

ЗАХИСТ ОБТ ВІД ЗАСОБІВ ВИЯВЛЕННЯ ТА УРАЖЕННЯ

УДК: 623.465

DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.32.2025.103-112>

В.Р. Баган, Д.С. Хаустов, Ю.А. Настишин, В.В. Костюк

*Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів**Article history: Received 30 December 2024; Revised 03 March 2025; Accepted 04 March 2025*

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЗАХИЩЕНОСТІ БОЙОВИХ МАШИН У СИСТЕМІ ЗАХОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЇХ ЖИВУЧОСТІ ПРИ ВЕДЕННІ БОЙОВИХ ДІЙ

Захищеність основних зразків бойових машин (основні бойові танки, бойові машини піхоти, бронетранспортери, броневих автомобілі) (далі – БМ) Збройних Сил України повинна характеризуватися високою спроможністю протидіяти сучасним засобам вогневого ураження (ПТКР, РПГ, керованим артилерійським боєприпасам та авіаційним бомбам, а також різного типу ударним БпЛА та FPV-дронам) і при цьому зберігати живучість, бойові та експлуатаційні властивості зразка, а також життя і здоров'я екіпажу та особовому складу десанту.

Досвід бойового застосування основних зразків БМ під час російсько-Української війни свідчить, що досягнення високого рівня захищеності є одним із основних завдань, яке обумовлює постійний пошук нових та ефективних шляхів щодо підвищення їхньої захищеності у процесі проєктування та створення нових і модернізації існуючих зразків БМ. У ході проведеного дослідження авторами розглянуто основні напрями підвищення захищеності та живучості основних зразків БМ, а також з врахуванням проблемних питань та характерних недоліків, які виникають під час розроблення перспективних зразків БМ, запропоновано обґрунтовані технічні рішення, що можуть якісно покращити системи (комплекси) захисту зразків БМ ЗС України.

У роботі авторами запропоновано удосконалити зенітно-кулеметну установку (далі ЗКУ) шляхом оптимізації структурної схеми з метою підвищення її бойової ефективності і точності стрільби по повітряних цілях типу ударні БпЛА та FPV-дрони, оскільки підвищення захищеності і живучості забезпечується не тільки пасивними засобами протидії, але й протидією за рахунок ефективних систем і засобів вогневого ураження.

Реалізація зазначеного напрямку щодо удосконалення ЗКУ дозволить у короткі терміни підвищити захищеність та живучість зразка БМ від ураження повітряними цілями, зберегти життя та здоров'я екіпажу машини та особового складу десанту і вчасно виконати поставлені бойові завдання.

Ключові слова: бойова машина, дрон, ЗКУ, ДКБМ.

Постановка проблеми

Досвід бойового застосування основних зразків БМ у ході повномасштабної війни росії проти України свідчить про суттєве зниження ефективності їхнього застосування, оскільки у ході здійснення маршу або висування з глибини оборони на передові позиції до лінії бойового зіткнення, зразки БМ можуть бути знищені тактичною авіацією, ракетно-артилерійськими системами, спеціальними протитанковими засобами і найбільш поширеними різного типу ударними БпЛА та FPV-дронами. Особливо гостро стоїть проблема підвищення захищеності основних зразків БМ від ураження недорогими та ефективними різного типу FPV-дронами, оскільки при умові успішного застосування – один дрон вартістю до

500\$ може знищити зразок БМ вартістю у декілька мільйонів доларів [1].

Відповідно, проведення об'єктивних досліджень щодо підвищення захищеності та живучості основних зразків БМ ЗС України з врахуванням досвіду сучасних бойових дій є проблемним та актуальним завданням.

Мета статті полягає у проведенні аналізу щодо перспективного розвитку сучасних систем (комплексів) захисту, які найбільше застосовуються на зразках БМ США, Великобританії, Німеччини, Швеції та інших провідних країн світу, а також в обґрунтуванні раціональних технічних рішень щодо підвищення захищеності та живучості основних зразків БМ ЗС України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проведений аналіз щодо підвищення захищеності та живучості основних зразків БМ в США, країнах НАТО, росії та Україні свідчить, що воно здійснюється за такими напрямками:

оснащенням зразків БМ сучасними системами активного захисту (далі – САЗ) і технічними засобами, які забезпечують ефективне маскування, знижують помітність та ймовірність виявлення зразка БМ в оптичному, радіолокаційному і тепловому діапазонах;

застосуванням новітніх комплексів оптико-електронної протидії (далі – КОЕП), які попереджають екіпаж про наведення на зразок БМ високоточних боєприпасів з лазерною системою керування, активують постановку аерозольної (димової) завіси і дають можливість екіпажу швидко зреагувати на атакуючу загрозу та відкрити вогонь на її ураження або здійснити маневр машини та перемістити її в укриття;

встановленням додаткового навісного броньованого і динамічного захисту з використанням різних протикумулятивних екранів для підвищення захищеності бортів, кормової частини та башти з озброєнням від ураження РПГ та ПТРК;

застосуванням дистанційно керованих бойових модулів (далі – ДКБМ), в склад яких входить озброєння з боєприпасами дистанційного «повітряного вибуху», які уражають повітряну ціль вибуховою хвилею та направленою завісою з осколків.

Проведені дослідження систем (комплексів) захисту основних зразків БМ в США, країнах НАТО показують, що найбільш перспективними у цій сфері є САЗ безконтактного типу, які діють за принципом виявлення та знищення протитанкових засобів ще на підльоті до зразка БМ.

Найбільш перспективні САЗ, які знищують понад 90% атакуючих загроз ще на підльоті до зразка БМ, розроблено в США, Ізраїлі, Німеччині та інших розвинених високотехнологічних країнах. В склад перспективних САЗ на основних зразках БМ входять новітні електронні системи, сенсори випромінювання різних діапазонів, багатофункціональні РЛС, які в автоматизованому режимі виявляють ціль, визначають її швидкість руху, траєкторію польоту, супроводжують її на встановленій дистанції від зразка БМ її знищують [2].

США. САЗ AN/VLQ-8 встановлюються на бойові машини піхоти БМП M2 Bradley та основний бойовий танк M1A1/M1A2 Abrams (рис. 1).

