

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ІНТЕГРАЛЬНОГО КОЕФІЦІЄНТА РОЗВІДУВАЛЬНОЇ ЗАХИЩЕНОСТІ АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ СИЛ БЕЗПЕКИ ТА ОБОРОНИ УКРАЇНИ

Подано нову методику визначення інтегрального коефіцієнта розвідувальної захищеності автобронетанкової техніки сил безпеки та оборони України, що враховує багатоспектральні демаскувальні ознаки та режими роботи радіотехнічних засобів, включно з комплексами радіоелектронної боротьби і системами протидії радіокерованим боєприпасам. Показано, що інтенсивний розвиток оптичної, інфрачервоної, радіолокаційної, теплової, акустичної та радіотехнічної розвідки противника суттєво збільшує імовірність виявлення автобронетанкової техніки, знижуючи її бойову живучість. Запропонована модель базується на зваженій агрегації часткових коефіцієнтів помітності і дає змогу кількісно визначати рівень розвідувальної захищеності техніки в різних умовах бойового застосування. Наведену методику можливо використовувати для порівняльного аналізу зразків автобронетанкової техніки, оптимізації режимів роботи радіотехнічних систем, удосконалювання заходів маскуванню та підвищення ефективності комплексів протидії радіокерованим боєприпасам у межах механізмів забезпечення державної безпеки України.

Ключові слова: державна безпека, механізм забезпечення, сили безпеки та оборони, автобронетанкова техніка, розвідувальна захищеність, протидія радіокерованим боєприпасам, безпілотні літальні апарати, виявлення, акустична вібрація, вплив, діагностування, захист, коефіцієнт, моніторинг, спектральний аналіз, розвідувальні ознаки, радіотехнічна помітність.

Постановка проблеми. Результати аналізу ведення бойових дій на території України свідчать про стрімкий розвиток й інтенсивне застосування засобів технічної, радіотехнічної, оптико-електронної та безпілотної розвідки противника, що суттєво підвищує його можливості виявлення й ураження сил оборони [1, 2]. Це створює комплексні загрози для підрозділів, особливо під час використання автобронетанкової техніки (АБТТ) як основного засобу вогневої підтримки штурмових, маневрових та охоронних дій [3]. Демаскувальні ознаки, що формуються під час роботи двигуна, руху машини, використання засобів зв'язку, засобів РЕБ, а також застосування засобів протидії радіокерованим боєприпасам (РКБП), ведення вогню, безпосередньо впливають на ймовірність виявлення АБТТ різними типами розвідки противника [1, 2]. В умовах багатоспектрального спостереження (оптичного, інфрачервоного, теплового, радіолокаційного, акустичного та радіотехнічного) зниження розвідувальної помітності стає одним із ключових чинників забезпечення бойової живучості АБТТ. Саме розвідувальна захищеність у сучасній війні визначає початкову ланку «ланцюга ураження» [17, 20], оскільки від імовірності виявлення залежить подальша ймовірність ураження, пробиття та втрати боєздатності АБТТ.

Отже, постає науково-практична проблема, сутність якої в тому, що бракує комплексної методики, яка б давала змогу кількісно оцінювати взаємозв'язок між багатоспектральними демаскувальними ознаками, режимами роботи радіотехнічних засобів, зокрема засобів протидії РКБП, та показниками бойової живучості АБТТ, а також пов'язувати отримані результати з механізмами підвищення державної безпеки [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних дослідженнях питання бойової живучості бронетанкової та автомобільної техніки розглядається переважно через імовірнісні моделі виявлення, ураження, пробиття та втрати боєздатності, що відображено у низці праць. Зокрема, у публікації О. Іванченко і співавторів запропоновано узагальнений індикатор живучості бронетехніки [5]. Подальший розвиток методик оцінювання життєздатності АБТТ відображено у працях науковців С. Кудімова, В. Табуненка, Р. Кайдалова та їхніх колег, які визначили критерії й алгоритми розрахунку рівня збереження техніки залежно від умов бою, інтенсивності вогневого впливу та параметрів уражувальних засобів [6, 7]. Дослідження Т. Стаха доповнюють наукову базу формування інтегральних показників живучості шляхом урахування конструктивних, експлуатаційних та бойових факторів, що

