

УДК 623.624:623.4.021

DOI: [https://doi.org/10.34169/2414-0651.2021.1\(29\).14-19](https://doi.org/10.34169/2414-0651.2021.1(29).14-19)

В. В. ГЛЕБОВ, доктор технічних наук, старший науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0001-5242-8138>

(Державне підприємство "Харківське конструкторське бюро з машинобудування ім. О.О. Морозова", м. Харків)

І. Б. ЧЕПКОВ, доктор технічних наук, професор

<https://orcid.org/0000-0002-4294-4152>

А. В. КУЧИНСЬКИЙ, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0002-4294-4152>

(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)

К. А. КУЧИНСЬКА

<https://orcid.org/0000-0002-1800-040X>

(Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ)

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЗАХИСТУ БРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ ВІД УРАЖЕННЯ З ВЕРХНЬОЇ НАПІВСФЕРИ

В останні роки відбувається різке збільшення кількості, номенклатури і ефективності протитанкових засобів, які уражають бронетанкову техніку з верхньої напівсфери. Тому проблема забезпечення захисту є ключовою для всіх типів та зразків бронетанкової техніки. В статті розглянуто характерні властивості боєприпасів, які атакують бронетанкову техніку з верхньої напівсфери та основні етапи їх застосування. Проведена оцінка можливостей існуючих методів і засобів по забезпеченню захисту об'єктів бронетанкової техніки від ураження з верхньої напівсфери і визначені напрямки їх розвитку.

Ключові слова: бронетанкова техніка, захищеність, верхня напівсфера, динамічний захист, активний захист, протидія, маскування.

ВСТУП

Військові конфлікти останніх років показують, що концепція збройної протидії змінюється, відбувається перехід від класичних бойових дій з визначеними способами та порядками наступу та захисту до «гібридної» війни, що відрізняється за складом учасників, формами та способами використання зброї та військової техніки (ЗВТ). Характеристики бронетанкової техніки (БТТ), як одного з основних засобів, що беруть участь у цих конфліктах, повинні відповідати сучасним вимогам [1].

Захищеність сучасної бронетанкової техніки є однією з основних бойових характеристик та призначена зберігати її боєздатність під вогнем супротивника для виконання бойових завдань. Однією з актуальних проблем стає забезпечення захисту об'єктів бронетанкової техніки від ураження з верхніх півсфер. В сучасних умовах проблема забезпечення захисту стала ключовою для всіх типів та зразків бронетанкової техніки [2, 3]. Це обумовлено тим, що в останні роки різко збільшились кількість, номенклатура і ефективність протитанкових засобів (ПТЗ), особливо, що вражають з верхньої півсфери (рис. 1).

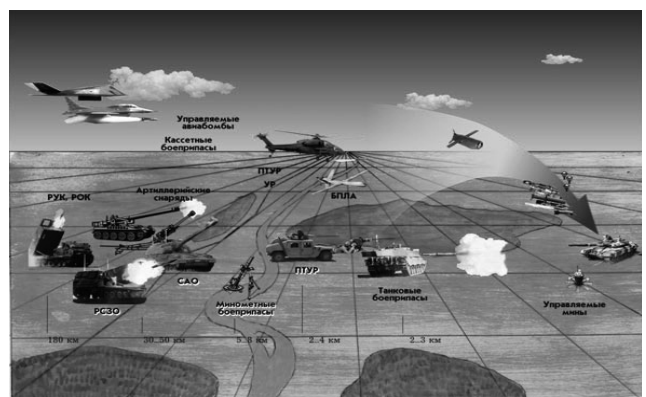


Рис. 1. Засоби ураження об'єктів БТТ

Одним з головних напрямків робіт з модернізації об'єктів БТТ, що знаходиться на озброєнні, та створення нових зразків є зниження бойової ваги за рахунок використання удосконаленої броні при забезпеченні необхідного рівня стійкості. Для БТТ кінця минулого століття характерно використання в конструкції броні багатошарових структур, що містять різні броньові матеріали. Динамічний захист (ДЗ) в різноманітних варіантах передбачає використання зарядів вибухової речовини, що призводить до зменшення бронепробивної здатності засобів ураження – особливо кумулятивних. Пропонується його встановлення як на лобову, бортову, так і на верхній проекціях об'єкта, що захищається.