У склад САЗ AN/VLQ-8 входять три основних елементи: підсистема сенсорів попередження про опромінення зразка ІЧ променями, підсистема протидії і підсистема процесора. Недоліком САЗ AN/VLQ-8 є те, що її дія в основному направлена на управління

сенсорами оптико-електронного придушення і в цілому не забезпечує комплексного захисту зразка БМ.



Рис. 1. БМП M2 Bradley з САЗ AN/VLQ-8

САЗ «CICS» (Close-In Countermeasure System) є системою захисту зразка БМ від ураження ПТРК та РПГ (рис. 2).



Рис. 2. САЗ «CICS»

У склад САЗ «CICS» входять сенсори для визначення напрямку атакуючого боєприпасу і два гранатомети для його знищення. Суттєвим недоліком САЗ «CICS» є те, що особовий склад, який знаходиться на близькій відстані біля зразка БМ, під час застосування системи може отримати поранення.

Ізраїль. Комплекс активного захисту (далі – КАЗ) «Trophy» є ефективною системою захисту ізраїльських основних бойових танків (далі – ОБТ) «Меркава» Mk 3 і «Меркава» Mk 4 (рис. 3).



Рис. 3. Схема розташування КАЗ «Trophy» на ОБТ «Меркава» Mk 3

Система активного захисту КАЗ «Trophy» може виявляти, класифікувати, супроводжувати та знищувати всі протитанкові керовані ракети і реактивні снаряди на значній відстані від основного зразка ОБТ (рис. 4).

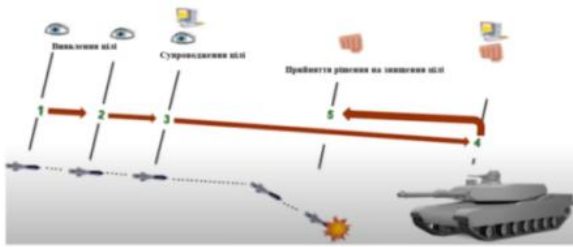


Рис. 4. Схема виявлення, супроводження та знищення ПТКР КАЗ «Trophy»

Недоліком КАЗ «Trophy» є те, що він не спроможний протидіяти високошвидкісним ПТКР та підкаліберним боеприпасам, а також обмежує перебування особового складу у робочій зоні під час бойового застосування машини. Разом з тим військові фахівці США, Великобританії, Німеччини, Швеції та інших країн НАТО вважають КАЗ «Trophy» найбільш ефективним засобом захисту та активно його застосовують на основних зразках БМ.

КАЗ «Iron Fist» забезпечує великий сектор захисту зразка БМ від ураження протитанковими керованими ракетами і реактивними гранатами, а також їхнє знищення на відстані до 10 м від машини (рис. 5).



Рис. 5. Загальний вигляд САЗ «Iron Fist»

У склад САЗ «Iron Fist» входять: пускова установка з механізмом горизонтального і вертикального наведення, мортири із захисними осколковими гранатами, радіолокатор та електронний блок управління. Недоліком САЗ «Iron Fist» є обмежене число стволів мортири пускової установки, що не дозволяє одночасно знищити декілька атакуючих цілей.

Німеччина. У склад САЗ «AMAP-ADS» входять: пасивні датчики інфрачервоного випромінювання дальнього радіуса дії, лазерні випромінювачі ближнього радіуса дії, захисні боеприпаси та електронна апаратура управління (рис. 6).



Рис. 6. САЗ «AMAP-ADS»

Захисні боеприпаси САЗ «AMAP-ADS» сформовані у вигляді нерухомих блоків із вибуховою речовиною у металевому корпусі визначеного дроблення, які встановлені по периметру корпусу бойової машини.

Недоліки САЗ «AMAP-ADS» полягають у тому, що система орієнтована лише на захист легкоброньованої колісної техніки.

Україна. Вітчизняними підприємствами ОПК України у 2000-х роках розроблено комплекси активного захисту КАЗ «Заслон», КАЗ «Бастіон» і КАЗ «Шершень», що захищають танки, БМП і БТР від ураження протитанковими засобами типу ПТКР, РПГ тощо (рис. 7) [3].

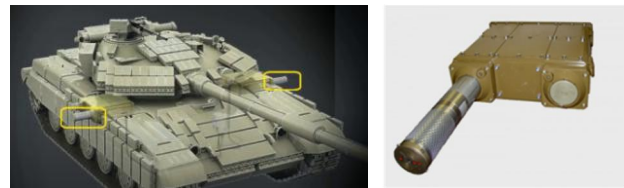


Рис. 7. Розташування КАЗ «Заслон» на основному зразку ОБТ

КАЗ «Заслон» забезпечує захист танка від атакуючих боеприпасів по всьому периметру, а також з верхньої півсфери. КАЗ «Шершень» забезпечує захист зразків легкоброньованої техніки типу БТР і БМП від ураження ПТКР і РПГ (рис. 8) [4].

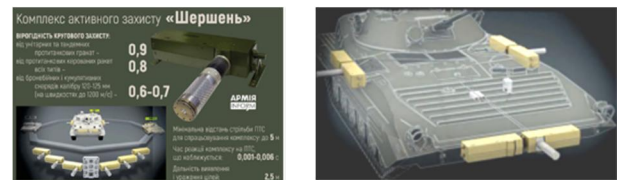


Рис. 8. Захисні модулі КАЗ «Шершень» на зразку БМП

Недоліком КАЗ «Заслон» є: недостатня ефективність впливу на бронебійний підкаліберний снаряд, мала швидкість і надійність електромеханічного пристрою переміщення захисних боеприпасів у напрямку атакуючого боеприпасу, виступаючи за габарити броньового корпусу танка конструктивні елементи КАЗ легко виявляються на загальному контурі машини, що дає можливість противнику переорієнтуватися та застосувати інші засоби ураження.

росія. рф застосовує на основних зразках БМ (танки, БМП, БТР) декілька варіантів КАЗ радянського та російського, а саме: КАЗ «Арена», КАЗ «Дрозд-2», КАЗ «Арена-М», КАЗ «Арена-Е», що призначені для виявлення та знищення атакуючих протитанкових боеприпасів у ближній зоні до танка. З врахуванням досвіду російсько-Української війни [5] відомо, що рф активно застосовує на танках Т-72Б3, Т-72Б3М, Т-80БВМ, Т-90М «Прорив» КАЗ «Арена-М». В склад КАЗ «Арена-М» входить

апаратний модуль з багатофункціональною станцією РЛС ближньої дії, модулі прийому і передачі та контрбоєприпаси, які розміщені в шахтах пускової установки. Схема розміщення КАЗ «Арена-М» на башті танка Т-90М «Прорив» показано на рисунку 9 [6].