впливають на стійкість техніки до ураження [8]. Узагальнення результатів цих праць свідчить про наявність достатньо опрацьованої бази для оцінювання бойової живучості АБТТ, однак у більшості досліджень не враховано специфічного впливу режимів роботи радіотехнічних засобів, включно з комплексами РЕБ та засобами протидії РКБП, які істотно змінюють рівень багатоспектральних демаскувальних ознак техніки і відповідно – імовірність її виявлення противником. Саме тим, що у наявних методиках не враховуються ці режими, і зумовлена необхідність наукового вирішення зазначеної проблеми.

Відомо чимало способів і прийомів маскуванню бойової техніки, зокрема АБТТ, а також різних форм ведення розвідувальних дій проти неї. У бойових статутах [3, 4, 9] визначено порядок дій механізованих і танкових підрозділів, основи ведення розвідки та вимоги до проведення тактичного маскуванню, однак без суттєвої деталізації багатоспектральної помітності техніки в умовах сучасного поля бою. У працях [10, 11] основну увагу приділено способам ведення військової розвідки та характеристикам АБТТ, проте не розкрито математичного апарату формування демаскувальних ознак та їх зв'язку з імовірністю виявлення й ураження. Вимоги до маскувального фарбування й інженерного маскуванню техніки встановлено у [12], однак не подано оцінки ефективності цих заходів у порівнянні з дією сучасних засобів розвідки противника і не розглянуто впливу активних радіотехнічних засобів (РЕБ, РКБП), що значно підвищують розвідувальну помітність техніки.

Отже, аналіз наукових джерел свідчить про те, що бракує комплексного підходу, який би охоплював: багатоспектральні демаскувальні ознаки АБТТ; вплив режимів роботи радіотехнічних засобів, зокрема РЕБ і РКБП; зв'язок між розвідувальною захищеністю та бойовою живучістю техніки; формальне математичне представлення цих процесів у межах єдиної оцінювальної методики.

Саме ця сукупність наукових прогалин визначає актуальність і зумовлює необхідність проведення дослідження.

Метою статті є розроблення методики визначення інтегрального показника протирозвідкової (розвідувальної) захищеності автобронетанкової техніки сил безпеки та оборони з урахуванням багатоспектральних демаскувальних ознак.

Виклад основного матеріалу. Досвід відсічі збройної агресії російської федерації силами безпеки та оборони України переконливо засвідчив, що одним із ключових чинників, який визначає рівень бойової живучості АБТТ, є її протирозвідкова (розвідувальна) захищеність. Розвиток засобів повітряної, наземної, радіолокаційної, електронної, теплової та акустичної розвідки противника, а також масове застосування БпЛА різних типів призвели до різкого зростання імовірності виявлення української техніки на полі бою [5, 6, 7, 10, 11, 18]. Зафіксовані випадки ураження бойових машин противником переважно передувалися їх своєчасним виявленням, що свідчить про прямий причинно-наслідковий зв'язок між рівнем розвідувальної помітності АБТТ та фактичними бойовими втратами.

Попри критичну значущість зазначеного чинника, у наукових дослідженнях і практичних методиках оцінювання ефективності бойової техніки досі немає формалізованого, кількісно визначеного інтегрального показника розвідувальної захищеності, який би комплексно враховував багатоспектральні демаскувальні ознаки техніки, режими роботи радіотехнічних засобів та вплив засобів протидії радіокерованим боєприпасам. Це ускладнює проведення об'єктивних порівняльних оцінок, визначення оптимальних режимів застосування техніки та формування науково обґрунтованих рішень щодо підвищення бойової живучості підрозділів на операційному театрі.

У загальному вигляді визначимо поняття «протирозвідкова (розвідувальна) захищеність автобронетанкової техніки» як здатність АБТТ протистояти розвідці противника. Для потреб військово-наукового аналізу вводиться розширене, деталізоване визначення, яке відображує багатокомпонентну природу цього показника.