Комплекси/системи активного захисту (КАЗ/САЗ) вважаються важливим напрямком підвищення рівня захисту БТТ [4, 5]. Сутність їх роботи полягає в виявленні і впливу на випущений в об'єкт БТТ засіб ураження (снаряд, ракету) з метою зміни його траєкторії, зменшення ймовірності влучення в ціль, зменшення ефективності його дії. З середини 90-х років цим системам відводиться головна роль в забезпеченні захисту БТТ.

Однак є і негативні фактори, що обумовлюють обмежене застосування КАЗ в конструкції БТТ.

В США, Німеччині, Великобританії та Франції проводяться концептуальні роботи зі створення електричного танка АЕТ (All Electrical Tank), як основної бойової машини XXI століття з використанням електромагнітного та електротермічного захисту.

Існуючі комплекси протидії наведенню засобів ураження на ціль включають системи попередження про опромінення лазерними або радіолокаційними засобами наведення, системи постановки інфрачервоних (ІЧ) перешкод, аерозольних завіс, «хибних цілей» і т.д. [6].

В той же час, бронетанкова техніка відноситься до об'єктів ОВТ, які найлегше виявити. Характерні особливості конструкції – корпус, башта, озброєння, висока рухливість на місцевості потребують застосування різноманітних способів маскування. А застосування методів і засобів маскування в оптичному, ІЧ і радіолокаційному (РЛ) діапазонах довжин хвиль при модернізації виробів бронетанкової техніки має вкрай обмежений характер [7]. Наприклад, НДІ Сталі (Росія) презентував новий комплекс активного захисту легкоброньованих машин з верхньої пів сфери. Він встановлений на модернізованій самохідній протитанковій гарматі 2С25 «Спрут-СДМ-1». Але більш детальна інформація з цієї розробки відсутня.

Мета статті – аналіз напрямків захисту об'єктів бронетанкової техніки від ураження з верхньої пів сфери.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Боеприпаси, що атакують БТТ з верхньої пів сфери, мають характерні особливості [8, 9]:

- це касетні суббоеприпаси (СБ) точного наведення з вражаючими елементами (самоприцілюючим бойовим елементом (СПБЕ)) – BLU-108/В в авіабомбі СБУ-97/В (США), СПБЭ-Д «Базальт» в бомбі РБК-500 СПБЭ (Росія), «Bonus» в артилерійському снаряді калібру 155 мм (Франція, Швеція), SADARM в складі бойової частини АТАСМС реактивної системи залпового вогню (РСЗО) М270 і крилатої ракети (КР) AGM-130 (США) і т. д.;
- наявність висотоміра – лазерного або радіолокаційного;
- наявність автоматичних систем наведення, що працюють в декількох діапазонах довжин хвиль – дводіапазонна ІЧ головка самонаведення (ГСН) (СБ «Bonus», ПТР «Javelin»), ІЧ ГСН і активна РЛС міліметрового діапазону (керуюча ракета (УР) «Hellfire»), ІЧ датчик і два РЛ датчика (активний і пасивний) (СБ SADARM), трьохрежимна ГСН, що об'єднує полуактивне лазерне, тепловізійне і РЛ наведення міліметрового діапазону (УР JCM);
- вражаючий елемент – кумулятивного типу або «ударне» ядро;
- ураження відбувається в найбільш нагріту і найменш захищену частину БТТ – дах моторно-трансмійного відділення (МТВ).

Мобільні засоби, що підлягають захисту, мають достатньо високу інфрачервону помітність, їх враження за допомогою СПБЭ можливе в будь-який час доби та у важких погодних умовах.