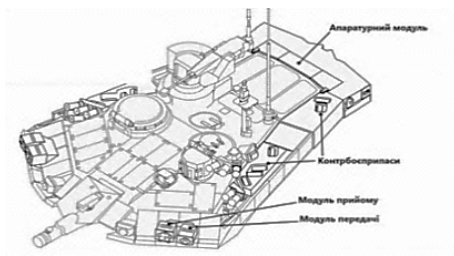


Рис. 9. Схема розміщення КАЗ «Арена-М» на танку Т-90М

Досвід бойового застосування вищезазначених КАЗ показує, що вони мають суттєві недоліки:

- низька здатність і швидкість реакції щодо виявлення і розпізнавання атакуючого боєприпасу;
- не забезпечує захист верхньої півсфери танка від ураження ПТРК типу «Javelin»;
- велика потужність захисних боєприпасів;
- збільшений діапазон швидкості перехвату атакуючої цілі;
- великий ризик ураження осколками захисного боєприпасу особового складу у зоні бойової роботи танка.

Відповідно враховуючи аналіз перспективного розвитку та досвіду бойового застосування вищезазначених систем і комплексів захисту основних зразків БМ, можна зробити висновок, що на сьогодні вони знаходяться на різних етапах розробки з метою пошуку нових технічних і конструктивних рішень та одночасним випробуванням у реальних бойових умовах.

Водночас аналіз перспективного розвитку основних бойових танків в країнах НАТО чітко вказує на зростання ролі комплексного захисту, до складу якого входять: основний броньований і динамічний захист, САЗ (КАЗ), КОЕП, технічні засоби маскування, а також дистанційно керовані бойові модулі (далі – ДКБМ) з комплексом озброєння для знищення протитанкових засобів та ударних БпЛА і FPV-дронів.

Так, у червні 2024 року на виставці Eurosatory у Парижі було вперше представлено основні бойові танки нового покоління Leclerc Evolution, EMBT-ADT 140, Leopard 2A-RC 3.0 та KF51-U, які були розроблені в результаті спільного європейського проєкту MGCS [7] (рис. 10).



Рис. 10. ОБТ Leclerc Evolution та ОБТ EMBT ADT 140

У зазначеному проєкті на новітніх зразках ОБТ впроваджено низку інноваційних рішень, які забезпечують підвищення мобільності, вогневої потужності та захищеності зразка від ударних БпЛА. Ефективним засобом захисту новітніх зразків ОБТ від ураження БпЛА та FPV-дронами є спеціалізований ДКБМ ARX30, в склад якого входять автоматична гармата з програмованими снарядами дистанційного «повітряного підриву», які уражають повітряні цілі на відстані до до 4000 м (рис. 11).



Рис. 11. Спеціалізований ДКБМ ARX30

Крім того, спеціалізований ДКМ оснащений оптичною станцією і компактним радаром, які виявляють ціль, супроводжують її та виводять зображення на монітор оператора.

У Туреччині для захисту БМ від ураження БпЛА застосовують ДКБМ зі стабілізованою платформою SARP [8] (рис. 12).



Рис. 12. ДКБМ зі стабілізованою платформою SARP

У склад ДКБМ входять: автоматичний гранатомет із високошвидкісними гранатами повітряного вибуху АТОМ, блок управління вогнем, який визначає тип атакуючого боєприпасу (ПТРК, РПГ, FPV- дрон) та вимірює відстань до нього і розраховує час для вибуху гранати повітряного вибуху з метою найбільш ефективного знищення ворожої цілі. Стрічку 40-мм високошвидкісних гранат повітряного вибуху «АТОМ» показано на рисунку 13.



Рис. 13. Високошвидкісні гранати повітряного вибуху АТОМ

ДКБМ зі стабілізованою платформою SARP у поєднанні з системою виявлення дронів забезпечує можливість їхнього ураження в автоматичному режимі.

Схема ураження БПЛА дистанційно керованою платформою SARP показано на рис. 14.



Рис. 14. Схема ураження БПЛА дистанційнокерованою платформою SARP

В Україні з метою підвищення захищеності основних зразків ОБТ на полі бою спеціалістами ДП «Харківський бронетанковий ремонтний завод» було проведено глибоку модернізацію основного бойового танка Т-64Е (рис. 15) [9].



Рис. 15. Загальний вигляд танку Т-64Е

На модернізованому танку Т-64Е суттєво підвищено рівень захищеності за рахунок встановлення комбінованого багатощарового захисту КАЗ «Заслон», динамічного захисту «Ніж» та «Дуплет», а також шляхом раціонального розміщення захисних броньованих блоків під гострим кутом на башті та з лівого і правого бортів, що в цілому, зможе ефективно протидіяти атакуючим протитанковим засобам типу ПТКР, РПГ.

Для протидії ударним БПЛА склад допоміжного озброєння ОБТ Т-64Е доповнено ДКБМ зі спареним кулеметом ПКТ 7,62-мм ЗКУ «Утес» 12,7-мм, а також авіаційною двоствольною гарматою ГШ-23Л (рис. 16).



Рис. 16. 23-мм спарена артилерійська установка та бойовий модуль з ПКТ і АГС-17 на танку Т-64Е

Застосування на ОБТ Т-64Е потужного комплексу основного і допоміжного озброєння, автоматизованої системи управління вогнем, сучасних засобів зв'язку, навігаційної апаратури, комплексу оптично-електронної протидії, в цілому повинно забезпечити

високу ефективність бойової роботи екіпажу, вогневої підтримки механізованих і танкових підрозділів, а також протидію повітряним цілям та різного типу ударним БПЛА.

Виклад основного матеріалу

Водночас досвід бойових дій у широкомасштабній війні росії проти України показує, що у військах з метою підвищення рівня захищеності зразків БМ використовуються будь-які конструктивно-технічні рішення, а саме: встановлення локального броньованого захисту, протикумулятивних решітчастих екранів, захисних козирків, а також застосування потужних засобів вогневого ураження, які входять у склад допоміжного озброєння.