Протирозвідкова (розвідувальна) захищеність автобронетанкової техніки – це інтегральна властивість, що визначає здатність АБТТ залишатися малопомітною і важковиявною для засобів розвідки противника в оптичному, інфрачервоному, радіолокаційному, акустичному, вібраційному та радіотехнічному діапазонах, а також протидіяти розкриттю своїх бойових можливостей, місцеположення та намірів під час виконання службово-бойових завдань.

Таке формулювання створює основу для подальшої математичної формалізації розвідувальної захищеності та побудови інтегральних показників, що дадуть змогу визначити її вплив на бойову живучість АБТТ і об'єктивізувати процеси прийняття рішень щодо модернізації техніки, удосконалення тактичних прийомів її застосування та розвитку систем протидії РКБП.

Формалізуємо процес оцінювання розвідувальної захищеності АБТТ шляхом визначення відповідного коефіцієнта на основі ймовірності її виявлення з урахуванням тактико-технічних характеристик техніки. Такий підхід дає змогу кількісно оцінити ступінь уразливості техніки в конкретних бойових умовах, що є критично важливим для ефективного планування операцій.

Коефіцієнт розвідувальної захищеності залежить від діагностування (моніторингу) умов застосування АБТТ і має враховувати:

- вид загальновійськового бою (наприклад, наступальні або оборонні дії);
- тип дій (маневрування, марш, зосередження);
- фазу бойового застосування (пересування у колоні чи бойових порядках, розгортання, бойова робота з місця тощо);
- участь у виконанні завдань бойового забезпечення [зокрема, у складі підрозділів охорони, забезпечення (логістики) або резерву];
- тактичну обстановку (рельєф місцевості, природно-географічна зона, наявність укриття, погодні умови, пора року, час доби).

Поняття розвідувальної захищеності бойової техніки є ключовим для подальшого аналізу, тому розглянемо його сутність детальніше. Розвідувальна захищеність бойової техніки – це сукупна здатність зразка АБТТ зменшувати ймовірність свого виявлення, розпізнавання та цілевказання в умовах бойових дій [12, 15, 20]. Вона формується завдяки заходам маскуванню, зниженню демаскувальних ознак і використанню інженерних засобів, а також організаційно-тактичними заходами [13]. Розвідувальна захищеність визначається на основі фізичних сигнатур об'єкта – оптичної, інфрачервоної, теплової, електромагнітної, радіолокаційної, акустичної, сейсмічної тощо [14, 15, 22].

Оцінювання розвідувальної захищеності АБТТ пропонується проводити на основі інтегрального показника, який містить коефіцієнти розвідувальної помітності, що залежать від впливу на помітність техніки, серед яких важливу роль відіграють:

- коефіцієнт акустичного виявлення, що характеризує рівень шуму, який створює техніка під час руху або роботи систем озброєння;
- коефіцієнт вібрації, що характеризує переміщення техніки, особливо асфальтованими дорогами, та роботу техніки під маскувальними засобами.

На різних етапах підготовки і ведення бойових дій застосування АБТТ є ключовим чинником забезпечення високих бойових можливостей підрозділів, особливо штурмових. Тому важливо забезпечити потрібний рівень розвідувальної захищеності зразків АБТТ для їх збереження під час ведення бойових дій. Для цього необхідно провести моніторинг демаскувальних ознак.

Під час виконання бойових завдань питання тактичного маскуванню зазвичай вирішуються відповідно до положень [10, 15, 16], проте вони не мають чіткого математичного обґрунтування.

До загальноприйнятих прийомів тактичного маскуванню належать: укриття та маскуванню; імітація; демонстративні дії; дезінформація [17, 18].

Реалізація перелічених заходів маскуванню потребує відповідного технічного забезпечення. Основні показники бойових можливостей АБТТ – вогневі, маневрові та ударні – реалізуються через фізичні процеси, які можуть бути сприйняті противником як демаскувальні ознаки (дезінформація).