Основні етапи застосування СБ показані на рис. 2:

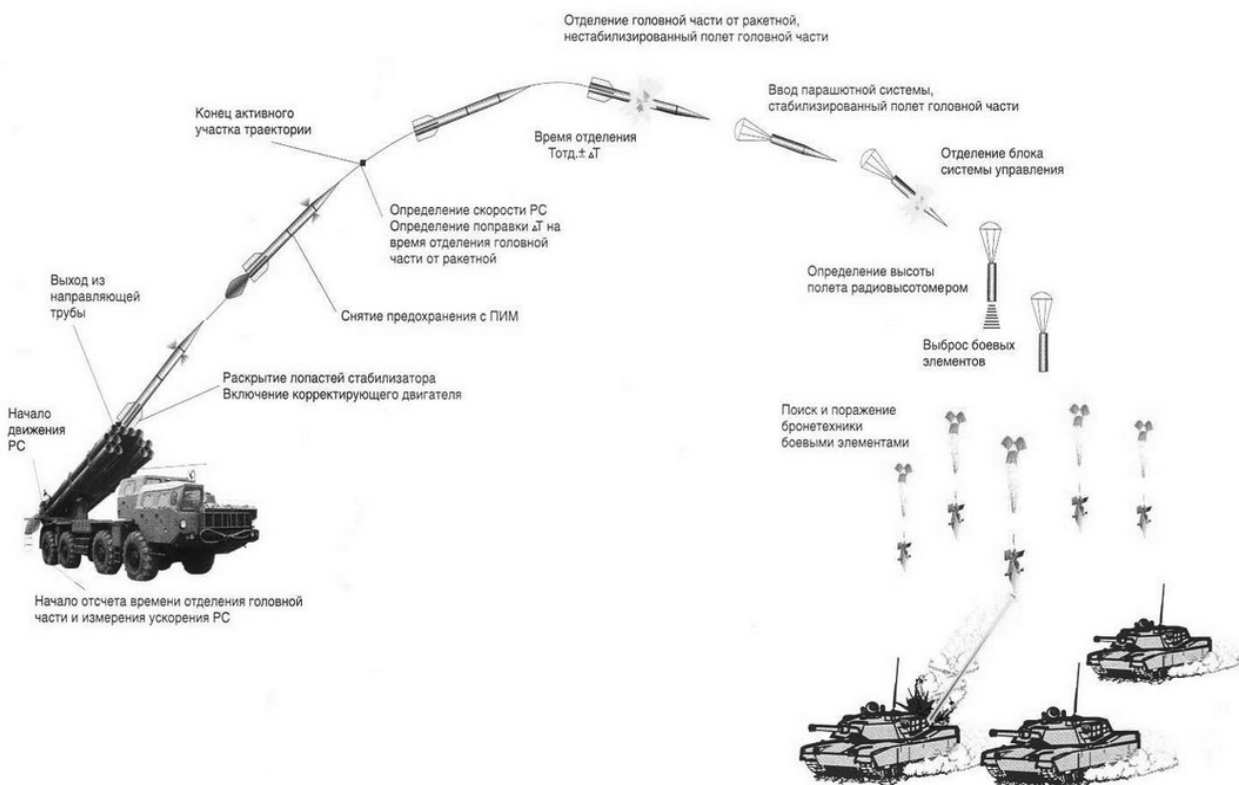


Рис. 2. Алгоритм застосування суббоеприпасів

- доставка в район виявлення цілі в складі снаряда, ракети або бомби;
- відділення бойової частини – скидання обтікача, відкриття касети або контейнера і т.п.;
- визначення висоти;
- включення на заданій висоті пошукового режиму з круговим скануванням;
- захват цілі, визначення дальності до неї, приведення в дію вражаючого елементу суббоєприпасу;
- ураження цілі.

Враховуючи вищевикладене, можливо провести оцінку можливості існуючих методів і засобів по забезпеченню захисту об'єктів бронетанкової техніки від ураження з верхньої пів сфери і визначити напрямки їх розвитку.

Пасивний броньовий захист. Протистояти вражаючим елементам сучасних боєприпасів за рахунок простого поглинання їх кінетичної енергії, спрацювання та затормажування при наявних обмеженнях за масою та товщиною бронювання об'єктів БТТ не є можливим.

