дистанції мушка закриває ціль;
- низька точність прицілювання, обумовлена похибкою центрування мушки в прорізі (або діоптрі) та похибкою суміщення мушки з визначеною точкою цілі;
- тривалий час прицілювання, обумовлений необхідністю переакомодатії ока при спостереженні цілика, мушки та віддаленої цілі, а також тривалістю процесів центрування мушки в прорізі (діоптрі) та суміщення з ціллю;
- відсутність стереоскопічного спостереження цілі, обумовлене зменшенням радіусу стереоскопічного зору стрільця, оскільки прицілювання виконується одним оком.

До переваг механічного прицільного пристрою належать: надійність, дешевизна, компактність та мала вага, легкість обслуговування й ремонту, механічна міцність, широкий діапазон температури використання, що обумовлені простотою конструкції.

До складу коліimatorного прицільного пристрою входять, як правило, напівпрозорий відбивач, встановлений на лінії візування цілі під кутом 45° та об'єктив, в фокальній площині якого розміщена прицільна марка, що освітлюється джерелом світла. Відповідно до діючого

нормативно-технічного документу [1], коліаторний прицільний пристрій – це «зенітний прицільний пристрій з напівпрозорим склом, на яке проєктується прицільний знак». Таке визначення (не дивлячись на нещодавній термін введення документа в дію – 2018 рік) є застарілим та наводилось ще за часів радянського союзу [2, 3], так як до 80-х років коліаторні прицільні пристрої масово використовувались на гарматному та кулеметному зенітному озброєнні.

Враховуючи вищезазначене, більш точним визначенням коліаторного прицільного пристрою буде таке: «оптичний приціл, в якому прицільна марка розміщується в фокальній площині оптичної системи, освітлюється джерелом світла та визначає лінію прицілювання зброї».

При такій структурі коліаторного прицільного пристрою прицільна марка відображається на безкінечності, тобто практично її зображення співпадає з віддаленою ціллю. Тому при прицілюванні достатньо візуально сумістити дві рівновіддалені точки: прицільну марку і ціль. Відповідно до досвіду експлуатації коліаторних прицільних пристроїв на стрілецькій зброї до їх переваг належить:

по-перше – свобода переміщення ока стрільця вздовж та поперек ствола зброї в процесі прицілювання. Це означає, що яке б положення не займало око в межах вихідної зіниці безаберацийного прицільного пристрою – зображення прицільної марки не змінює кутового положення відносно цілі;

по-друге – відсутня необхідність перефокусувати око, що спрощує та прискорює процес прицілювання.

Недоліками коліаторного прицільного пристрою є:

- залежність точності прицілювання від характеристик оптичної системи та зорової системи стрільця;
- необхідність наявності джерела для підсвічування прицільної марки.

Однак навіть за наявності недоліку щодо залежності точності коліаторного прицільного пристрою від характеристик оптичної системи, за цим показником він в середньому до 2,7 рази перевищує механічні прицільні пристрої. Так, згідно з результатами проведених досліджень [4] точність відкритого прицілу становить в середньому 3 мрад. Згідно з результатами проведених досліджень [5], точність коліаторного прицільного пристрою в залежності від типу об'єктиву становить до 1,1 мрад.

За даними багаторічної експлуатації коліаторного прицільного пристрою «Нить-А» [6] встановлено: при стрільбі з АК74М з положення стоячи з руки купчастість стрільби на дальності 100 м покращується в 4,13 рази у порівнянні з механічним прицілом, а при стрільбі зі стійких положень точність підвищується лише в 1,12 раз.

Як показано в роботі [7], більшу ймовірність ураження цілі при протидіюванні має та сторона, що раніше виявила, розпізнала ціль, прицілилась та почала її обстріл. Тому часові показники вважаються одними із основних характеристик при порівнюванні різних типів прицільних пристроїв, встановлених на однотипній зброї, тобто при рівній щільності пострілів протидіюючих сторін. У відкритому і коліаторному прицільних пристроях час виявлення і розпізнавання цілі однаковий. Тому необхідно дослідити різницю в часі процесу прицілювання.

При класичному методі прицілювання, для якого слугує механічний приціл, суть прицілювання можна описати такими етапами [4]:

- перший – винос зброї на лінію прицілювання;
- другий – суміщення лінії прицілювання із зоровою віссю ока;
- третій – суміщення прицільної картинки з точкою прицілювання;
- четвертий – опрацювання спуску з контролем збереження правильності прицільної картинки і її суміщення з ціллю до виконання пострілу;
- п'ятий – контроль влучення для повторного пострілу, перенос зброї з пошуком цілі.

Оскільки цілик знаходиться на деякій відстані від ока (особливо якщо бокові поправки вводяться шляхом зміщення цілика), то після першого етапу може знадобитись деякий час на пошук правильного положення голови, щоб мушка попала в проріз цілика (другий етап). Після цього відбувається наведення зброї на ціль шляхом суміщення прицільної картинки з точкою прицілювання (третій етап). На цьому етапі великий вплив на правильність прицілювання здійснюють відблиски та засвічення боків мушки, верхньої грані цілика та мушки, а також фон (його рівномірність й контраст цілі з фоном). Під час четвертого етапу необхідно постійно контролювати не тільки положення мушки на цілі, але й положення мушки та цілика. При необхідності контролю влучення на п'ятому етапі необхідно перевести фокус на ціль, оцінити влучення й прийняти рішення на перенос вогню або знову перевести фокус на мушку і виконати повторний постріл.

На ці дії стрілець витрачає до 3 секунд, оскільки процес переакомодатії ока з мушки на ціль потребує до 1,5 секунд [8], а зона, в межах якої око стрільця може вільно рухатись (зберігаючи мушку на цілі), сумірна з діаметром зіниці ока.

При методі прицілювання, що реалізується коліаторним прицільним пристроєм (в прицілі з напівпрозорим відбивачем – в процесі біокулярного спостереження цілі, в прицілі без відбивача – монокулярного [9]), сутність прицілювання зводиться до таких етапів:

- перший – стрілець орієнтує вихідну зіницю прицільного пристрою на лінії спостереження цілі (при цьому в полі зору спостерігається колімоване зображення прицільної марки або її елементів);
- другий – поворотом зброї навколо ока суміщає прицільну марку з ціллю (рис. 1).

Оскільки фокусна відстань усередненого ока становить приблизно 22,8 мм, то предмет, що знаходиться на дистанції понад 16 м, є для ока безкінечно віддаленим і спостерігається без акомодатії [10, 11]. Тому час на здійснення процедур прицілювання визначається двома основними факторами.

По-перше, наскільки точно стрілець зорієнтував прицільний пристрій перед оком. Якщо кутова похибка α цієї орієнтації не перевищує миттєве поле зору прицільного пристрою (вона визначається формулою: $\text{tga} = d/2t$, де: d – діаметр вихідної зіниці прицільного пристрою, а t – відстань ока від прицільного пристрою), то стрілець відразу бачить прицільну марку і не витрачає час на її пошук. Якщо припустити, що у тренування стрільця

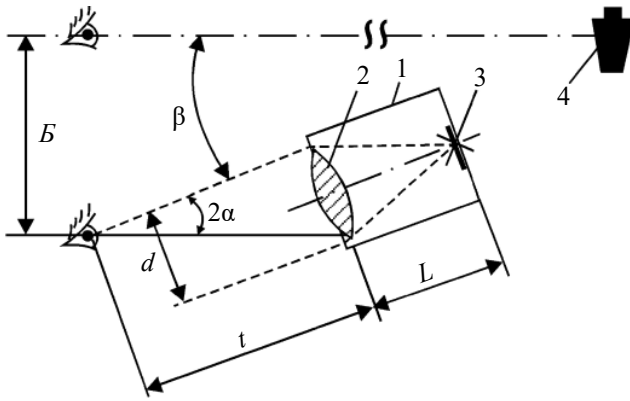


Рис. 1. Схема бінокулярного прицілювання:
1 – колімаційний прицільний пристрій; 2 – об’єктив;
3 – прицільна марка; 4 – ціль; Б – база очей

ція похибка не перевищує 1° , то діаметр вихідної зіниці прицільного пристрою має бути не менше 21 мм при $t = 600$ мм. Прицільна марка із спеціальним малюнком [12] дозволяє зменшити вихідну зіницю в 2...3 рази. Завдяки такому малюнку час пошуку зображення марки при $d < 21$ мм не перевищує десятої долі секунди без необхідності акомодатції ока.

По-друге, який кут β між лінією візування і напрямком на ціль. Тобто похибка попередньої кутової орієнтації зброї, яку необхідно швидко усунути ($\beta_{\max} = 2\alpha$). Оскільки цей кут усувається рукою – можна очікувати, що час цієї операції не перевищить 0,72 с [13].

У підсумку, при раціональному виборі характеристик колімаційного прицільного пристрою (діаметра вихідної зіниці та малюнка прицільної марки) час прицілювання тренованого стрільця не перевищить 1 секунди. Тобто, вигреш в часі в порівнянні з механічним ціликом становитиме до 3 разів.

В той же час, розглянуті вище показники ефективності прицільних пристроїв є частковими та не описують ступінь їх впливу на ефективність стрільби бойової стрілецької зброї. З метою наглядної візуалізації впливу процесів прицілювання саме на бойову ефективність стрілецької зброї проведено натурні випробування. За показник бойової ефективності було обрано бойову скорострільність – число пострілів, що вразили визначені цілі на певних відстанях (число уражених цілей), які можна виконати за одиницю часу (1 хвилину) при точному виконанні прийомів та правил стрільби з урахуванням часу, необхідного для заряджання зброї, прицілювання, коректування й переносу вогню з однієї цілі на іншу, а також часу перезаряджання зброї [14].

При проведенні стрільби прийнято такі припущення: цілі є виявленими, нерухомими та не захищеними засобами індивідуального бронезахисту (або захищені, але боєприпас, що використовується, забезпечує ураження засобів індивідуального бронезахисту), внаслідок чого забезпечується ураження цілі при влученні в неї кулі.

Стрільба виконувалась патронами калібру 5,56×45 мм з кулею зі сталевим осердям з автоматичних гвинтівков:

- Mk 16 SCAR-L (довжина ствола 14,5"). Прицільні пристрої: механічний (діоптричний) та колімаційний (Aimpoint Micro T-2 2MOA);

- CZ 806 BREN 2 (довжина ствола 14,5"). Прицільні пристрої: механічний (діоптричний) та колімаційний (Aimpoint CompM4s 2MOA);

- UAR-15 (довжина ствола 14,5"). Прицільні пристрої: механічний (діоптричний) та колімаційний (Aimpoint CompM4 2MOA).

Умови проведення стрільби [15]:

- цілі – поясні мішені (металеві гонги) розміром 70×60 см, розташовані на дальності 200...300 метрів;
- ширина фронту (кут обстрілу) мішеней – 8...10°;
- з кожної зброї виконувалось 3 стрільби (кожна стрільба – 120 патронів) з діоптричним прицілом та 3 стрільби (кожна стрільба – 120 патронів) з колімаційним прицілом. Результати стрільб для кожної зброї осереднювались;
- стрільби виконуються з положення «лежачи з підпору»;
- перед початком стрільби зброя перебувала в похідному положенні. Заряджання зброї, зміна магазину, усунення затримок у стрільбі й інші операції з обслуговування зразка здійснювалися стрільком у процесі стрільби самостійно;
- стрільба виконувалась чергами фіксованої довжини (2...4 постріли);
- мішень обстрілювалася один раз, після чого вогонь переносився на наступну мішень, незалежно від результатів обстрілу першої.

Стрільба починалась за командою керівника стрільби одночасно з включенням секундоміру. Після закінчення відстрілу чотирьох магазинів (120 патронів) секундомір вимикався та фіксувався час стрільби. У процесі стрільби фіксувалася кількість влучень у мішені (уражень мішеней).

Стрільби виконувались в таких метеорологічних умовах:

- температура повітря – 16 °С;
- атмосферний тиск повітря – 759 мм. рт. ст.;
- вологість повітря – 28 %;
- вітер – боковий, швидкістю 2...3 м/с.

Результати стрільб наведено в табл. 1.

Таблиця 1.

Результати стрільб щодо визначення бойової скорострільності автоматичних гвинтівков у визначених умовах

№ з/п	Назва зброї	Бойова скорострільність з механічним прицільним пристроєм, цілей/хв.	Бойова скорострільність з колімаційним прицільним пристроєм, цілей/хв.
1	Mk 16 SCAR-L	12	19
2	CZ 806 BREN 2	10	15
3	UAR-15	11	20
Середнє значення		11	18

Осереднені показники бойової скорострільності зброї з колімаційним прицільним пристроєм ($\lambda_{\text{КП}}$) та бойової скорострільності зброї з механічним прицільним пристроєм ($\lambda_{\text{МП}}$) є не що іншим, як щільністю уражаючого

потоків пострілів, що використовується для моделювання бою на основі динаміки середніх.

Для порівняльної оцінки ефективності стрільби зброї з механічним прицільним пристроєм та зброї з коліimatorним прицільним пристроєм моделюється зустрічний бій однорідних угруповань на основі рішення системи диференціальних рівнянь (рівняння Ланчестера) [16]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dn_{МП}}{dt} &= -\lambda_{МП} n_{МП} \tilde{R}(n_{КП}) \\ \frac{dn_{КП}}{dt} &= -\lambda_{КП} n_{КП} \tilde{R}(n_{МП}) \end{aligned} \right\}$$

де t – час бою; $n_{КП}$ – кількісний склад підрозділу, що озброєний зброєю з коліimatorним прицільним пристроєм, $n_{МП}$ – кількісний склад підрозділу, що озброєний зброєю з механічним прицільним пристроєм; $\tilde{R}(n)$ – функція $1 - \exp(-n)$.

Система диференціальних рівнянь вирішується за таких початкових умов: $t = 0$; $n_{КП} = n_{МП} = 30$.

Результати моделювання зустрічного бою однорідних угруповань на основі рішення системи диференціальних рівнянь (рівняння Ланчестера), одна з яких озброєна 5,56 мм автоматичними гвинтівками з механічними прицільними пристроями (крапкова лінія тренду), а інша – 5,56 мм автоматичними гвинтівками з коліimatorними прицільними пристроями (суцільна лінія тренду), наведені на рис. 2.

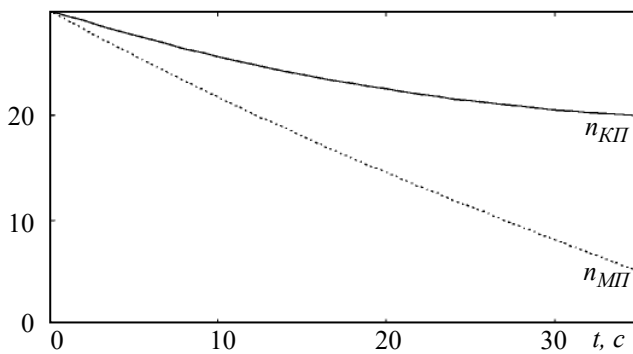


Рис. 2. Графік зменшення кількості вогневих одиниць в угрупованнях при веденні зустрічного бою

Відповідно до результатів моделювання зустрічного бою, на час, коли підрозділ, що озброєний зброєю з механічними прицільними пристроями, повністю знищується (його втрати становлять 80 % вогневих засобів, тобто 24 одиниці), втрати підрозділу, що озброєний зброєю з коліimatorними прицільними пристроями, становлять 33 % (10 одиниць), й відповідно він вважається таким, що навіть не втрачає боєздатність (співвідношення втрат складає 2,4:1).

Для досягнення аналогічного ефекту зустрічного бою за рахунок збільшення кількості особового складу підрозділу (зі зброєю з механічними прицільними пристроями) необхідно відповідний підрозділ збільшити на 6 одиниць (на 20 %).

ВИСНОВКИ

Точність прицілювання коліimatorного прицільного пристрою в середньому до 2,7 рази перевищує механічні прицільні пристрої, а за показником часу прицілювання – до 3 разів.

Застосування коліimatorних прицілів на індивідуальній автоматичній зброї (автоматичних гвинтівках) призводить до підвищення ефективності їх застосування в зустрічному бою до рівня, коли підрозділ, оснащений аналогічною зброєю з механічними (діоптричними) прицільними пристроями, знищується, а перший (оснащений коліimatorними прицільними пристроями) – навіть не втрачає боєздатність. При цьому співвідношення втрат складає 1:2,4.

У разі застосування на індивідуальній автоматичній зброї механічних прицільних пристроїв, для компенсації ефективності від застосування коліimatorних прицільних пристроїв чисельність угруповання повинна бути збільшена на 20 %.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ 8739:2017. Зброя стрілецька. Терміни та визначення понять. [Чинний від 2018-03-01]. Вид. офіц. Київ. 2018.
2. ГОСТ 21209-75. Оружие стрелковое. Механизмы и детали. Термины и определения.
3. ГОСТ 28653-90. Оружие стрелковое. Термины и определения. [Действует с 1990-08-28]. 67 с.
4. Губич Г. Механические прицелы. Типы и особенности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kalashnikov.media>weapons>. Дата обращения 16.02.23.
5. Микитенко В.И., Сенаторов Н.В. Сопоставительный анализ оптических схем коллиimatorных прицелов. Артиллерийское и стрелковое вооружение: межд. науч.-техн. сб. Киев: НТЦ АСВ. 2003. Вып. 7. С. 8–11.
6. Нить-А – коллиimatorный прицел. Описание, характеристики, фотографии, боевое применение. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ak-info.ru>155nit>. Дата обращения 20.02.23.
7. Круковский-Синевиц К.Б., Гурнович А.В. Вероятностная модель огневого противоборства сторон. Артиллерийское и стрелковое вооружение. 2002. Вып. 5. С. 14–16.
8. Кожохин В.В. Оптические прицелы с точки зрения оптика-конструктора. Ружье. 1999. № 5. С. 33–37.
9. Сенаторов Н.В. Підвищення ефективності оптичних прицілів для стрілецької зброї: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.11.07. Поліграфічний Центр «Капрі» УВОІ «Допомога». Київ. 2005. 20 с.
10. Справочник конструктора оптико-механических приборов; под ред. Крутера М.Я. и Панова В.А. Л.: Машиностроение. 1967. 760 с.
11. Микитенко В.И., Сенаторов В.М., Мельник О.Д. Оптичні системи наземних роботизованих комплексів. Київ: Інтерсервіс. 2023. 132 с.
12. Спосіб підвищення точності прицілювання стрілецької зброї: пат. 37105А Україна. МКІ F41G 5/16. М.В. Сенаторов, В.М. Сенаторов. 2001. Бюл. № 3.
13. Костюк В.И., Ходаков В.Е. Системы отображения информации. Киев: Вища школа. 1972. 192 с.

14. Гурнович А.В. Боевая скорострельность стрелкового оружия: определение термина и методика теоретической оценки. Артиллерийское и стрелковое вооружение. 2008. Вып. 2. С. 3–6.
15. Гурнович А.В., Ковальчук А.В., Шелухин С.В., Бойко Г.А. Методика экспериментально-теоретической оценки практической скорострельности стрелкового оружия. Артиллерийское и стрелковое вооружение. 2006. Вып. 1. С. 3–7.
16. Вентцель Е.С. Исследование операций. М.: Сов. радио. 1972. 552 с.
13. Kostyuk, V.I. & Khodakov, V.E. (1972). “Sistemy otobrazheniia informatsii” [Information display systems]. High School. K. 192 p.
14. Hurnovych, A.V. (2008). “Boevaia skorostrelnost strelkovogo oruzhiia: opredelenie termina i metodika teoreticheskoi otsenki” [Combat rate of fire of small arms: definition of the term and methodology of theoretical assessment]. Artillery and small arms. Vol. 2. Pp. 3–6.
15. Hurnovych, A.V. Kovalchuk, A.V., Shelukhin, S.V. & Boyko, G.A. (2006). “Metodika eksperimentalno-teoreticheskoi otsenki prakticheskoi skorostrelnosti strelkovogo oruzhiia” [Method of experimental and theoretical assessment of the practical rate of fire of small arms]. Artillery and small arms. Vol. 1. Pp. 3–7.
16. Wentzel, E.S. “Issledovanie operatsii” [Operations research]. Sov. radio. M. 1972. 552 p.

REFERENCES

1. DSTU 8739:2017. “Zbroia striletska. Terminy ta vyznachennia poniat” [Small arms. Terms and definitions]. [Valid from 2018-03-01]. K. 2018.
2. GOST 21209-75. “Oruzhiie strelkovoie. Mekhanizmy i detali. Terminy i opredeleniia” [Small arms. Mechanisms and details. Terms and definitions].
3. GOST 28653-90. “Oruzhie strelkovoie. Terminy i opredeleniia” [Small arms. Terms and definitions]. [Valid from 1990-08-28]. 67 p.
4. Gubich, G. “Mekhanicheskie pritsely. Typy i osobennosti” [Mechanical sights. Types and features]. Available at: <https://kalahnikov.media>weapons>. Completion date 02.16.23.
5. Mikitenko, V.I. & Senatorov, N.V. (2003). “Sopostavitelnyi analiz opticheskikh skhem kollimatornykh pritselov” [Comparative analysis of optical schemes of collimator sights], Intern. Scient. and techn. coll. Artillery and small arms. K: STC DIA. Vol. 7. Pp. 8–11.
6. “Nit-A – kollimatornyi pritsel. Opisanie, kharakteristiki, fotografii, boevoie primenenie” [Thread-A – collimator sight. Description, characteristics, photographs, combat use]. Available at: <https://www.ak-info.ru>155nit>. Accessed 02.20.23.
7. Krukovsky-Sinevich, K.B. & Hurnovych, A.V. (2002). “Veroiatnostnaia model ogneвого protivoborstva storon” [Probabilistic model of fire confrontation of the parties], Artillery and small arms. Vol. 5. Pp. 14–16.
8. Kozhokhin, V.V. (1999). “Opticheskie pritsely s tochki zreniia optika-konstruktora” [Optical sights from the point of view of an optics designer], Shotgun. No. 5. Pp. 33–37.
9. Senatorov, N.V. “Pidvyshchennia efektyvnosti optychnykh prytsiliv dlia striletskei zbroi. Avtoreferat dysertatsii” [Increasing the efficiency of optical sights for small arms. Dissertation abstract]. K. 2005. 20 p.
10. “Spravochnik konstruktora optiko-mekhanicheskikh priborov” [Handbook of the designer of optical-mechanical devices], ed. Kruger M.Ya. & Panova V.A. L.: Engineering. 1967. 760 p.
11. Mykytenko, V.I., Senatorov, V.M. & Melnyk, O.D. (2023). “Optychni systemy nazemnykh robotyzovanykh kompleksiv” [Optical systems of ground robotic complexes]. Interservice. K. 132 p.
12. “Sposib pidvyshchennia tochnosti prytsiliuvannia striletskei zbroi” [A method of increasing the accuracy of small arms aiming]. Pat. 37105A. Ukraine. MKI F41G 5/16. M.V. Senatorov, V. M. Senatorov. 2001. Bul. No. 3.

**Hurnovych A., Senatorov V.,
Saienko M.**

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF SHOOTING FROM AN AUTOMATIC RIFLE WITH A COLLIMATOR AND MECHANICAL SIGHTS

The article analyzes the features of aiming processes using mechanical aiming devices and collimator aiming devices. Their disadvantages and advantages are revealed. Mechanical and collimator aiming devices are compared in terms of aiming accuracy and aiming time.

Indicators of the effectiveness of aiming devices are partial and do not describe the degree of their influence on the effectiveness of shooting combat small arms. In order to assess the direct impact of aiming processes on the combat effectiveness of small arms, field tests were conducted, the essence of which was shooting at targets from automatic rifles using mechanical aiming devices and collimator aiming devices. During the shooting, the number of hit targets and the time for shooting were recorded. Based on the recorded results of experimental studies for automatic rifles, the value of the shooting efficiency indicator «combat rate of fire» was determined – the number of shots (that hit the targets) that can be fired per unit of time (1 minute) with the exact execution of shooting techniques and rules, taking into account the time required for charging weapons, aiming, adjusting and transferring fire from one target to another, as well as reloading weapons. The specified indicator is nothing more than the density a stream of deadly shots, which is used to simulate the battle based on the dynamics of the averages.

On the basis of practically obtained results regarding the density a stream of deadly shots, a mathematical simulation of a counter-fight between two groups was performed, one of which used mechanical aiming devices on weapons and the other used collimator aiming devices. According to the simulation results, an assessment of the effectiveness of the use of collimator aiming devices was made based on the indicators of the loss of fire units during the battle or the need to increase the number of groups to compensate for the effectiveness of the use of collimator aiming devices.

Keywords: *mechanical aiming devices, collimator aiming devices, firing efficiency, combat rate of fire.*

Відомості про авторів:

Гурнович Анатолій Вікторович

доктор технічних наук, професор
провідний науковий співробітник Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-2041-4978>

Сенаторов Володимир Миколайович

кандидат технічних наук, доцент
старший науковий співробітник Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5387-5693>

Саєнко Максим Валерійович

інженер
заступник директора товариства з обмеженою відповідальністю «УКРОП»
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-2707-6630>

Information about the authors:

Anatolii Hurnovych

Doctor of Technical Sciences, Professor
Leading Researcher, Central Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment of Armed Forces of Ukraine
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-2041-4978>

Volodymyr Senatorov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Senior Researcher, Central Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment of Armed Forces of Ukraine
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5387-5693>

Maxym Saienko

Engineer
Deputy Director of the Limited Liability Company «UKROP»
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-2707-6630>

Стаття надійшла до редколегії 24.05.2023.