Вогневі можливості характеризують здатність АБТТ уражати цілі противника за такими параметрами: бойова швидкострільність; дальність ефективного вогню; точність стрільби (імовірність ураження); уражаючий ефект боєприпасів.

Під час стрільби зі штатного озброєння АБТТ постріл супроводжується фізичними явищами, які також є демаскувальними ознаками:

- 1) акустична ознака – шум пострілу, звукова хвиля від вибуху метального заряду або роботи автоматики;
- 2) вібраційна ознака – вібрація техніки й елементів озброєння, включно з маскувальними засобами;
- 3) тепла ознака – локальний розігрів ствола внаслідок стрільби, що фіксується тепловізійними засобами розвідки;
- 4) оптична ознака – дим від згоряння порохового заряду, а також візуально спостережуване полум'я пострілу, особливо у темну пору доби (світлова складова оптичної ознаки) [19, 20].

Окрім цього, постійними візуальними ознаками залишаються габаритні розміри і колір бронетехніки.

Маневрові властивості визначаються здатністю техніки здійснювати пересування у бойових порядках, зокрема під час маршів та у складі підрозділів похідної охорони. У таких умовах проявляються додаткові демаскувальні ознаки. Результати діагностування (моніторингу) впливу демаскувальних ознак дали змогу сформулювати групи ознак.

Акустичні та вібраційні ознаки. Причинами є робота двигуна, трансмісії, гусениць (коліс). До джерел належать: дизельний або турбінний двигун; ходова частина (особливо гусеничний рушій); шуми і вібрації броні та механізмів під час перемикання передач, здійснення поворотів. До засобів виявлення таких ознак відносять: акустичні сенсори противника (наземні або повітряні); аудіозапис або спрямована локалізація джерела шуму чи вібрації. Особливістю є значний рівень шуму, який у русі може сягати 90...115 дБ, що створює можливість виявлення на кілька кілометрів [16, 21].

Теплова ознака. Причинами є інфрачервоне випромінювання від двигуна, вихлопної системи, трансмісії. До джерел належать: розігрітий корпус у зоні моторно-трансмісійного відділення; вихлопні гази високої температури; нагрівання ходової частини. До засобів виявлення відносять: тепловізори (наземні або на повітряних апаратах, зокрема безпілотних), прилади нічного бачення; супутникова ІЧ-розвідка. Особливістю ознаки є те, що тепла сигнатура зберігається ще довго після зупинки техніки (інерція нагріву).

Оптична ознака. Причинами є візуальне спостереження геометричних розмірів техніки або її слідів. До джерел належать: габаритні контури техніки (особливо зверху); сліди від ходової частини (гусениць, шин на ґрунті, снігу, траві тощо); пиловий шлейф під час руху сухим або сипучим ґрунтом. Ознака виявляється: візуально, оптичними приладами (зокрема із висоти); за допомогою камер денного спостереження. Особливістю ознаки є те, що слід від гусениць або коліс може вказувати на напрямок руху, склад групи, тип техніки.

Світлова (візуально-контрастна) ознака. До джерел належить зміна контрасту техніки на фоні місцевості: блиск нефарбованих або вологих елементів броні; порушення тіней/контурів під час переміщення; віддзеркалення на склі приладдя або фар (навіть удень). Ознака виявляється: візуально, через оптичні прилади; оптоелектронними системами за аналізом контрастності. Особливістю ознаки є те, що вона вкрай небезпечна в умовах відкритої або рівнинної місцевості.

Механічна ознака. Джерелами є фізичні сліди взаємодії з поверхнею (ґрунтом): зламана або притиснута рослинність; порушення шару снігу, ґрунту; вибоїни, прокатана земля. Ознака виявляється спостереженням із повітря, розвідувальними дозорами. Особливістю ознаки є фактор тривалого зберігання після проходження техніки.