Удосконалення пасивного броньованого захисту в напрямку створення конструкції з використанням рознесеної і комбінованої броні, в якій використовуються зміцнені наповнювачі, композитні матеріали на основі кераміки і склопластиків в поєднанні з високолегованими сталлями, неармовані полімери і сплави з легких матеріалів, підвищує характеристики балістичної стійкості, але проблему в цілому не вирішує.

Динамічний захист. Динамічний захист, особливо від тандемних боєприпасів, забезпечує практично повну нейтралізацію дії предзаряду, що обумовлює необхідність введення в структуру динамічного захисту достатньо товстої броньової перегородки. В той же час, ДЗ закриває зони бронювання, які мають достатній захист (зони комбінованого захисту башти і верхньої лобової деталі корпусу об'єкта БТТ, зокрема танка), а зони пониженої стійкості пасивного захисту лишаються без посилення. Це, в свою чергу, обмежує його використання для захисту верхніх проекцій даху МТО.

Комплекси/системи активного захисту. Захист від засобів ураження зі сторони верхньої пів сфери за рахунок систем активного захисту надасть змогу якісно підвищити рівень захисту БТТ.

Окремим напрямком підвищення загальної ефективності КАЗ може бути захист від атакуючих зверху боєприпасів: ПТУР, ракет «повітря – поверхня», СПБЕ комплексів ВТЗ. При вирішенні завдань їх виявлення за допомогою РЛС необхідно:

- виключити хибне спрацювання системи від оточуючих предметів при швидкості польоту СПБЕ ~ 10 – 50 м/с і швидкості руху об'єкта захисту до 20 м/с;
- компенсувати зміну крену та тангажу об'єкта захисту;
- забезпечити електромагнітну сумісність об'єктів БТТ;
- захистити антени від засобів ураження, впливу води и багна;
- забезпечити швидко заміну при ушкодженні.

Зокрема, розробку такої РЛС для російських КАЗ проводить ВАТ «Фазотрон».

Обладнання КАЗ стабілізованою, повноповоротною системою озброєння надасть змогу оперативно реагувати на загрозу обстрілу зразка з будь-якого напрямку. На основі отриманої та опрацьованої інформації пускова установка імпульсного наведення повинна виконати наведення на підлітаючий боєприпас, провести відстріл захисного заряду і його підрив.

Можливе застосування захисних зарядів, в яких використовуються і інші фізичні принципи – наприклад, захисний заряд об'ємного вибуху. Він може знищити зустрічні боєприпаси на відстані більше 10 метрів. СБ, які знаходяться на більшій дистанції, під дією «вітрового» навантаження на парашутні системи будуть відкинуті, дестабілізовані і процес сканування і прицілювання буде зриваним.

В якості варіанта захисного заряду можливий комбінований заряд з осколочним захисним зарядом і інтегрованим в його структуру вибухомагнітним генератором. При підриві боєприпасу створюється осколочне поле і одночасно генерується потужний електромагнітний імпульс, який виводить з ладу електронну апаратуру СПБЗ.

Комплект активних захисних засобів протидії планується реалізувати на бойовій системі майбутнього (FCS) сухопутних військ США. Така система захисту призначається для боротьби з протитанковими ракетами, як безпосередньо вражаючих ціль, так і із засобами ураження непрямого наведення (нанесення удару зверху) – самонавідні артилерійські суббоєприпаси і т. п.

У російському КАЗ «Афганіт» [10] застосовані обзорний радар, кругові HD-камери інфрачервоного і ультрафіолетових діапазонів, оптичні пеленгатори попередження про небезпеку. Він використовується як для розвідки наземних і повітряних цілей, так і для захисту об'єкта, в т. ч. вогневого.

Забезпечується автоматичний поворот башти в сторону підлітаючого боєприпасу для повернення його в сторону більш міцної броні і нанесення удару по розрахунку ПТРК, керування роботизованою кулеметною установкою для знищення боєприпасів, що атакують. Комплекс може перебувати в пасивному режимі, орієнтований на виведення з ладу ракет засобами постановки завіс і засобами РЕБ, знищення снарядів, які атакують БТТ, за рахунок високошвидкісних доплерівських радарів ближньої дії, що працюють за допомогою підсвічування від постійного джерела живлення.