Зокрема результати проведеного аналізу показують, що практично на всіх зразках ОБТ рф та ЗС України застосовуються ЗКУ з ракурсними прицілами.

З аналізу літературних джерел [10] відомо, що при стрільбі ЗКУ з ракурсними прицілами по повітряній цілі величину ракурсної швидкості цілі визначають на око відповідно до типу розпізнаної цілі та її видимого положення у просторі. При цьому середні похибки окомірного визначення ракурсу можуть сягати до 6%.

Враховуючи вищезазначене, можна зробити висновок, що основними причинами зменшення точності стрільби ЗКУ з використанням ракурсного прицілу є :

- похибки у визначенні поточних координат цілі;
- похибки у визначенні параметрів руху цілі;
- похибки у визначенні і неврахуванні балістичних та метеорологічних умов стрільби;
- невідповідність гіпотези реальному руху цілі;
- технічне розсіювання боєприпасів;
- похибки у визначенні геометричних координат упередження цілі прицілом.

У табл. 1 наведено склад і рівні первинних похибок під час визначення параметрів руху цілі при стрільбі по цілі типу штурмовик А-10 за допомогою ракурсного прицілу [11].

Таблиця 1

Похибки визначення параметрів руху цілі

Швидкість, $\sigma_{vпр}, \%$	Ракурс, $\sigma_{\varphi}, \%$	Видимий напрямок руху, $\sigma_{\eta}, \%$
10-15	3-6	3-6

Аналіз зазначених даних свідчить, що при стрільбі ЗКУ по повітряній цілі, що летить зі швидкістю 150 м/с, основним недоліком може бути похибка під час визначення ракурсної швидкості цілі.

Таким чином, можна зробити висновок, що під час стрільби ЗКУ з ракурсним прицілом по повітряній цілі, що летить зі швидкістю до 250 м/с, утворюється лише загроза її збиття, тобто вирішується

задача психологічного ефекту. Разом із тим результати аналізу показують, що стрільба ЗКУ з ракурсним прицілом по дрону-камікадзе «Шахед-136», швидкість якого складає 45 м/с, показує прийнятну точність стрільби і бойову ефективність ЗКУ [12].

У роботі [13] зазначено, що підвищення ефективності зенітної стрільби ЗКУ основного зразка БМ може бути реалізовано шляхом впровадження новітніх способів та методів:

можливості точного супроводження положення цілі за рахунок введення в цифровий балістичний обчислювач нового алгоритму стрільби, який забезпечить передумови для опрацювання збільшених обсягів інформації у реальному масштабі та часі;

введення високочастотного лазерного далекоміра в склад пошуково-прицільної системи забезпечить реалізацію алгоритму щодо визначення швидкості зближення цілі;

використання телевізійної/тепловізійної апаратури, яка забезпечить високу точність супроводження лінії візування в умовах підвищення її куткової швидкості та виключить випадки зриву при супроводі цілі в ручному режимі.

Підвищення ймовірності виявлення та розпізнавання повітряної цілі також можливо реалізувати шляхом впровадження новітніх технічних рішень:

створенням багатоканальної системи виявлення цілей з комплексуванням каналів, які працюють у різних спектральних діапазонах, в т.ч. з використанням лазерної локації цілей;

застосуванням цифрового опрацювання зображень;

визначенням координат цілей та їх ідентифікації з використанням декількох критеріїв, автоматичної селекції та ранжирування цілей;

встановленням системи радіолокаційного розпізнавання «свій-чужий»;

введенням в склад прицілів лазерних приладів виявлення.

Разом з тим проведений аналіз показує, що підвищення точності стрільби на основних зразках БМ в рф забезпечується за рахунок збільшення кількості технічних параметрів, які враховуються та вводяться у цифровий балістичний обчислювач зразка.

У табл. 2 наведено перелік технічних параметрів, які використовуються на російських зразках БМП різних модифікацій [14].

Одночасно з метою підвищення точності стрільби ЗКУ на танках військові фахівці рф пропонують удосконалити систему управління озброєнням за рахунок покращення технічних параметрів вимірювальної апаратури та способів вимірювання. Відповідно, таким чином підвищується точність стрільби, а також своєчасне надходження первинної інформації,

наприклад, щодо визначення куткової швидкості лінії візування та швидкості зближення з ціллю.

Таблиця 2

Перелік технічних параметрів

Параметр	БМП-2	БМП-3	БМД-4
Швидкість носія	-	+	+
Кут нахилу	-	+	+
Тангаж	-	-	+
Температура боеприпасу	-	+	+
Температура повітря	-	+	+
Тиск повітря	-	+	+
Швидкість і напрямок вітру	-	-	+
Дальність до цілі	-	+	+
Кутова швидкість лінії візування	-	+	+
Кути нахилу лінії візування	-	-	+
Швидкість зближення	-	-	+

За оцінками експертів, у неавтоматизованих системах управління озброєнням на БМП-1 та БМП-2 доля помилок щодо підготовки вхідних даних може сягати 95-99% внаслідок неточного визначення дальності до цілі [15].

Важливе значення для підвищення ефективності захищеності зразків БМ, на яких встановлені ЗКУ з ракурсними прицілами, має методика, що розроблена фахівцями рф щодо оцінювання бойової ефективності зразка БМ у цілому. Тобто, у зазначеній методиці вони пропонують оцінювати залежність ймовірності неуразнення БМ прямо пропорційно від ефективності стрільби озброєння БМ, а також від кількості відбитих атак засобів повітряного нападу.

У цілому фахівці рф прийшли до висновку, що у якості узагальненого критерію для визначення ефективності стрільби ЗКУ доцільно використовувати ймовірність ураження типової цілі W (літак, гвинтокрил, БпЛА) чергою з n пострілів за типовий проліт на висоті 200...1000 м [16].