Діагностування (моніторинг) впливу рельєфу місцевості є критичним чинником: кожний вогневий рубіж може мати своє значення коефіцієнта розвідувальної захищеності (КРЗ). Такий коефіцієнт застосовується для моделювання ймовірності виявлення техніки залежно від її сигнатур у різних спектральних діапазонах, наприклад під час спектрального аналізу шуму або вібрації [21]. Під час організації та здійснення розташування на місці або ведення сторожових дій механізовані (штурмові) підрозділи за підтримки АБТТ виконують завдання з підготовки до бою або відновлення боєздатності після бойових дій. Зразок техніки (АБТТ), який не залучено до виконання сторожових дій і перебуває на укритій стоянці у складі підрозділу, може мати високий рівень розвідувальної захищеності (максимальний КРЗ). Натомість значно нижчий рівень захищеності спостерігається у АБТТ, що входить до складу бойових порядків органів сторожової охорони (мінімальний КРЗ).

Застосування радіотехнічних засобів на борту бойових машин, зокрема комплексів РЕБ, засобів протидії РКБП та засобів радіозв'язку, істотно впливає на їх розвідувальну захищеність, оскільки створює додаткові електромагнітні, теплові, акустичні й оптичні демаскувальні ознаки. Робота передавачів, антенних систем та генераторів перешкод збільшує радіотехнічну помітність техніки, роблячи її доступною для виявлення засобами радіотехнічної та радіолокаційної розвідки противника [17, 20]. Одночасно підвищення теплової, вібраційної й акустичної сигнатури, спричинене роботою високопотужних радіотехнічних комплексів, підсилює помітність техніки в інфрачервоному, сейсмічному та акустичному діапазонах. Урахування цих негативних ефектів потребує введення коефіцієнта радіотехнічної помітності як коригувального параметра, що відображує зниження інтегрального рівня розвідувальної захищеності під час роботи РЕБ, засобів захисту від РКБП та засобів зв'язку.

Отже, застосування засобів і заходів маскування під час виконання бойових та спеціальних завдань потребує значних зусиль, що дає змогу досягти відчутного ефекту у зниженні ризику виявлення.

Для інтегрального обчислення коефіцієнта розвідувальної захищеності бойової техніки використовується зважена сума часткових показників математичної моделі (коефіцієнтів захищеності: акустичної $K_{ак}$; теплової $K_{т}$; оптичної $K_{оп}$; інфрачервоної $K_{іч}$; радіолокаційної $K_{рлс}$; вібраційної $K_{віб}$, радіотехнічної $K_{рт}$):

$$K_{інт} = w_1 \cdot K_{зв} + w_2 \cdot K_{т} + w_3 \cdot K_{оп} + w_4 \cdot K_{іч} + w_5 \cdot K_{рлс} + w_6 \cdot K_{віб} + w_7 \cdot K_{рт}, \quad (1)$$

де w_i – вагові коефіцієнти, що визначають внесок кожного виду демаскувальної ознаки у загальну розвідувальну помітність техніки.

Вагові коефіцієнти моделі (1) пропонується встановлювати на основі:

– емпіричних даних досліджень про ефективність виявлення техніки в різних середовищах (ліс, місто, відкриті ділянки);

– результатів натурних випробувань, поданих у відкритих доповідях НАТО і наукових звітах;

– експертної оцінки фахівців з тактичної розвідки та протидії технічним засобам виявлення [15, 22].

Розглянемо порядок визначення вагових коефіцієнтів для КРЗ.

Процедура нормалізації вагових коефіцієнтів виконується так:

$$w_i = \alpha_i / (\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_7), \quad (2)$$

де α_i – експертна оцінка важливості (впливу) кожного чинника, яка залежить зокрема від бою, місцевості, зразків АБТТ, радіотехнічних засобів тощо.

Моделю виразу (1) і вираз (2) доповнено врахуванням вібраційного складника, який ураховує також і вразливість до засобів сейсмозвідки. Цей напрям набуває актуальності в умовах застосування сейсмодатчиків типу «Пеніцилін» та аналогів. Урахування цього параметра узгоджується з підходами багатоаспектної розвідки за стандартами MASINT, визначеними, наприклад, STANAG 4716.

У таблиці 1 подано рекомендовані значення вагових коефіцієнтів демаскувальних ознак, розраховані за виразом (2).