Протидія наведенню зброї. Не зважаючи на розробку різних способів захисту, комплекси оптико-електронної протидії (КОЕП) лишаються високоефективним елементом забезпечення захищеності.

Одним з ефективних способів захисту в умовах ближнього бою і масованого використання ВТЗ є використання засобів постановки завад, що відстрілюються (широкоспектральних пасток, аерозольної хмари) з часом ефективною дією, адекватним динаміці сучасного бою. При цьому, аерозольні завіси і хибні цілі повинні забезпечувати:

- одночасний захист об'єкта БТТ в оптичному, ІЧ і РЛ діапазонах довжин хвиль;
- мінімізацію часу формування і збільшення часу ефективної дії у широкому спектральному діапазоні. *Зниження помітності /маскування.*

Ймовірність ураження об'єкта БТТ $P_{пор}$ спрощено можливо представити як суму ймовірностей:

$$P_{пор} = P_{обн} \cdot P_{ноп} \cdot P_{пор/ноп},$$

де $P_{обн}$ – ймовірність виявлення і розпізнавання об'єкта супротивником; $P_{ноп}$ – ймовірність влучення в виявлений об'єкт; $P_{пор/ноп}$ – ймовірність враження при умові влучення.

Ймовірність влучення і враження при умові попадання звичайними протитанковими боєприпасами складає всього декілька відсотків, тому ймовірність виявлення має незначний вплив на кінцевий результат.

Але з появою і реальним використанням високоточної зброї (ВТЗ) ситуація різко змінилася. Співмножники $P_{ноп}$ і $P_{пор/ноп}$ стали близькими до одиниці і показник $P_{обн}$, що визначає ступінь демаскуючих характеристик об'єкта БТТ, почав безпосередньо впливати на рівень його захищеності.

Як вже зазначалося, природні та штучні маскуючі засоби повинні використовуватися для зниження виявлення не тільки в оптичному, але і в ІЧ і РЛ діапазонах довжин хвиль.

Розфарбування маскувальних сіток повинно бути аналогічним кольорам деформуючого розфарбування (рис. 3). Можливе використання сіток, які мають різне розфарбовування з двох сторін, що дозволяє враховувати при маскуванні сезонні зміни навколишнього середовища.



Рис. 3. Танк "Leopard 2A6" з системою маскування "Integrated Multipurpose Camouflage Systems"

Українськими спеціалістами створений комплекс "Зебра" для захисту верхньої пів сфери (башти або моторного відділення) танка Т-72. Комплекс "Зебра" виконаний у вигляді навісного обладнання з живленням від бортової мережі. Має робоче та транспортне положення. Конструктивні особливості комплексу дозволяють використовувати його як екран при використанні супротивником засобів ІЧ спостереження або головок самонаведення ПТРК, а спеціальне покриття зменшує можливість виявлення танка РЛ засобами [11].

Одна з останніх розробок ВАТ «ЦКБ РМ» – захисний маскувальний екран (ЗМЕ) [12]. Він призначений для маскування від засобів розвідки супротивника та захисту броньованої техніки від сучасних засобів враження, що діють з верхньої пів сфери, в тому числі від ВТЗ. ЗМЕ забезпечує захист бронетехніки, що маскується комбінованим гнучким покриттям на поверхні землі і в окопах від керованих та некерованих боєприпасів кумулятивної дії з головками самонаведення. ЗМЕ викликає спрацювання підривачів миттєвої дії на безпечних для техніки відстанях.

ВИСНОВКИ

1. Існуюча номенклатура засобів ураження та перспективи їх розвитку свідчать, що без впровадження спеціальних методів та способів неможливо забезпечити необхідні рівні захисту БТТ.

2. Захист верхньої пів сфери від касетних суббоєприпасів є найбільш складною проблемою, що може бути вирішена через комплексне використання різних способів.

3. Найбільш раціональним та ефективним способом підвищення захисту БТТ в верхній пів сфері при їх модернізації, а також при розробці нових зразків, є зниження помітності та підвищення характеристик КОЕП.