Згідно з методом граничних ймовірностей [17] ймовірність ураження цілі кулеметною чергою у схемі двох груп пострілів записується як функція математичного очікування числа попадань куль у ціль M , необхідної кількості попадань ω і коефіцієнта кореляції μ

$$W = W_{прив} = 1 - \frac{1-\mu}{\mu} \cdot \int_0^1 e^{-\frac{M}{1-\mu}t} \cdot t^{\mu-2} dt.$$

Показник M визначається формулою $M = np/\omega$, де p – ймовірність попадання в ціль одним пострілом, яка визначається відомою наведеною функцією Лапласа

$$P = 0.25 \left(\hat{O} \left(\frac{l_y + a_y}{\sigma_y} \right) + \hat{O} \left(\frac{l_y - a_y}{\sigma_y} \right) \right) \times \left(\hat{O} \left(\frac{l_x + a_x}{\sigma_x} \right) + \hat{O} \left(\frac{l_x - a_x}{\sigma_x} \right) \right),$$

де $\Phi(y, x)$ – інтеграл ймовірності – таблична функція, $l_{x,y}$ – половинний розмір цілі вздовж відповідної осі, $\sigma_{y(x)}$ – середньоквадратична похибка сумарних випадкових похибок вздовж відповідної осі, $a_{y(x)}$ – систематична похибка вздовж відповідної осі.

Розрахунок коефіцієнта кореляції μ провадиться за формулами;

$$\mu = \sqrt{1 - f(\bar{\mu}_x, \bar{a}_x) f(\bar{\mu}_y, \bar{a}_y)},$$

$$f(\bar{\mu}_{x(y)}, \bar{a}_{x(y)}) = \sqrt{1 - \bar{\mu}_{x(y)}^2} e^{-\frac{\bar{\mu}_{x(y)} \bar{a}_{x(y)}}{1 + \bar{\mu}_{x(y)}}},$$

$$\mu_{x,y} = \frac{\sigma_{МБП_{x(y)}}^2 + \sigma_{дин_{x(y)}}^2 (1-k) \sigma_{ПрНК_{x(y)}}^2}{\sigma_{МБП_{x(y)}}^2 + \sigma_{тр_{x(y)}}^2 + k \sigma_{ПрНК_{x(y)}}^2 + \sigma_{дин_{x(y)}}^2 + \sigma_{сеп_{x(y)}}^2},$$

де k – коефіцієнт, що характеризує статичну структуру похибок прицільно-навігаційного комплексу, $\sigma_{МБП_{x(y)}}$ – середньоквадратичне відхилення похибок (СКП) метеобалістичної підготовки вздовж відповідної осі, $\sigma_{ПрНК_{x(y)}}$ – СКП прицільно-навігаційного комплексу вздовж відповідної осі, $\sigma_{дин_{x(y)}}$ – СКП динамічних похибок вздовж відповідної осі, $\sigma_{тр_{x(y)}}$ – СКП технічного розсіювання вздовж відповідної осі, $\sigma_{сеп_{x(y)}}$ – СКП прицілювання вздовж відповідної осі.

Таким чином, можна зробити висновки, що основні зразки БМ, що обладнані ЗКУ із зенітним ракурсним прицілом, під час стрільби можуть мати суттєві похибки, оскільки при визначенні ракурсу та висоти цілі величина q визначається окомірним способом за видимим скороченням довжини фізеляжу цілі в четвертих долях 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) [10].

Станом на теперішній час на основних зразках ОБТ ЗС України (Т-72А, Т-72 АТМ, Т-64БВ) та інших БМ застосовуються ЗКУ із зенітним прицілом, які призначені для стрільби по повітряних і наземних цілях на відстанях до 2000 м, і при цьому забезпечуючи круговий обстріл при кутах наведення кулемета у вертикальній площині від -5° до $+75^\circ$.

Основними складовими елементами ЗКУ, яка встановлена на танку, є: 12,7-мм зенітний кулемет з електроспуском, люлька з противідкатним пристроєм,

станок, зенітний приціл ПЗУ-5 (К-10Т), електро-механічні приводи наведення по горизонталі і вертикалі з пультами управління (рис. 17) [18, 19].

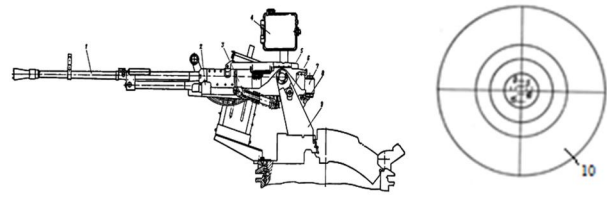


Рис. 17. ЗКУ:

- 1 – кулемет 12,7 мм; 2 – люлька;
3 – врівноважувальний механізм; 4 – коробка з прицілом; 5 – цапфи; 6 – стопор по вертикалі; 7 – чека кріплення кулемета; 8 – зубчастий сектор; 9 – станок;
10 – сітка зенітного прицілу ПЗУ-5

Зенітний приціл ПЗУ-5 (К10-Т) являє собою монокулярний перископічний прилад із панорамною головкою, у склад якого входять світлофільтри, оптична система, сітка з центральним перехрестям, поділками і три ракурсних кільця. Ціна поділок, що нанесені на сітку зенітного прицілу, відповідає таким значенням: мала (відстань між сусідніми штрихами – 10 поділок; велика (відстань між великими штрихами) – 20 поділок.

Стрільба із ЗКУ яка встановлена на основних зразках ОБТ, ведеться з місця командира танка з врахуванням встановлених вимог:

у ході прицілювання та стрільби око командира повинно розташовуватися на віддалі 165-250 мм від прицілу;

ведення стрільби повинно здійснюватися чергами по 8-10 пострілів з одночасним її коректуванням за трасуючими кулями;

під час стрільби потрібно утримувати ціль у полі зору прицілу так, щоб рух цілі був направлений до центрального перехрестя сітки зенітного прицілу, а величина упередження (віддалення перехрестя від цілі) повинна відповідати ракурсній швидкості цілі.

Довідково: ракурсна швидкість цілі визначається як добуток шляхової швидкості цілі і її ракурсу. Ракурс – це кут між напрямком руху цілі і лінією візування прицілу.

Ракурс цілі визначається за співвідношенням видимих та істинних розмірів фізеляжу цілі. При визначенні ракурсу вибирається одне із наступних його ближніх значень. Ракурси із значеннями 1/4, 2/4, 3/4 і 4/4 відповідають кутам 15, 30, 50 і 90°.