Таблиця 1 – Значення вагових коефіцієнтів демаскувальних ознак

Тип виявлення	Коефіцієнт	Значення	Примітка
Акустичне	$K_{зв}$	0,18	Шум двигуна, постріли
Теплове	$K_{т}$	0,13	Нагрів ствола, вихлоп
Візуальне	$K_{оп}$	0,12	Габарити, колір, полум'я
Інфрачервоне	$K_{іч}$	0,12	ІЧ-випромінювання корпусу
Радіолокаційне	$K_{рлс}$	0,11	Відбиття РЛС-сигналів
Сейсмічне	$K_{віб}$	0,11	Вібрації, зокрема зафіксовані сейсмодатчиками (приладами)
Радіотехнічне	$K_{рт}$	0,23	Радіотехнічна помітність

Сформулюємо методику розрахунку інтегрального коефіцієнта розвідувальної захищеності автобронетанкової техніки сил безпеки та оборони України.

Крок 1. Визначення умов застосування АБТТ.

Оцінюються зовнішні умови, які впливають на рівень розвідувальної помітності: вид бою (наступ, оборона, марш); етап (рух у колоні, розгортання, бойові дії, чергування); характер місцевості (відкрита, урбанізована, лісиста); рельєф (балки, посадки, пагорби, танконебезпечні напрямки); погодні умови, час доби, пора року. Мета кроку – задати початковий фон, який впливає на інтенсивність демаскувальних ознак.

Крок 2. Ідентифікація спектрів можливого виявлення техніки.

Визначаються всі канали і спектральні діапазони, у яких АБТТ може бути виявлена: акустичний; вібраційний (сейсмічний); оптичний (візуальний); інфрачервоний / тепловий; радіолокаційний; радіотехнічний (засоби радіотехнічної розвідки, РЕБ, радіоконтроль); механічні та слідові ознаки (за потреби враховують в удосконаленій моделі).

Мета кроку – сформулювати повний перелік демаскувальних ознак.

Крок 3. Діагностування (моніторинг) демаскувальних ознак АБТТ.

Для кожного спектра визначаються: джерела ознаки (двигун, трансмісія, стволи, антени, вихлоп); інтенсивність ознаки (у децибелах, градусах Цельсія, ватах та гігагерцах, децибелах на метр тощо); радіус можливого виявлення; характер виявлення противником (наземні БПЛА, супутники, датчики).

Методи отримання даних: лабораторні та натурні вимірювання; відеоаналіз та спектральний аналіз (IR/UV/RF); дані експлуатаційної діагностики; результати бойового застосування.

Метою кроку є отримання початкових числових (або нормованих) значень кожної ознаки.

Крок 4. Нормалізація часткових коефіцієнтів.

Для кожного спектра визначається частковий коефіцієнт помітності: акустична помітність – $K_{зв}$; теплова – K_T ; оптична – $K_{оп}$; інфрачервона – $K_{ІЧ}$;

радіолокаційна – $K_{рлс}$; сейсмічна (вібраційна) – $K_{віб}$; радіотехнічна – $K_{рт}$.

Нормалізація виконується за принципом: 1 означає максимальну помітність (найгірша ситуація); 0 – повну непомітність (ідеал).

Методами нормалізації можуть бути такі, як: лінійний, логарифмічний, експертний (якщо немає прямих даних).

Метою кроку є приведення всіх ознак до єдиної шкали.

Крок 5. Визначення вагових коефіцієнтів (w_i).

Використовуються: експертні оцінки розвідників, артилеристів, екіпажів АБТТ; дані про статистику виявлення техніки; результати міжнародних стандартів (MASINT, STANAG 4716).

Процедура така:

– фахівцями оцінюється важливість кожного спектра (α_i);

– здійснюється нормалізація [формула (2)];

– отримуються ваги $w_1 \dots w_7$, які сумарно дорівнюють 1.

Мета кроку – визначити внесок кожного спектра у загальну помітність.

Крок 6. Урахування впливу радіотехнічних засобів (РЕБ, РКБП, зв'язок).