В перспективі інтеграція в єдиному комплексі засобів активного, динамічного і пасивного захисту, КОЕП, засобів маскування, їх поєднання з системою керування вогнем, автоматизованою системою керування військами тактичного рівня, надасть можливість ще більш підвищити ефективність захисту БТТ, їх стійкість до дії супротивника на полі бою у тактичному та оперативному тилу.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Канчуков С.А. Характер вооруженной борьбы на Украине. Ч. IV. 2014. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kanchukov_sa.
2. Иванов О. Пути повышения уровня защищенности зарубежной бронетанковой техники. ЗВО. 2003. № 10-11. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://militaryarticle.ru/skachat/soldat-udachi-skachat>.
3. Григорян В.А., Юдин Е.Г., Орехов И.И. Защита танков / под ред. В.А. Григоряна. М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2007. 327 с.
4. Системы активной защиты бронетехники. Иностранная печать об экономическом, научно-техническом и военном потенциале государств-участников СНГ и технических средствах его выявления (Серия «Вооруженные силы и военно-промышленный потенциал»). 2008. № 4. С. 22—37.
5. Комплексы активной защиты бронетехники. 2015. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://technowars.defence.ru>.
6. Глебов В.В. Основные проблемы и направления развития защиты боевых бронированных машин с использованием систем обнаружения электромагнитного излучения. Механіка та машинобудування. Харків: НТУ «ХПІ». 2012. № 2. С. 84—98.
7. Глебов В.В., Девиатилов Ю.И., Роленко С.А. О возможности применения средств маскировки при модернизации бронетанковой техники. Військ.-техн. зб. 2016. № 14. С. 79—83.
8. Валецкий О.В. Управляемое авиационное оружие США и НАТО. Пушкино: Центр стратегической конъюнктуры. 2013. 154 с.
9. Ракетная энциклопедия. 2012. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rocet.boom.ru>.
10. Афганит (активная защита). 2016. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://Wikipedia>.
11. Украинским конструкторам удалось создать комплекс «Зебра» для защиты верхней полусферы танка от различных средств поражения. 2016. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://Konspektiruem.ru>.
12. Щит на пути электромагнитных волн. Новый оборонный заказ. 2010. № 4(11). [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://ckbrm@mail.ru>.
5. [Systems of active protection of armored vehicles], Foreign press on the economic, scientific, technical and military potential of the CIS member states and technical means of its detection. No. 4. Pp. 22—37.
6. Glebov, V.V. (2012), “Osnovnye problemy i napravleniia razvitiia zashity boevykh bronirovannykh mashin s ispolzovaniem sistem obnaruzheniia elektromagnitnogo izlucheniia” [The main problems and directions of development of protection of armored combat vehicles using electromagnetic radiation detection systems], *Mechanics and Engineering*. NTU “KhPI”. Kharkiv. No 2. Pp. 84—98.
7. Glebov, V.V., Deviatilov, S.A. & Rolenko, S.A. (2016), “O vozmozhnosti primeneniia sredstv maskirovki pri modernizatsii bronetankovoi tekhniki” [On the possibility of using means of camouflage in the modernization of armored vehicles], *Milit.-techn. coll.* No. 14. Pp. 79—83.
8. Valetskiy, O.V. (2013), “Upravliaemoe aviatsionnoe oruzhie SShA i NATO” [Controlled aviation weapons of the USA and NATO], Center for Strategic Conjuncture. Pushkino. 154 p.
9. “Raketaia entsiklopediia” [Rocket Encyclopedia]. 2012. Available at: <http://rocet.boom.ru>.
10. “Afganit (aktivnaia zashita)” [Afghanit (active protection)]. 2016. Available at: <http://Wikipedia>.
11. “Ukrainskim konstruktoram udalos sozdat kompleks “Zebra” dlia zashity verkhnei polusfery tanka ot razlichnykh sredstv porazheniia” [Ukrainian designers managed to create a complex “Zebra” to protect the upper hemisphere of the tank against various munitions]. 2016. available at: <http://Konspektiruem.ru>.
12. “Shchit na puti elektromagnitnykh voln” [Shield in the path of electromagnetic waves]. 2010. *New defense order*. No. 4(11). Available at: <http://ckbrm@mail.ru>.

Glebov V., Chepkov I., Kuchynsky A., Kuchynska K.

ANALYSIS OF METHODS OF INCREASING THE LEVEL OF PROTECTION OF ARMORED VEHICLES AGAINST STRIKING FROM THE UPPER HEMISPHERE

In recent years, there has been a sharp increase in the number, range and effectiveness of anti-tank weapons (ATW) which strike armored vehicles from the upper hemisphere. Therefore, providing protection is a crucial challenge for all types of armored vehicles [2, 3]. The article addresses the characteristics of ammunition that attack armored vehicles from the upper hemisphere and their application milestones. The authors assessed the capabilities of existing methods and tools to protect armored vehicles against striking from the upper hemisphere and identified areas for their development. They analyzed the main design limitations in the application of passive armor protection, systems of

REFERENCES

1. Kanchukov, S.A. (2014), “Kharakter vooruzhonnoi borby na Ukraine. Ch. IV.” [The nature of the armed struggle in Ukraine (P. IV)], available at: http://kanchukov_sa.
2. Ivanov, O. (2003), “Puti povysheniia urovnia zashishenosti zarubezhnoi bronetankovoi tekhniki” [Ways to increase the level of security of foreign armored vehicles], *ZVO*. No. 10-11. Available at: <http://militaryarticle.ru/skachat/soldat-udachi-skachat>.
3. Grigorian, V.A., Yudin, Ye.G. & Orekhov, I.I. (2007), “Zashita tankov” [Protection of tanks], MSTU im. N.E. Bauman. M. 327 p.
4. Series “Armed Forces and Military-Industrial Potential” (2008), “Sistemy aktivnoi zashity bronetekhniki”

dynamic and active protection of armored vehicles against striking from the upper hemisphere. The authors point out that the most promising areas are the improvement of weapons guidance counteraction systems and visibility reduction systems, not only in the optical, but also in the infrared and radar wavelengths.

The analysis shows that without the introduction of special methods and techniques it is impossible to provide the necessary levels of protection of armored vehicles against striking from the upper hemisphere, and protection against striking by cluster munitions is the most difficult problem that can be addressed only through integrated use of various methods.

Keywords: armored vehicles, protection, upper hemisphere, dynamic protection, active protection, counteraction, camouflage.

Відомості про авторів:

Глебов Василь Васильович

доктор технічних наук, старший науковий співробітник,
Державне підприємство «Харківське конструкторське бюро
з машинобудування ім. О.О. Морозова»
м. Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5242-8138>
e-mail: glebov@morozov.com.ua

Information about the authors:

Vasylii Glebov

Doctor of Technical Sciences
Senior Research, State enterprise "Kharkiv design engineering
bureau named after O.O. Morozov", Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5242-8138>

Чепков Ігор Борисович

доктор технічних наук, професор
начальник Центрального науково-дослідного інституту
озброєння та військової техніки Збройних Сил України,
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-4294-4152>

Ihor Chepkov

Doctor of Technical Sciences
Professor
Chief of Central scientific research institute of armament and
military equipment of the Armed Forces of Ukraine
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-4294-4152>

Кучинський Андрій Володимирович

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
провідний науковий співробітник науково-організаційного
відділу Центрального науково-дослідного інституту
озброєння та військової техніки Збройних Сил України,
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-1687-9393>
e-mail: 10fa@ukr.net

Andriy Kuchynsky

Candidate of Technical Sciences
Senior Research
Leading researcher of scientific and organizational department of
Central Scientific Research Institute of Armament and Military
Equipment of Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1687-9393>
e-mail: 10fa@ukr.net

Кучинська Катерина Андріївна

Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-1800-040X>
e-mail: kuchinska.katya@gmail.com

Katerina Kuchynska

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute"
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-1800-040X>
e-mail: kuchinska.katya@gmail.com

Стаття надійшла до редколегії 11.02.2021.