Два кільця, що нанесені у полі зору прицілу, відповідають таким ракурсним швидкостям: кільце малого радіуса – 200 км/год., кільце великого радіуса – 300 км/год.

У випадку, якщо ціль має ракурсну швидкість, що не передбачена кільцями прицілу, то його поле зору доповнюється уявним кільцем.

В якості масштабу для визначення радіуса уявного кільця використовується проміжок між двома кільцями, що нанесені в поле зору прицілу і відповідає різниці ракурсних швидкостей та дорівнює величині 100 км/год. Величину ракурсної швидкості заокруглюють у більший бік до значення, яке буде кратним 50 км/год.

Для стрільби по повітряних цілях командир танка, використовуючи приводи горизонтального і вертикального наведення, суміщає одне із ракурсних кілець, яке відповідає швидкості цілі таким чином, щоб напрямок руху цілі був ближче до центру перехрестя сітки зенітного прицілу.

Під час стрільби по повітряних цілях з проміжними швидкостями або з іншими ракурсами необхідно корегувати наведення ЗКУ в залежності від швидкості цілі, яка, як правило, дорівнює дійсній швидкості цілі, помноженій на чисельник ракурсу. Наприклад, якщо ціль рухається зі швидкістю 100 м/с з ракурсом 2/4, тоді значення будуть такими:

$$v_{\text{на сітці}} = v_{\text{цілі}} \cdot 2 = 200 \text{ м/с.}$$

Враховуючи зазначене, навідник повинен навести на ціль друге кільце сітки зенітного прицілу ЗКУ, яке буде відповідати швидкості 200 м/с при ракурсі 1/4.

Характерним недоліком ЗКУ, що встановлені на основних зразках БМ, є визначення ракурсу та висоти цілі окомірним способом, що спричиняє суттєві похибки під час бойової стрільби.

Враховуючи результати проведеного аналізу щодо сучасних систем (комплексів) захисту, основних зразків БМ та характерні недоліки ЗКУ, можна зробити висновок, що підвищення захищеності зразків БМ від ураження повітряними цілями можливе при умові оптимізації компоновальних і структурних схем систем (комплексів) захисту, удосконаленням допоміжного озброєння, в склад якого входять потужні дистанційно керовані зенітно-кулеметні установки та бойові модулі, що повинні оснащуватися сучасними приладами та засобами спостереження, виявлення, супроводження та прицілювання.

Для реалізації зазначеного напрямку авторами статті запропоновано удосконалити структурну схему системи управління ЗКУ ОБТ шляхом впровадження обґрунтованих технічних рішень, які підвищать точність стрільби ЗКУ по повітряних цілях типу ударні БпЛА та FPV-дрони.

Технічні рішення включають введення у склад структурної схеми системи управління ЗКУ сучасних приладів і засобів прицілювання і спостереження, а саме: лазерного далекоміра, коліimatorного прицільного пристрою, потенціометрів зворотного зв'язку на електромеханічних приводах наведення по горизонталі і вертикалі, таймера, бульбашкового рівня на

вертикальній осі наведення та бортового процесора (ЕОМ) [20, 21].

Склад удосконаленої структурної схеми системи управління ЗКУ на основному зразку БМ показано на рис. 18.

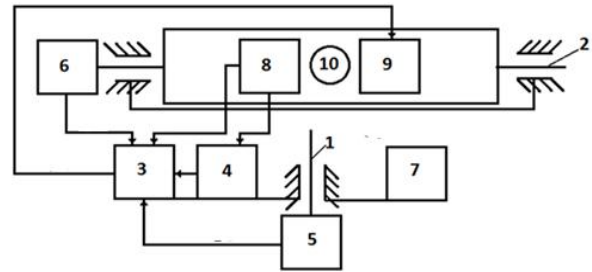


Рис. 18. Удосконалена структурна схема ЗКУ:

1 – вертикальний привод наведення; 2 – горизонтальний привод наведення; 3 – бортовий процесор; 4 – таймер; 5 – потенціометр зворотного зв'язку вертикального привода наведення; 6 – потенціометр зворотного зв'язку горизонтального привода наведення; 7 – бульбашковий рівень вертикального привода наведення; 8 – лазерний далекомір; 9 – коліimatorний прицільний пристрій; 10 – кулемет

Впровадження у структурну схему ЗКУ вищезазначених приладів і засобів забезпечить швидке виявлення та розпізнавання повітряної цілі, оскільки в роботу включаються лазерний далекомір, коліimatorний прицільний пристрій та бортовий процесор, за допомогою яких опрацьовуються усі вхідні параметри, що забезпечує командирі БМ високий рівень ситуаційної обізнаності для прийняття швидкого рішення на знищення виявленої та розпізнаної повітряної цілі за допомогою ЗКУ [22].

Висновки

Таким чином, на думку авторів реалізація вищезазначених обґрунтованих технічних рішень у ході модернізації основних зразків БМ надасть можливість підвищити бойову ефективність і точність зенітної стрільби ЗКУ по повітряним цілям, а також забезпечить відповідний рівень захищеності та живучості машин і їхніх екіпажів від вогневого ураження різними типами ударних БпЛА та FPV-дронів.

Список літератури

1. Атомна революція від ASELSAN: в Туреччині винайшли спосіб боротьби з БпЛА. URL: [https:// defenceua.com/weapon_and_tech/chi_mozhe_kompleks_aktivnogo_zahist u_borotisja_z_fpv_dronami_ta_chi_je_alternativi-14002.html](https://defenceua.com/weapon_and_tech/chi_mozhe_kompleks_aktivnogo_zahist_u_borotisja_z_fpv_dronami_ta_chi_je_alternativi-14002.html)
2. Средства и способы радиоэлектронной борьбы зарубежных стран в интересах защиты бронетанковых машин [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http:// hadmernok.hu/142_32_vanyal.pdf](http://hadmernok.hu/142_32_vanyal.pdf) (2015.12.1.).