Для АБТТ визначається коефіцієнт радіотехнічної помітності як параметр, що враховує: роботу передавачів (діапазон, потужність, режим); роботу генераторів перешкод; інтенсивність випромінювання антенних систем; нагрів силових блоків РЕБ і РКБП; додаткову вібрацію від роботи обладнання.

Вводиться корекційний множник, який знижує (або підвищує) часткові K_i .

Мета кроку – інтегрувати вплив активного обладнання, який раніше не враховувався у наукових працях.

Крок 7. Обчислення інтегрального коефіцієнта $K_{інт}$.

Використовується формула (1), але без необхідності показу самої формули в тексті – у статті можна посилатися як: «Інтегральний коефіцієнт розвідувальної захищеності визначався за зваженою моделлю агрегації часткових коефіцієнтів помітності [див. формулу (1)]».

Результат $K_{інт} \in [0;1]$.

Тлумачення: 0,00...0,30 – висока розвідувальна захищеність; 0,31...0,60 – середня; 0,61...1,00 – низька (техніка легко виявляється).

Крок 8. Порівняння різних умов застосування.

Виконується аналіз: у русі; з місця; на інженерних позиціях; під час стрільби; під час роботи РЕБ/РКБП; у різних природно-географічних зонах.

Мета кроку – отримати карти ризику і сценарні оцінки.

Крок 9. Інтеграція результатів у систему прийняття рішень.

Застосування $K_{інт}$ дає змогу: визначити, де машина може працювати безпечніше; вибрати режими застосування РЕБ/РКБП; планувати маршрути висування; коригувати бойові порядки; визначити потреби у модернізації техніки.

Метою кроку є практичне використання методики у бойовому управлінні.

Крок 10. Верифікація та адаптація.

Методика має перевірятися: на полігонних випробуваннях; у бойових умовах; у системах моделювання (LVC, constructive simulation); у мультимодельних сценаріях.

Метою кроку є підтвердження достовірності й адаптація моделі до реалій.

Запропонована методика дає змогу отримувати об'єктивний інтегральний показник розвідувальної захищеності АБТТ, застосовувати його для порівняльної оцінки різних зразків техніки, оптимізації режимів роботи засобів РЕБ та РКБП, формування тактичних рішень щодо маскування і підвищення бойової живучості підрозділів, а також інтегрувати результати у механізми забезпечення державної безпеки України.

Висновки

Уперше запропоновано і формалізовано поняття «протирозвідкова (розвідувальна) захищеність автобронетанкової техніки» як інтегральну властивість бойових машин, що визначає їхню здатність протистояти виявленню, розпізнаванню, ідентифікації та супроводженню засобами розвідки противника у багатоспектральних діапазонах (оптичному, інфрачервоному, радіолокаційному, акустичному, вібраційному, радіотехнічному).

Запропоновано вираз інтегрального коефіцієнта розвідувальної захищеності автобронетанкової техніки, який містить зважені часткові показники акустичної, теплової, оптичної, інфрачервоної, радіолокаційної, вібраційної та радіотехнічної помітності і дає змогу кількісно оцінювати загальний рівень прихованості техніки та визначати її вразливість до виявлення противником у конкретних умовах бойового застосування.

Уперше розроблено методику розрахунку інтегрального коефіцієнта розвідувальної захищеності автобронетанкової техніки сил безпеки та оборони України, яка враховує інтегральний показник розвідувальної захищеності автобронетанкової техніки та специфічний вплив режимів роботи засобів протидії радіокерованим боєприпасам і радіоелектронної боротьби на ймовірності виявлення, ураження та втрати боєздатності. Це забезпечує можливість кількісно пов'язати результати моделювання демаскувальних ознак із показниками бойових втрат і сформуванню науково обґрунтованих рекомендацій щодо модернізації техніки, налаштування режимів роботи радіотехнічних систем, розвитку комплексів протидії РКБП у контексті підвищення рівня державної безпеки України.

Подальші наукові дослідження планується спрямувати на оцінювання ефективності системи протидії радіокерованим боєприпасам як складника забезпечення державної безпеки шляхом урахування прогнозованої безпілотної активності, створення засобів демаскувального контролю та активного подавлення розвідувальних каналів противника.

Перелік джерел посилання

1. Обладнання полігону навчально-тренувальними комплексами для збільшення дальності дії систем управління безпілотною апаратури / С. В. Герасимов та ін. *Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса)*. 2024. № 1 (21). С. 77–86. DOI: <https://doi.org/10.37129/2313-7509.2024.21.77-86>.
2. Yevseiev S., Herasymov S., Kuznietsov O. et al. Method of assessment of frequency resolution for aircraft. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. No. 2 (9) (122). P. 34–45. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.277898>.
3. Бойовий статут механізованих і танкових військ Сухопутних військ Збройних Сил України. Частина II (Рота, батальйон), затв. наказом командувача СВ ЗС України від 30.12.2016 р. № 605. Київ : Міноборони України. 225 с.
4. Про затвердження Положення про організацію експлуатації бронетанкового озброєння та техніки, іншого майна номенклатури бронетанкової служби Національної гвардії України : наказ Міністерства внутрішніх справ України від 19.12.2016 р. № 1313.
5. Ivanchenko O., Kovtun A., Kudimov S. Determination of the Indicator of Survivability of Armored Vehicles During the Performance of Tasks to Provide State Security. *Честь і закон*. 2020. No. 3 (74). DOI: <https://doi.org/10.33405/2078-7480/2020/3/74/215677>.
6. Кудімов С., Табуненко В. Методика визначення рівня бойової живучості броньованих колісних машин при виконанні підрозділами Національної гвардії України завдань за призначенням. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2021. Т. 2. № 64. DOI: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2021.2.034>.
7. Кайдалов Р. О., Біленко О. І., Кудімов С. А. Показники та критерії бойової живучості броньованих колісних машин. *Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України*. 2022. Вип. 2 (40). С. 35–42.
8. Узагальнена модель живучості зразків бронетанкового озброєння і техніки / Т. Стах та ін. *Військово-технічний збірник*. 2025. № 32. С. 28–43. DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.32.2025.28-43>.
9. Бойовий статут механізованих і танкових військ Сухопутних військ Збройних Сил України. Частина III (Взвод, відділення, екіпаж), затв. наказом командувача СВ ЗС України від 25.05.2016 № 238. 221 с.

10. Овчаренко В. В., Башкатов Є. Г., Лисенко О. В., Карпенко С. І. Розвідка. Частина І. Індивідуальна підготовка розвідника Національної гвардії України : навч. посіб. Харків : НА НГУ, 2018. 418 с.
11. Зайцев Д. В., Наконечний А. П., Пахарев С. О., Луценко І. О. Військова розвідка : навч. посіб. Київ : КНУ ім. Тараса Шевченка, 2016. 335 с.
12. Дяков С. І., Колос О. С., Варствівський А. А. Фортифікація та маскування : навч. посіб. Київ : КНТ, 2023. 146 с.
13. Комплектування полігону навчально-тренувальними комплексами для підготовки операторів безпілотних літальних апаратів / С. В. Герасимов та ін. *Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса)*. 2023. № 2 (20). С. 63–72. DOI: <https://doi.org/10.37129/2313-7509.2023.20.63-72>.
14. NATO STANAG 4671. Ground-Based Target Signature Modelling. NATO Standardization Agency, 2009. 205 p.
15. NATO RTO-TR-SET-081. Acoustic Signatures of Ground Vehicles and Their Reduction Strategies. NATO RTO, 2008.
16. FM 3-09.34. Target Acquisition and Countertarget Operations. Headquarters, Department of the Army, 2002.
17. Cai W., Wang H., Zhang Y., Li J., Liu X. Stealthy Vehicle Adversarial Camouflage Texture against Object Detectors in the Physical World. *Entropy*. 2024. Vol. 26. No. 11. Art. 903. DOI: <https://doi.org/10.3390/e26110903>.
18. Polak K., Korzeb J. Modelling the acoustic signature and noise propagation of high speed railway vehicle. *Archives of Transport*. 2022. Vol. 64. