
ANALYSIS OF PROBLEMS OF SMALL-ANGLE APPROXIMATION IN MATHEMATICAL MODELS OF PROJECTILE FLIGHT

V. Maidaniuk

The article deals with the topical issue of developing mathematical models of projectile flight, which accurately describe the projectile motion in the air. It is shown that the nature of the mathematical models presentation varies depending on the required reliability degree of the real physical projectile flight process representation by the mathematical model, the adequate consideration of certain forces (moments) acting on the projectile, as well as the level of information about the external flight conditions which include the parameters of the air in which the projectile moves. At the same time, the use of the shape coefficient - the agreement coefficient in the differential equation system leads to "rough" mathematical models, which does not allow to adequately describe the projectile flight trajectory and its individual elements. The solution to this problem is especially relevant during developing and implementing procedures, technical solutions in the interest of achieving the necessary level of interoperability with NATO forces, the gradual abandonment of the standard functions of air resistance, the transition to individual functions and mathematical models of projectile motion, which are currently accepted in the member states of the Alliance. The conducted analysis of modern mathematical models showed that their construction is based on an approximate approach, which was called the small-angle approximation, in which, for an axisymmetric rotating projectile, it is considered that the nutation angles are sufficiently small, the aerodynamic forces (moments) depend only on the speed of its flight and the nutation angle, and only the linear terms of their Taylor series expansion are used in the calculations. The nutation-precessional behavior of the projectile was considered and the nonlinear dependencies of the coefficients of the aerodynamic forces (moments) of the projectile on the angles of nutation were revealed.

Keywords: *projectile, mathematical model, aerodynamic forces (moments), motion equations, nutation, small-angle approximation, nonlinear dependencies*

УДК: 623.454.71

DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.27.2022.26-35>

І. Мартинюк, Є. Шматов, О. Стаднічук, Т. Погребняк, В. Ларіонов, І. Гоменюк

*Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного**Article history:* Received 23 September 2022; Revised 12 October 2022; Accepted 25 October 2022

РОБОТИЗОВАНІ ВОГНЕМЕТНІ КОМПЛЕКСИ ЯК ПЕРСПЕКТИВА РОЗВИТКУ ВОГНЕМЕТНИХ ПІДРОЗДІЛІВ

Війна в Україні і, як наслідок, зростання міжнародної напруженості стало головним питанням національної безпеки та необхідності визначення ефективних перспективних засобів озброєння. В умовах, коли противник значно переважає за всіма компонентами (технічно та кількісно), безпілотні (роботизовані, дистанційно керовані) потужні вогневі засоби спроможні вплинути на хід бойових дій. Війна в Нагорному Карабасі (2020 р.) та Україні (2014-2022 рр.) показала високу ефективність засобів ураження, що розміщуються на безпілотних (роботизованих) платформах. Розробка та прийняття нових систем озброєння та військової техніки, високоточних засобів розвідки та ураження, автоматизованих систем управління зумовить перегляд та реформування організаційно-штатної структури військ, своєчасність та ефективність виконання бойових завдань, максимальне збереження особового складу тощо. Одним з таких засобів вогневого ураження може бути роботизований вогнеметний комплекс. Перспективність використання роботизованих систем є достатньо актуальними та затребуваними в умовах сьогодення. Мета дослідження – вивчення перспективності використання роботизованого вогнеметного комплексу, визначення його основних характеристик, ролі та місця в організаційно-штатній структурі вогнеметного взводу роти радіаційного, хімічного, біологічного захисту. У роботі проаналізовано типову організаційно-штатну структуру вогнеметного взводу та його бойові можливості. Запропоновано тактико-технічні характеристики для розроблення нового роботизованого вогнеметного комплексу та розроблено нову типову організаційно-штатну структуру вогнеметного взводу, на озброєнні якого він буде прийнятий. Розраховано ефективність (ймовірність) ураження цілі запропонованим зразком озброєння. На основі аналізу отриманих результатів сформульовано основні переваги вогнеметного взводу, що буде озброєний роботизованим вогнеметним комплексом. Зокрема, автономність виконання завдання, висока точність ураження, мобільність і живучість, збільшена дальність ураження та потужність вогнеметних пострілів, спроможність виконувати завдання за будь-якої погоди та в будь-який час доби та відсутність психологічного фактора. Упровадження роботизованого вогнеметного комплексу в штат роти радіаційного, хімічного, біологічного захисту допоможе скоротити чисельність особового складу, що перебуватиме на полі бою.

Ключові слова: *автономна система озброєння, вогнеметний взвод, роботизований вогнеметний комплекс, ефективність ураження, бойові можливості*

Постановка проблеми

Війна в Україні і, як наслідок, зростання міжнародної напруженості стало головним питанням національної безпеки та необхідності визначення ефективних перспективних засобів озброєння. До таких новітніх очікуваних видів озброєнь, що спроможні кардинально змінити якість воєнних дій та характер сучасної війни, відносять: автономне озброєння, високоенергетичні лазери, зброю космічного базування, гіперзвукові літаки нового покоління, системи активного знищення термічним способом, реактивні системи дальньої дії, контактні й дистанційні електрошокери, електронні бомби тощо. Власне, війни майбутнього західні аналітики вважають війнами високоточної зброї, безпілотних літальних апаратів (БпЛА) та інших роботизованих комплексів [1], [2]. Тому на перші позиції потрапляють автономні системи озброєння, тобто нове покоління бойових роботів. Це зумовлене тим, що людські можливості у сприйнятті, обробці, кількісному аналізі інформації, швидкості прийняття рішень є обмеженими. Використання роботизованих автономних систем у військовій системі є досить привабливим та перспективним, а використання бойових роботів зможе замінити особовий склад на полі бою [1]-[5].

Повномасштабна агресія РФ проти України та дії військових частин і підрозділів Збройних Сил (ЗС) України дещо змінили погляди на ведення майбутніх воєнних дій. Власне, брак сил та засобів змусив ЗС України діяти гнучко в системі управління та швидко реагувати на небезпечну обстановку і за допомогою тимчасових мобільних груп різного призначення уражати різні цілі противника на загрозливих напрямках. Дії військових частин і підрозділів ЗС України у цих умовах потребують детального вивчення й осмислення. Уже сьогодні зрозуміло, що ці групи завдавали противнику значні і болючі втрати, втім у лютому-квітні це була імпровізація, вимушена дія, що пов'язана з нестачею сил і засобів. Ключовий принцип ЗС України – максимальне збереження життя особового складу, бо кожен український багнет – безцінний [6].

В умовах, коли противник значно переважає за всіма компонентам (технічно та кількісно), безпілотні (роботизовані, дистанційно керовані) потужні вогневі засоби спроможні вплинути на хід бойових дій. Війна в Україні (2014-2022 рр.) та Нагорному Карабасі (2020 р.) показала високу ефективність засобів ураження, що розміщуються на безпілотних (роботизованих) платформах. Якщо в повітрі, головню, домінували БпЛА [7], то у війнах майбутнього на суходолі будуть домінувати наземні автономні роботизовані комплекси різного призначення [1], [2].

Упровадження роботизованих автономних систем у збройних силах, очевидно, призведе до значних змін щодо організації, оснащення, комплектування підрозділів та способів ведення бойових дій [2], [4]. Ці зміни головню будуть стосуватись збереження життя особового складу. Головна трансформація повинна здійснюватись за напрямками створення цільових сил, що матимуть стратегічну мобільність та високу бойову ефективність. Основні умови успішних дій таких формувань будуть залежати від мобільності (від отримання розвідувальних даних до прийняття рішень), керованості (забезпечення дистанційного ведення бойових дій), живучості (обізнаність кожного військовослужбовця щодо обстановки на полі бою та можливих засобах і способах захисту), вогневої потужності (ефективних і високоточних вогневих засобів з високою швидкістю готовності до відкриття вогню та дальністю ураження) та автономності (можливість вести самостійні дії впродовж тривалого часу [3], [5]).

Розробка та прийняття нових систем озброєння та військової техніки, високоточних засобів розвідки й ураження, автоматизованих систем управління зумовить перегляд та реформування організаційно-штатної структури військових підрозділів, своєчасність та ефективність виконання бойових завдань, максимальне збереження особового складу тощо.

Одним із таких засобів вогневого ураження може бути роботизований вогнеметний комплекс. Перспективність використання роботизованих систем є достатньо актуальними та затребуваними в умовах сьогодення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз наукових джерел з досліджуваної тематики є досить обмеженим. Вітчизняні та закордонні науковці приділяють певну увагу оцінюванню бойових можливостей військових підрозділів [8]-[15]. Однак для практичного розрахунку бойових можливостей у різних запропонованих способах вогневі, ударні та маневрені можливості встановлюються на основі різних методів, а величини, що описують загальну бойову можливість підрозділу для визначення боєздатності, не розраховуються. Науково-методологічний апарат, необхідний для оцінювання бойової ефективності різних підрозділів, містить часткові відомості. Математичні моделі, які б дозволяли оцінювати бойову спроможність та здійснювати порівняльний аналіз наявних або перспективних зразків озброєння, переважно базуються на загальноприйнятих показниках. Прикладом такої математичної моделі є розрахунок часткових показників оцінювання ефективності застосування бойових

гелікоптерів [11] або методика розрахунку можливості виконання поставленого завдання в тактичній операції, що базується на бойовій потужності підрозділу [8], [13].

Бойовий потенціал зразків озброєння та військової техніки, як правило, визначається інтегральними характеристиками його граничних можливостей, виражених через основні функціональні властивості і тактико-технічні характеристики зразків [9], [12]. Зокрема, у роботі [10] показано, що бойовий потенціал бойових БпЛА ударного типу визначається величиною середнього збитку, що реалізується за цикл бойового застосування. У дослідженнях [14] доведено, що для розрахунку вогневої можливості артилерійських підрозділів необхідним показником ефективності ураження є кількість витрачених боєприпасів на ціль.

У статті [15] проведено структурно-функціональний аналіз розвідувально-вогневої системи та її складових методами кластерного аналізу та експертної оцінки. Отримані дані доводять, що типова розвідувально-вогнева система складатиметься з трьох підсистем: управління, розвідки та вогневого впливу.

Ведуться активні дискусії у наукових колах і про перспективи створення механізованої бригади майбутнього [1], [2]. За поглядами військових експертів, ця бригада повинна мати більшу частку бойових підрозділів та оснащена надсучасним озброєнням, яке дозволить значно підвищити її вогневу міць, маневреність, керованість, спроможність діяти значний час автономно. Структура підрозділів, що будуть входити до складу бригади, остаточно не визначена, але вони повинні відповідати вимогам сучасних і майбутніх викликів.

Таким чином, питання розвитку засобів вогневого ураження підрозділів механізованої бригади майбутнього, оцінювання їхнього бойового потенціалу та можливостей потребує дослідження.

Формулювання мети статті (постановка завдання)

Мета дослідження – вивчення перспективності використання роботизованого вогнеметного комплексу, визначення його основних характеристик, ролі та місця в організаційно-штатній структурі вогнеметного взводу роти радіаційного, хімічного, біологічного (РХБ) захисту. Завдання: оцінити бойові можливості вогнеметного взводу; розрахувати ефективність (ймовірність) ураження цілі перспективним роботизованим вогнеметним комплексом (РВК); запропонувати можливу організаційно-штатну структуру вогнеметного взводу, на озброєння якого буде прийнятий РВК.

Виклад основного матеріалу

Збройні сили США та інших країн-членів НАТО в останніх локальних конфліктах практично відмовились від використання вогнеметної зброї та запалювальних засобів (зустрічаються окремі повідомлення про поодинокі застосування термобаричних зарядів під час війни в Афганістані) [16]. РФ, навпаки, вважає вогнеметні системи з термобаричними снарядами доцільним підсиленням дій артилерії під час ведення бойових дій, особливо в умовах великого скупчення живої сили, наприклад, в містах. Відповідно, підрозділи, що використовують піхотне та важке вогнеметне озброєння, є лише у зс рф і вони перебувають за штатом у частинах (підрозділах) військ РХБ захисту [16], [17].

Аналізуючи бойовий досвід використання вогнеметних підрозділів впродовж останніх шести місяців [18], відзначають:

- ефективне використання вогнеметів у міських боях для ураження вогневих точок у будівлях, знищення живої сили у приміщеннях, зупинки бронетехніки та знищення автомобільної техніки (Маріуполь, Волноваха);

- одночасне застосування вогнеметів з гранато-метами по скупченню живої сили противника на відкритій місцевості у ході оборонних боїв;

- високу ефективність проти піхоти в лісосуходах при знищенні секретів, ДОТів (по всій лінії зіткнення).

Проте, є й недоліки використання вогнеметних підрозділів, зокрема:

- мала кількість наявних вогнеметів і складність поповнення ними;

- технічні негаразди (інколи спостерігається відсутність детонування термобаричної суміші за несприятливих погодних умов);

- конструктивна перевага радянських РПО-А перед РПВ-16 (наприклад, складність у приєднанні пускового пристрою до пускового контейнера).

Загалом, зазначені недоліки не впливають на ефективність застосування вогнеметних підрозділів у війні з рф.

На сьогодні вогнеметний взвод роти РХБ захисту зс рф (рис. 1) складається з трьох відділень по 9 чол.: 8 – вогнеметники, 1 – водій БТР; у взводі – 28 чол.: 24 вогнеметники, 3 водія БТР і командир взводу. Озброєння вогнеметного взводу – вогнемети РПО-А. Кожен вогнеметник має при собі 2 вогнеметних постріли, відповідно, у відділенні – 16 вогнеметів, а у взводі – 48. Один боєкомплект складає 12 вогнеметних пострілів, загальна кількість вогнеметів – 288, які ешелонуються: при вогнеметнику два постріли, решта розподіляється у транспорті роти та транспорті полку (бригади).

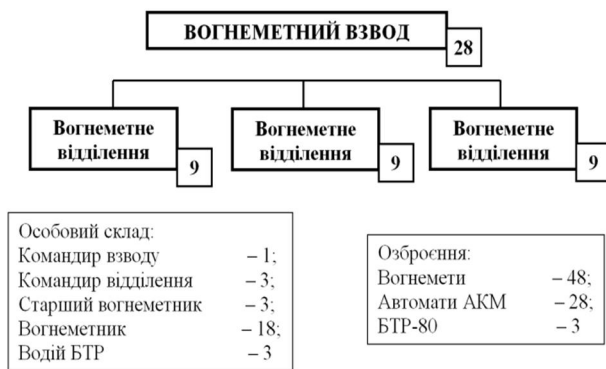


Рис. 1. Приблизна організаційно-штатна структура вогнетметного взводу роти РХБ захисту *мсбр* зс рф

Вогнетметний взвод роти РХБз *мбр* ЗС України має подібну організаційно-штатну структуру, проте інше озброєння, а саме вогнетмети РПВ-16.

За технічними характеристиками та будовою вогнетмети РПО-А та РПВ-16 є схожими [19]:

- максимальна дальність стрільби – 1000 м;
- прицільна дальність – 600 м;
- дальність прямого пострілу – 200 м;
- калібр – 93 мм;
- маса вогнетмета – 11 кг, в'юка – 22 кг, термобаричної суміші – 2,1 кг;
- швидкострільність – 1÷2 постріли на хвилину.

Для перевезення особового складу взводу та озброєння використовують три вантажних автомобілі.

Ефективність застосування вогнетметів такого типу у загальновійськовому бою залежить (без урахування протидії противника) від особистих якостей вогнетметника (досвіду, навченості, фізичної підготовки, морально-психологічного стану тощо) та технічних можливостей озброєння. Частково особисті характеристики впливають на повноцінну реалізацію технічних можливостей вогнетмета. Крім того, відносно мала дальність ураження та потужність боєприпасу, значна вага зброї, суттєвий вплив пориву вітру на точність влучання у ціль, мала маневреність та велика кількість особового складу не можуть задовольнити вимогам, що висувають підрозділам механізованої бригади майбутнього.

Вогневі можливості підрозділу – це максимальний обсяг вогневих завдань, який може бути виконаний одночасно цим підрозділом встановленою кількістю боєприпасів за певний проміжок часу [8], [9]. Загальні бойові можливості вогнетметного взводу роти РХБ захисту *мсбр* зс рф (табл. 1) не враховують умов ведення сучасного бою: вплив противника, фізичне та психологічне виснаження особового складу, місцевість, пори року, погодні та добові характеристики.

Таблиця 1

Кількість боєприпасів, необхідних для ураження окремої цілі та бойові можливості вогнетметного взводу роти РХБ захисту зс рф

Відстань до цілі, м	ДЗОТ з амбразури 0,3×0,7м	Вогнева точка у вікні будинку 1,2×1,5м	Транспортний автомобіль	Спеціальний автомобіль	БТР, БМП
50-70	1/288	1/288	1/288	1/288	1/288
130-140	1/288	1/288	1/288	1/288	1/288
180-200	4/72	2/144	1/288	1/288	1/288
300	6/48	3/96	1/324	1/288	2/44
400	-/-	648	2/144	2/144	2/144
500	-/-	10/29	2/144	2/144	3/96
600	-/-	14/21	3/96	2/144	5/58

Примітка: у чисельнику зазначено кількість боєприпасів, необхідних для ураження одиночної цілі, у знаменнику – кількість уражень цілі повним боєкомплексом

Оскільки організаційно-штатна структура та озброєння вогнетметного взводу роти РХБ захисту *мсбр* зс рф та вогнетметного взводу роти РХБ захисту *мбр* ЗУ України майже подібні, то і бойові можливості теж.

Очевидно, механізовані бригади майбутнього будуть мати іншу організаційно-штатну структуру, відповідно до завдань, тогочасної зброї та техніки. Ці зміни будуть торкатись і вогнетметного взводу роти РХБ захисту. Зокрема, взвод повинен органічно вписатись в удосконалену систему управління боем та бути адаптований до управління з тактичного оперативного центру (ТОЦ) бригади та знайти своє місце у “бойовому трикутнику”: засоби розвідки, радіоелектронна боротьба та вогневе ураження.

У майбутньому вогнетметний взвод повинен бути укомплектований зброєю, що відрізнятиметься від сучасної не лише ефективністю та потужністю, але й філософією, де пріоритетом є швидке та надійне ураження противника та збереження життя і здоров'я вогнетметника. Збереження життя особового складу можливе або завдяки зменшенню часу перебування його на полі бою або повного усунення з поля бою, з використанням роботизованого озброєння.

Виділяють три умовні етапи процесу, в якому бойові роботи витіснятимуть людину із зон безпосереднього військового конфлікту [1], [3], [5]:

- перший – застосування роботів, які виконують допоміжні функції (частка робіт у загальному обсязі функцій не перевищує 10 %);

- другий – значне застосування роботів (частка виконуваних функцій буде в межах 10÷60 %).

- третій – повне усунення людини з небезпечних зон військових конфліктів. За людиною залишається процес розробки, виготовлення, обслуговування, управління та контролю за діями роботизованих автономних систем.

Відповідно, розробка РВК та прийняття його на озброєння буде сприяти досягненню цього результату та дозволить вести безконтактні бойові дії.

На наш погляд, до складу РВК повинні входити: наземна роботизована вогнеметна система (НРВС), рухомий пункт керування (РПК) на броньованій базі, що одночасно виконуватиме роль командно-спостережного пункту (КСП) взводу, БпЛА квадрокоптерного типу (ретранслятор) і транспортний засіб для транспортування НРВС у район виконання завдання (рис. 2).

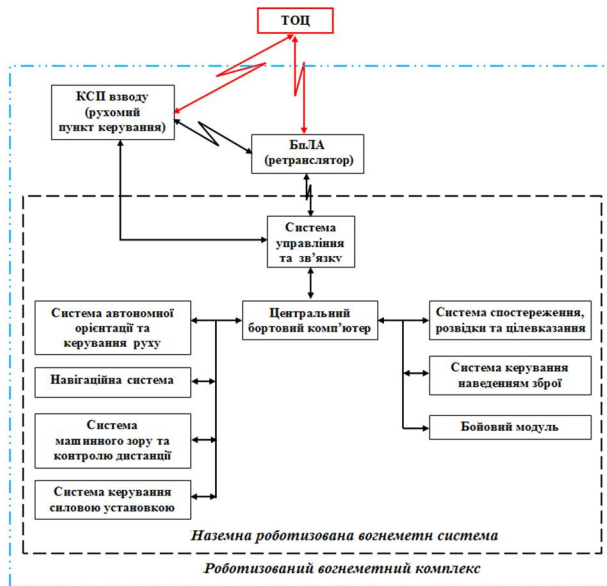


Рис. 2. Орієнтовна структурна схема роботизованого вогнеметного комплексу

Основні вимоги, яким повинен відповідати РВК (НРВС):

- озброєння (8 вогнеметів підвищеної потужності, дальності стрільби та точності влучення і кулемет для власного захисту від дрібних груп піхоти противника);

- можливість виконувати завдання автономно на заданій ділянці місцевості та взаємодія з іншими засобами ураження;

- дії РВК повинні бути сумісні з ТОЦ бригади і легко перенацілюватись на інші об'єкти ураження, на виконання завдання в іншому районі або у бойових порядках іншого підрозділу;

- наявність обладнання: база цілей і програма, що дозволяє класифікувати цілі "свій – чужий", засоби спостереження, розвідки та вимірювання дальності до цілі у будь-який час доби, задимленості, запиленості атмосфери та погодних умов, завадостійкий і дублюючий канали зв'язку та управління;

- технічні можливості: запас ходу, що дозволяє виконувати завдання на пересіченій місцевості впродовж доби (пробіг не менше 100÷150 км);

- інформація про витрату вогнеметів і набоїв повинна надходити на РПК (КСП взводу) у реальному часі;

- можливість передачі керування його діями командирів взводу (роти) загальновійськового підрозділу у бойових порядках, де діє цей комплекс;

- модульний принцип побудови для забезпечення можливості зміни бойових властивостей.

Загалом, НРВС – це роботизована броньована самохідна платформа високої прохідності з розміщеними на ній бойовим модулем та системами керування і озброєння. Вона повинна виконувати бойові завдання автономно на певній ділянці місцевості або за рахунок керування оператором з РПК. Для автономного пересування у пам'ять бортового комп'ютера закладається цифрова карта місцевості. Оператор визначає початковий напрямок дії, а далі НРВС самостійно вибирає маршрут руху з урахуванням можливих перешкод, які вона спроможна подолати. Для ідентифікації об'єктів ураження (визначення "свій-чужий") створюється візуальна база об'єктів ураження. Уся інформація, що бачить НРВС, має відобразитися на моніторі оператора, який спостерігає (керує) за діями НРВС і, за потреби, корегує їх. Керування здійснюється через закритий канал зв'язку, який повинен мати дублювання та широкий діапазон частот, щоб ухилитися від впливу засобів радіоелектронної протидії противника.

Один РВК повинен мати від 6 до 9 НРВС, діями яких керують оператори з розрахунку: один оператор не більше ніж на три НРВС.

До складу НРВС повинні входити (рис. 2):

- бойовий модуль (з елементами дистанційного керування та відкриття вогню);

- система спостереження, розвідки та цілевказування;

- система керування наведенням зброї, силовою установкою;

- навігаційна система;

- система автономної орієнтації та руху;

- система машинного зору та контролю дистанції;

- система управління та зв'язку, до якої буде закріплено БпЛА-ретранслятор;

- центральний бортовий комп'ютер.

Бойовий модуль повинен мати не менше 4 вогнеметів, готових для миттєвого застосування, та 4 запасних вогнемети, що автоматично перезаряджаються у ході бою, 7,62 мм кулемет із запасом набоїв (250 шт). Вогнемети підвищеної потужності, калібру 120-140 мм (за потужністю 140-мм вогнеметні постріли переважають вогнеметні постріли 93-мм РПО-А (РПВ-16) майже утричі) з дальністю прямого пострілу не менше 600÷800 м, максимальною дальністю ураження – до 2,5 км, швидкострільністю 4 постріли за хвилину та спроможністю уражати цілі (типу ДОТ, ДЗОТ, БТР, БМП, ББМ, автомобіль) на відстані до 1500 м. Бажана ймовірність ураження

де Φ – зведена функція Лапласа [20], яку розраховували за допомогою програмного забезпечення MathLab.

Якщо зміщення центру розсіювання відносно центру цілі відсутнє, то ймовірність ураження цілі має максимальне значення за умови

$$P_{yp} = \frac{\hat{e}}{\hat{e}} \Phi\left(\frac{l_y}{E_{yb}}\right) \cdot \Phi\left(\frac{l_z}{E_{zb}}\right) \dot{U} \dot{U} \quad (4)$$

Ймовірність ураження цілі кількома пострілами (P_n) визначають [3]

$$P_n = 1 - (1 - P_{yp})^n, \quad (5)$$

де P_{yp} – ймовірність ураження одним пострілом;
 n – кількість пострілів.

Вогнеметні постріли НРВС відносяться до некерованих засобів ураження, з підвищеною точністю влучення. За балістичними характеристиками вогнеметні постріли НРВК будуть подібні з пострілами СПГ-9 (заряд ПГ-9П) [21]. За допомогою (4, 5) розрахуємо ймовірність ураження стандартної цілі (вікно розмірами 1,2×1,5 м), що знаходиться на відстані 600 м наявними вогнеметами, зокрема РПО-А (РПВ-16) та пропонованої НРВК. Результати розрахунків наведено у табл. 2, рис. 4.

Таблиця 2

Ефективність ураження одиночної цілі розміром 1,2×1,5 м на відстані 600 м

Розрахункові дані	Засіб вогневого ураження	
	РПО-А (РПВ-16)	НРВС
E_{yb}	1,44	0,34
E_{zb}	1,08	0,33
l_y/E_{yb}	0,666	3,53
l_z/E_{zb}	1,042	4,545
$\Phi_y; \Phi_z$	0,3438; 0,517	0,983; 0,998
P	0,18	0,95
* – за даними для 73-мм станкового протитанкового гранатомета СПГ-9		

Як видно за результатами обрахунків, ймовірність ураження цілі на відстані 600 м пропонованим НРВС суттєво переважає над сучасними вогнеметами РПО-А (РПВ-16) (більше ніж у 5 разів). Для НРВС ефективність ураження цілі майже не залежить від кількості пострілів, тоді як для РПО-А (РПВ-16) прийнятна ймовірність ураження (>0,6) досягається не раніше ніж за 5 пострілів.

Для розрахунку ймовірності ураження інших цілей (наприклад, автомобіля, БТР, БМП, БМ) додатково вводять коефіцієнт фігурності (відношення площі цілі до площі прямокутника, що описується). Значення цього розрахованого коефіцієнта залежить від розміру цілі і знаходиться в межах 0,6 ÷ 0,95.

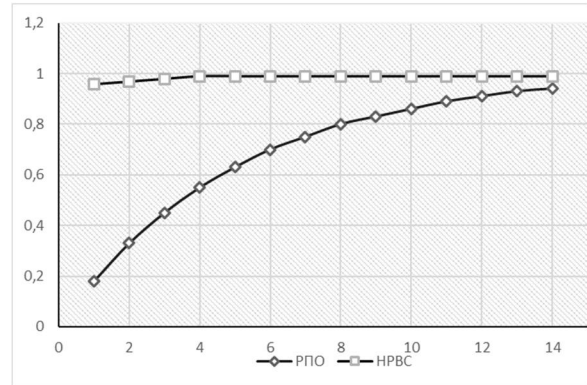


Рис. 4. Ймовірність ураження цілі РПО-А та НРВС залежно від кількості пострілів

Порівняння технічних характеристик озброєння вогнеметних взводів (сучасного та майбутнього), їхніх бойових можливостей дозволяє зробити наступні висновки:

- дальність ураження НРВС буде збільшена майже у два рази, а ймовірність ураження – у п'ять разів порівняно зі ручними піхотними вогнеметами;
- розрахована кількість уражених цілей НРВС на відстані до 2,5 км – до 24 од. ДОТ (ДЗОТ) або до 36 од. автомобільної техніки, БТР, БМП. Для вогнеметного взводу, озброєного РПО-А (РПВ-16), на максимальній відстані ураження 600 м здатні уразити до 4 од. ДОТ (ДЗОТ) або 8 од. рухомих цілей.

Висновки

Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити наступні висновки щодо переваг вогнеметного взводу, озброєного НРВК:

- спроможність виконувати завдання за будь-якої погоди та в будь-який час доби;
- автономність виконання завдання;
- збільшена дальність ураження та потужність вогнеметних пострілів;
- висока точність ураження;
- відсутність психологічного фактора;
- висока мобільність і живучість;
- можливість управління з ТОЦ бригади.

Втілення цих вимог у технічні характеристики НРВК дозволить:

- суттєво підвищити вогневі можливості підрозділів, до яких буде доданий РВК у різних видах бою (операціях) та знизити ймовірні втрати особового складу;
- скоротити час і підвищити ефективність виконання завдань за призначенням (вогневої підтримки, ураження живої сили противника, знищення транспортних засобів, легкоброньованої техніки, вогневих точок противника у складних топографічних, метеорологічних, нічних умовах, особливо в умовах щільної міської забудови);
- зменшити чисельність особового складу вогнеметного взводу;

- знизити або й виключити вплив морально-психологічних факторів на особовий склад та результативність виконання бойових завдань, одночасно збільшуючи вогневу потужність підрозділів, до яких буде додаватись у різних видах бою (операції);

- у майбутньому проводити подальшу модернізацію (удосконалення) для підвищення бойового потенціалу, з урахуванням появи нових технологій щодо ефективності вогневого ураження.

Основний напрям розвитку бойових систем повинен забезпечити якісно нові бойові можливості, а основа розвитку – розробка та прийняття на озброєння сучасного високотехнологічного зразка з якісно новими можливостями, застосування яких гарантовано забезпечить ефективність виконання бойових завдань та успіх у бойових діях.

Список літератури

1. U.S. Ground Forces Robotics and Autonomous Systems (RAS) and Artificial Intelligence (AI): Considerations for Congress. 2018. 47 p. URL: <https://fas.org/sgp/crs/weapons/R45392.pdf>
2. Autonomous weapon systems: Technical, military, legal and humanitarian aspects. Expert meeting. Geneva, Switzerland, 26-28 March 2014. 106 p.
3. Ожеван М.А. Автоматизовані робототехнічні системи озброєнь: новий виклик воєнній безпеці України. Аналітична записка. 2017. 22 с. URL: <https://niss.gov.ua/sites/default/files/2017-02/Ozhevan-86924.pdf>.
4. Кравчук О.І., Ковалішин С.С., Монахов Ю.К., Симоненкова І.В. Визначення напрямків роботизації Збройних Сил України на основі аналізу програм розвитку озброєння і військової техніки передових країн світу. *Збірник наукових праць Військової академії*. Одеса, 2017. №1. С. 117-126.
5. Салкуцан С.М., Медвідь В.П., Мельничук Ю.І., Ремез А.В., Ремез В.В. Основні перспективні напрямки розвитку Збройних Сил держави в умовах ведення війн високих технологій. *The scientific heritage*. 2021. № 70. С. 3-8.
6. Залужний В., Забродський М. Перспективи забезпечення воєнної кампанії 2023 року: український погляд. *Ukrinform.ua*. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3566162-ak-zabezpeciti-voennu-kampaniu-u-2023-roci-ukrainskij-poglad.html> (дата звернення: 15.09.2022)
7. Волков А.Ф., Лезік О.В., Корсунов С.І., Левагін Г.А., Яновський О.В., Івахненко К.В. Аналіз застосування БПЛА у вірмено-азербайджанському воєнному конфлікті та можливі шляхи боротьби з ними. *Системи озброєння і військова техніка*. 2020. №4 (64). С.7-16. <https://doi.org/10.30748/sovit.2020.64.01>
8. Aliev A., Bayramov A. A method for determining the combat possibilities of military units. *Review of the Air Force Academy*. 2019. No.2 (40). P. 21-28. DOI: 10.19062/1842-9238.2019.17.2.3
9. Chmielewski M., Kukielka M., Pieczonka P., Gutowski T. Methods and analytical tools for assessing tactical situation in military operations using potential approach and sensor data fusion. *Procedia Manufacturing*. 2020. 44. P. 559–566. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>
10. Єфремов О.В., Горбенко В.М., Коршець О.А. Методика оцінювання ефективності застосування підрозділів безпілотних авіаційних комплексів. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. Харків, 2018. № 4 (58). С. 30-36. <https://doi.org/10.30748/zhups.2018.58.04>
11. Li H., Hao Y., Zhang X. Numerical Calculation Method of Target Damage Effectiveness Evaluation under Uncertain Information of Warhead Fragments. *Mathematics*. 2022. 10. P. 1688. <https://doi.org/10.3390/math10101688>
12. Cioancă F-I. Combat power determination methods for tactical level military structures. *Bulletin of "Carol I" National Defense University*. 2019. P.7-13.
13. Per Olsson. Measuring Quality of Military Equipment. *Defence and Peace Economics*. 2022. 33:1. P. 93-107. DOI: 10.1080/10242694.2020.1851474
14. Вода Ю.Л., Казаков В.М. Рекомендації щодо визначення вогневих можливостей артилерійських підрозділів. *Військово-технічний збірник*. 2019. № 21. С.38-43. <https://doi.org/10.33577/2312-4458.21.2019.38-43>
15. Майстренко О.В., Караванов О.А., Щерба А.А. Структурно-функціональний аналіз розвідувально-вогневої системи та декомпозиція її функцій та підсистем. *Військово-технічний збірник*. 2021. № 25. С.38-48. <https://doi.org/10.33577/2312-4458.25.2021.38-48>
16. Bartles C. Keeping NBC Relevant Flame Weapons in the Russian Armed Forces. 2015. 13 p.
17. Peck M. Why You Should Be Afraid of Russia's New Heavy Flamethrower Battalions. *Topic:Security*. 2020. <https://nationalinterest.org/blog/buzz/why-you-should-be-afraid-russia%E2%80%99s-new-heavy-flamethrower-battalions-118826>
18. Досвід застосування військ (сил) у ході операції оперативного-стратегічного угруповання військ "Хортиця" в період 10 червня по 01 липня 2022 року. Київ. 2022. 70 с.
19. Проект Наставови зі стрілецької справи щодо прийомів і правил стрільби з реактивного піхотного вогнемету. К. 2017. 60 с.
20. Свідлов Ю.І., Мазуренко В.О., Супрун В.М., Ляпа М.М., Григоренко Р.М. Збірник таблиць для розрахунку ймовірностей, підготовки й оцінки ефективної стрільби та прийняття рішень у військовій справі: метод. посіб. Суми. 2005. 164 с.
21. Василів Ю.І., Барабаш О.М., Жогальський Е.Ф., Крупкін А.Б., Мезенцев Ю.О. 73-мм станковий протитанковий гранатомет СПГ-9: навч. посіб. Львів: НАСВ, 2016. 115 с.

Reference

1. U.S. Ground Forces Robotics and Autonomous Systems (RAS) and Artificial Intelligence (AI): Considerations for Congress. 2018. 47 p. URL: <https://fas.org/sgp/crs/weapons/R45392.pdf> [in English].
2. Autonomous weapon systems: Technical, military, legal and humanitarian aspects. Expert meeting. Geneva, Switzerland, 26-28 March 2014. 106 p. [in English].
3. Ozhevan M.A. (2017), "Avtomatyzovani robototekhnichni systemy ozbroien: novyi vyklyk voiennoi bezpetsi Ukrainy" [Automated robotic weapons systems: a new challenge to the military security of Ukraine]. *Analytical note*. 2017. 22 p. <https://niss.gov.ua/sites/default/files/2017-02/Ozhevan-86924.pdf> [in Ukrainian].

4. Kravchuk O.I., Kovalishin S.S., Monakhov Yu.K., Simonenkova I.V. (2017), "Klasyfikatsiia boiovykh nazemnykh roboto tekhnichnykh kompleksiv – diievyi shliakh do ziasuvannia sutnosti tsiiei katehorii ozbroiennia" [Determination of directions of robotics of the Armed Forces of Ukraine on the basis of the analysis of programs for the development of weapons and military equipment of the advanced countries of the world]. *Collection of scientific works of the Military Academy*. Odesa, 2017. No. 1. pp. 117-126. [in Ukrainian]
5. Salkutsan S.M., Medvid V.P., Melnychuk Yu.I., Remez A.V., Remez V.V. (2021), "Osnovni perspektyvni napriamky rozvytku Zbroinykh Syl derzhavy v umovakh vedennia viin vysokyykh tekhnolohii" [The main prospective directions of the development of the Armed Forces of the state in the conditions of conducting high-tech wars]. *The scientific heritage*. 2021. No. 70. pp. 3-8. [in Ukrainian]
6. Zaluzhnyy V., Zabrodskiy M. (2022) "Perspektyvy zabezpechennya voyennoyi kampaniyi 2023 roku: ukraïnskyi pohlyad" [Prospects for ensuring the military campaign of 2023: Ukrainian perspective]. *Ukrinform.ua*. 07.09.2022. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3566162-ak-zabezpeciti-voennu-kampaniu-u-2023-roci-ukraïnskij-poglad.html>. [in Ukrainian] (date of application 15.09.2022)
7. Volkov A.F., Lezik O.V., Korsunov S.I., Levahin H.A., Yanovskiy O.V., Ivakhnenko K.V. (2020), "Analiz zastosuvannia BPLA u virmeno-azerbaidzhanskomu voïennomu konflikti ta mozhylyi shliakhy borotby z nymy" [Analysis of the use of UAVs in the Armenian-Azerbaijani military conflict and possible ways to combat them]. *Weapons systems and military equipment*. 2020. Issue № 4 (64). pp.7-16. <https://doi.org/10.30748/sovit.2020.64.01>. [in Ukrainian].
8. Aliev A., Bayramov A. (2019), A method for determining the combat possibilities of military units. *Review of the Air Force Academy*. 2019. No. 2 (40). pp. 21-28. DOI: 10.19062/1842-9238.2019.17.2.3. [in English].
9. Chmielewski M., Kukielka M., Pieczonka P., Gutowski T. (2020), Methods and analytical tools for assessing tactical situation in military operations using potential approach and sensor data fusion. *Procedia Manufacturing*. 2020. 44. pp. 559–566. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>
10. Efremov O.V., Horbenko V.M., Korshets O.A. (2018), "Metodyka otsiniuvannia efektyvnosti zastosuvannia pidrozdiliv bezpilotnykh aviatsiinykh kompleksiv" [Methodology for evaluating the effectiveness of the use of units of unmanned aviation complexes]. *Collection of scientific works of the Kharkiv National University of the Air Force*. Kharkiv, 2018. N4 (58). pp. 30-36. <https://doi.org/10.30748/zhups.2018.58.04> [in Ukrainian].
11. Li H., Hao Y., Zhang X. (2022), Numerical Calculation Method of Target Damage Effectiveness Evaluation under Uncertain Information of Warhead Fragments. *Mathematics*. 2022. 10. P. 1688. <https://doi.org/10.3390/math10101688>. [in English].
12. Cioancă F-I. (2019), Combat power determination methods for tactical level military structures. *Bulletin of "Carol I" National Defense University*. 2019. pp. 7-13. [in English].
13. Per Olsson (2022), Measuring Quality of Military Equipment. *Defence and Peace Economics*, 2022. 33:1. P. 93-107. DOI: 10.1080/10242694.2020.1851474 [in English].
14. Voda Yu.L. Kazakov V.M. (2019), "Rekomendatsii shchodo vyznachennia vohnevyykh mozhyvostei artyleriyskykh pidrozdiliv" [Recommendations for determining the fire capabilities of artillery units]. *Military and technical collection*. Lviv, 2019. No. 21. P. 38-43. <https://doi.org/10.33577/2312-4458.21.2019.38-43> [in Ukrainian].
15. Maistrenko O.V., Karavanov O.A., Shcherba A.A. (2021), "Strukturno-funktsionalnyi analiz rozviduvalno-vohnevoi systemy ta dekompozitsiia yii funktsii ta pidsystem" [Structural and functional analysis of the reconnaissance fire system and decomposition of its functions and subsystems]. *Military and technical collection*. Lviv, 2021. No. 25. P.38-48. <https://doi.org/10.33577/2312-4458.25.2021.38-48> [in Ukrainian].
16. Bartles C. (2015), Keeping NBC Relevant Flame Weapons in the Russian Armed Forces. 2015. 13 p. [in English].
17. Peck M. Why You Should Be Afraid of Russia's New Heavy Flamethrower Battalions. *Topic:Security*. 2020. <https://nationalinterest.org/blog/buzz/why-you-should-be-afraid-russia%E2%80%99s-new-heavy-flamethrower-battalions-118826>. [in English].
18. The experience of using (2022), "Dosvid zastosuvannia visk (syl) u khodi operatsii operatyvno-stratehichnoho uhrupuvannia viisk "Khortytsia" v period 10 chervnia po 01 lypnia 2022 roku" [The experience of using weapons (forces) during the operation of the operational-strategic troop group "Khortytsia" in the period from June 10 to July 1, 2022]. Kyiv. 2022. 70 p. [in Ukrainian].
19. The project of the Instructions (2017), "Proiekt Nastanovy zi striletskei spravy shchodo pryiomiv i pravyl strilby z reaktivnoho pikhotnoho vohnemetu" [The project of the Instructions for shooting on the techniques and rules of firing from a jet infantry flamethrower] K. 2017. 60 p. [in Ukrainian].
20. Svidlov Yu.I., Mazurenko V.O., Suprun V.M., Lyapa M.M., Grigorenko R.M. (2005), "Zbirnyk tablyts dlia rozrakhunku ymovirnostei, pidhotovky y otsinky efektyvnoi strilby ta pryiniattia rishen u viiskovii spravi" [A collection of tables for calculating probabilities, training and evaluating effective shooting and decision-making in military affairs]: method. Manual, Sumyd, Sumy, 164 p. [in Ukrainian].
21. Vasylov Yu.I., Barabash O.M., Zhogalskyi E.F., Krupkin A.B., Mezyentsev Yu.O. (2016), "73-mm stankovyi protytankovyi hranatomet SPH-9" [73-mm SPG-9 anti-tank grenade launcher]: training. Manual, NASV, Lviv, 2016, 115 p. [in Ukrainian].

ROBOTIC FLAMETHROWER COMPLEXES AS A PROSPECT FOR THE DEVELOPMENT OF FLAMETHROWER UNITS

I. Martyniuk, E. SHmatov, O. Stadnichuk, T. Pogrebnyak, V. Larionov, I. Homeniuk

The war in Ukraine and, as a result, the growth of international tensions became the main issue of national security and the need to identify effective prospective weapons. In conditions where the enemy is significantly superior in all components (technically and quantitatively), unmanned (robotic, remotely controlled) powerful fire weapons are able to influence the course of hostilities. The war Nagorno-Karabakh (2020) in and Ukraine (2014-2022) showed the high effectiveness of weapons placed on unmanned (robotic) platforms. The development and adoption of new weapons systems and military equipment, high-precision means of reconnaissance and attack, automated control systems will lead to the review and reform of the organizational and personnel structure of the troops, the timeliness and efficiency of the execution of combat tasks, the maximum preservation of personnel, etc. One of these means of fire damage can be a robotic flamethrower complex. The prospect of using robotic systems, their tactical and technical justifications are quite relevant and in demand in today's conditions. The purpose of the research is to study the perspective of using a robotic flamethrower complex, to determine its main characteristics, role and place in the organizational and staff structure of a flamethrower platoon of a radiation, chemical, biological protection company. The work analyzes the typical organizational and personnel structure of a flamethrower platoon and its combat capabilities. Tactical and technical characteristics for the development of a new robotic flamethrower complex were proposed, and a new typical organizational and personnel structure of the flamethrower platoon, which will be adopted, was developed. The effectiveness (probability) of hitting the target with the proposed weapon sample was calculated. Based on the analysis of the obtained results, the main advantages of the flamethrower platoon, which will be armed with a robotic flamethrower complex, are formulated. In particular, the autonomy of task performance, high accuracy of damage, mobility and survivability, increased damage range and power of flamethrower shots, the ability to perform tasks in any weather and at any time of the day, and the absence of a psychological factor. The introduction of a robotic flamethrower complex into the staff of a radiation, chemical, biological protection company will help reduce the number of personnel on the battlefield.

Keywords: autonomous weapon system, flamethrower platoon, robotic flamethrower complex, effectiveness of defeat, combat capabilities

УДК 358:007.35

DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.27.2022.35-45>

І.Б. Трач¹, Г.І. Клим^{2,3}, Р.В. Дячок², І.Д. Карбовник^{2,3}

¹Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

²Національний університет «Львівська політехніка», Львів

³Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів

Article history: Received 16 September 2022; Revised 20 September 2022; Accepted 25 October 2022

ПРОЄКТУВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКУ ДО ДЖЕРЕЛА ЗВУКУ

Розглянуто проблему розроблення мікропроцесорних пристроїв для визначення напрямку на джерело звуку з підвищеною точністю. Проаналізовані основні розробки провідних закордонних та вітчизняних дослідників щодо аналогічних рішень. Спроектовано мікропроцесорний пристрій для визначення напрямку на джерело звуку з використанням сучасної елементної бази. Детально охарактеризовано структурну та функціональну схеми запропонованого пристрою. Ядром обрано 32-розрядний мікроконтролер STM32, який здійснює всі дії щодо реалізації алгоритмів опрацювання звуку проєктованим пристроєм. Як вхідні сигнали використано електричні коливання в аналоговій формі на виходах трьох мікрофонів. Одержані сигнали підсилюються мікрофонними підсилювачами із програмно керованим коефіцієнтом передачі до номінального рівня роботи АЦП. Використання такого мікрофонного підсилювача звуку із програмно керованим рівнем підсилення дозволило гнучко реагувати на рівень звукового сигналу середовища і підтримувати на вході АЦП номінальний рівень вхідного сигналу. Такий підхід дозволив зменшити як рівень шумів (при малому рівні вхідного сигналу), так і рівень спотворень сигналу (при потужному сигналі).

Ключові слова: мікропроцесорний пристрій, проєктування, напрямок на джерело звуку, надійність, мікрофонний підсилювач.