3. Заслон. 2015. URL: <https://www.ukrmilitary.com/2015/09/zaslon.html>
4. Комплекс активного захисту бронетехніки. URL: <https://armyinform.com.ua/2020/02/17/kompleksy-aktyvnogo-zahystu-bronetehniky-oglyad-armiyainform/>
5. КАЗ «Арена-М» адаптують для боротьби з дронами. <https://anna-news.info/kaz-arena-m-adaptiruyut-dlya-borby-s-dronami/>
6. Telegram канал "БТВТ 2019". URL: <https://t.me/btvt2019/1460>
7. Т-64Е: танк, який не злетів. URL: <https://mil.in.ua/uk/articles/visnyku-novogo-pokolinnya-kudy-ruhayetsya-yevropejske-tankobuduvannya/>
8. Чи може комплекс активного захисту боротися з FPV-дронами та чи є альтернативи. URL: https://defence.ua.com/weapon_and_tech/atomna-revoljutsija_vid_aselsan_v_turechchini_vinajshli_sposib_borotbi_z_bpla-5790.html
9. Вісники нового покоління: куди рухається європейське танкобудування. *Militaryni*. URL: <https://mil.in.ua/uk/articles/visnyku-novogo-pokolinnya-kudy-ruhayetsya-yevropejske-tankobuduvannya/>
10. Гришук П.А., Морозов К.В. Корабельная зенитная артиллерия. М. : ДОСААФ СССР. 1981. С. 138-148.
11. Способ стрельбы боевой машины по воздушной цели и система для его реализации. Патент RU 2218544 С2. Опубл. 10.12.2003.
12. Бійці Нацгвардії створили установку з кулеметами ПКТ для знищення безпілотників противника. Електронний ресурс. Режим допуску: <https://ngu.gov.ua/bijczi-paczgvardii-stvoryly-ustanovku-z-kulemetamy-pkt-dlya-znyshhennya-bezpylotnykiv-protyvnyka>. Дата звернення 15.08.24.
13. Шипунов А.Г., Березин С.М., Богданова Л.А. Боевые машины с зенитными свойствами. *Военный парад*, 2004. № 4. С. 5-15.
14. Способ стрельбы боевой машины с закрытых позиций по ненаблюдаемой цели и система управления огнем для его осуществления. Патент RU 2444693 С2. Опубл. 20.03.2012. Бюл. № 7.
15. Способ стрельбы боевой машины по цели (варианты) и информационно-управляющая система для его реализации. Пат. RU 2366886 С2. Опубл. 10.09.2009. Бюл. № 25.
16. Богданова Л.А. Методические аспекты оценки защищенности боевых машин. *Известия ТулГУ*. Техн. науки, 2019, Вып. 4. С.194-204.
17. Калабухова Е.П. Основы теории эффективности воздушной стрельбы и бомбометания: уч. пособие. Ч.1. М.: МАИ. 1975. 208 с.
18. Техническое описание и инструкция по эксплуатации танка Т-64А. ЦНИИ Информации, 1973. 332 с.
19. Техническое описание и инструкция по эксплуатации объект 219Р Москва Военное издательство 1986 С. 837.
20. Турельна кулеметна установка бойової машини. Заявка на корисну модель U2024 № 04192 від 22.08.
21. Спосіб стрільби бойової машини по повітряній цілі. Заявка на корисну модель U2024 № 04191 від 22.08.2024.
22. Баган В.Р., Костюк В.В., Купріненко О.М., Жирна О.В. Науково-методичний підхід визначення

ступеня небезпеки повітряної цілі для бойової машини з турельною кулеметною установкою. *Збірник наукових праць ДНДІ ВС ОБТ*. Вип. 3 (21). 14-22 с.

Reference

1. "Atomna revoliutsiia vid ASELSAN: v Turechchyni vynayshly sposib borotby z BPLA" [Atomic revolution by ASELSAN: a Turkish solution for countering UAVs]. (n.d.). Defence Express. Available at: https://defenceua.com/weapon_and_tech/atomna-revoljutsija_vid_aselsan_v_turechchini_vinajshli_sposib_borotbi_z_bpla-5790.html (Accessed 15 August 2024) [in Ukrainian]
2. Vanyal L. (2015), "Sredstva i sposoby radioelektronnoy borby zarubezhnykh stran v interesakh zashchity bronetankovykh mashin" [Means and methods of electronic warfare of foreign countries in the interests of protecting armored vehicles]. *Hadmernok*. Available at: http://hadmernok.hu/142_32_vanyal.pdf (Accessed 1 December 2015) [in Ukrainian]
3. "Zaslon" [Barrier]. (2015), *Ukrmilitary*. Available at: <https://www.ukrmilitary.com/2015/09/zaslon.html> (Accessed 15 August 2024) [in Ukrainian]
4. (2020), "Kompleksy aktyvnogo zakhystu bronetehniky: ohlyad" [Active protection systems for armored vehicles: review]. *Armyinform*. Available at: <https://armyinform.com.ua/2020/02/17/kompleksy-aktyvnogo-zahystu-bronetehniky-oglyad-armiyainform/> (Accessed 15 August 2024) [in Russian]
5. "KAZ Arena-M adaptiruyut dlya borby s dronami" [KAZ Arena-M adapted for drone combat]. (n.d.). *Anna News*. Available at: <https://anna-news.info/kaz-arena-m-adaptiruyut-dlya-borby-s-dronami/> (Accessed 15 August 2024) [in Ukrainian]
6. Telegram channel "btvt2019". (n.d.). Available at: <https://t.me/btvt2019/1460> (Accessed 15 August 2024) [in Ukrainian]
7. "T-64E: tank, yakyi ne zletiv" [T-64E: the tank that never took off]. (n.d.). *Militaryni*. Available at: <https://mil.in.ua/uk/blogs/t-64e-tank-yakyj-ne-zletiv/> (Accessed 15 August 2024) [in Ukrainian]
8. "Chi mozhe kompleks aktyvnogo zakhystu borotysia z FPV-dronamy ta chy ye alternatyvy" [Can an active protection system counter FPV drones and are there alternatives]. *Defence Express*. Available at: https://defenceua.com/weapon_and_tech/chi_mozhe_kompleks_aktivnogo_zahystu_borotysia_z_fpv_dronami_ta_chi_je_alternativi-14002.html (Accessed 15 August 2024) [in Ukrainian]
9. "Visnyku novoho pokolinnia: kudy rukhaietsia yevropejske tankobuduvannya" [New generation tanks: where is European tank-building heading]. (n.d.). *Militaryni*. Available at: <https://mil.in.ua/uk/articles/visnyku-novogo-pokolinnya-kudy-ruhayetsya-yevropejske-tankobuduvannya/> (Accessed 15 August 2024) [in Ukrainian]
10. Hryshchuk, P.A., Morozov, K.V. (1981), "Korabelna zenitna artylerii" [Naval anti-aircraft artillery]. Moscow: DOSAAF USSR. pp. 138-148. [in Ukrainian]
11. "Sposob strelby boevoy mashiny po vozdushnoy tseli i sistema dlya yego realizatsii" [Method of firing a combat vehicle at an aerial target and a system for its implementation]. Patent RU 2218544 С2. Published 10 December 2003. [in Ukrainian]
12. "Biitsi Natsgvardii stvoryly ustanovku z kulemetamy PKT dlia znyshchennia bezpylotnykiv protyvnyka" [National Guard fighters created a PKT machine gun system to destroy

enemy drones]. (n.d.). National Guard of Ukraine. Available at: <https://ngu.gov.ua/bijczy-naczgvardii-stvoryly-ustanovku-z-kulemetamy-pkt-dlya-znyshhennya-bezpilotnykiv-protyvnyka> (Accessed 15 August 2024) [in Ukrainian]

13. Shipunov A.G., Berezin S.M. and Bogdanova L.A. (2004), "Boevye mashiny s zenitnymi svoystvami" [Combat vehicles with anti-aircraft capabilities]. *Voyennyi parad*. No. 4, pp. 5-15. [in Ukrainian]

14. Sposob strelby boevoy mashiny s zakrytykh pozitsiy po nenablyudaemoy tsely i sistema upravleniya ognem dlya yego osushchestvleniya" [Method of firing a combat vehicle from covered positions at an unobserved target and a fire control system for its implementation]. Patent RU 2444693 C2. Published 20 March 2012. Bulletin No. 7. [in Ukrainian]

15. "Sposob strelby boevoy mashiny po tsely (varianty) i informatsionno-upravlyayushchaya sistema dlya yego realizatsii" [Method of firing a combat vehicle at a target (variants) and an information-control system for its implementation]. Patent RU 2366886 C2. Published 10 September 2009. Bulletin No. 25. [in Ukrainian]

16. Bogdanova, L.A. (2019), "Metodycheskiye aspekty otsenky zashchishchennosti boevykh mashin" [Methodological aspects of assessing the protection of combat vehicles]. *Izvestiya TulGU. Tekhn. nauki*, Issue 4, pp. 194-204. [in Russian]

17. Kalabukhova E.P. (1975), "Osnovy teorii effektivnosti vozduшной strelby i bombometaniya" [Fundamentals of the

theory of air shooting and bombing]. Moscow: MAI Publishing 208 p. [in Ukrainian]

18. (1986), "Tekhnicheskoe opisanie i instruktsiya po ekspluatatsii ob'ekt 219R" [Technical description and operating manual for Object 219R]. Moscow: Voennoe Izdatelstvo. 837 p. [in Russian]

19. (1973), "Tekhnicheskoe opisanie i instruktsiya po ekspluatatsii tanka T-64A" [Technical description and operating manual for the T-64A tank]. TsNII Informatzii. 332 p. [in Russian]

20. (2024), "Turelna kulemetna ustanovka boiovoi mashyny" [Turret machine gun system of a combat vehicle]. Patent application U2024 No. 04192, filed 22 August 2024.

21. (2024), "Sposib strilby boiovoi mashyny po povitriani tsili" [Method of firing a combat vehicle at an aerial target]. Patent application U2024 No. 04191, filed 22 August 2024. [in Ukrainian]

22. Bagan V.R., Kostyuk V.V., Kuprinenko O.M. and Zhyra O.V. (2024), "Naukovo-metodychnyi pidkhd vyznachennia stupenia nebezpeky povitrianoi tsili dlia boiovoi mashyny z turelnoiu kulemetnoiu ustanovkoiu" [Scientific and methodological approach to determining the danger level of an aerial target for a combat vehicle with a turret machine gun system]. *Zbirnyk naukovykh prats DNDI VS OVT*. Issue 3 (21), pp. 14-22. DOI <https://doi.org/10/37701/dndivsovt.21.2024/02> (Accessed 15 August 2024). [in Ukrainian]

SUBSTITUTION OF TECHNICAL SOLUTIONS TO INCREASE THE PROTECTION OF COMBAT VEHICLES IN THE SYSTEM OF MEASURES TO ENSURING THEIR SURVIVAL DURING COMBAT OPERATIONS

Volodymyr Bagan, Dmytro Khaustov, Yuriy Nastishin, Volodymyr Kostyuk

The protection of the main types of combat vehicles (main battle tanks, infantry fighting vehicles, armored personnel carriers, armored vehicles) (hereinafter referred to as BM) of the Armed Forces of Ukraine must be characterized by a high ability to counter modern fire weapons (ATGMs, RPGs, guided artillery ammunition and aerial bombs, as well as various types of strike UAVs and FPV drones) and at the same time maintain survivability, combat and operational properties of the model, as well as the life and health of the crew and personnel of the landing force.

The experience of combat use of the main models of BM during the Russian-Ukrainian war shows that achieving a high level of protection is one of the main tasks, which necessitates a constant search for new and effective ways to increase their protection in the process of designing and creating new and modernizing existing models of BM.

In the course of the study, the authors considered the main areas of increasing the security and survivability of the main BM samples, and taking into account the problematic issues and characteristic shortcomings that arise in the process of developing promising BM samples, they proposed substantiated technical solutions that can qualitatively improve the systems (complexes) of protecting BM samples of the Armed Forces of Ukraine.

In the work, the authors propose to improve the anti-aircraft machine gun installation (hereinafter referred to as the AMG) by optimizing the structural scheme in order to increase its combat effectiveness and accuracy of firing at air targets such as strike UAVs and FPV drones, since increased protection and survivability is provided not only by passive means of countermeasures, but also by countermeasures using effective fire control systems and means.

The implementation of the specified direction for improving the ZKU will allow in a short time to increase the protection and survivability of the BM model from damage by air targets, preserve the life and health of the vehicle crew and landing personnel, and timely complete the assigned combat missions.

Keywords: combat vehicle, drone, ZKU, DCBM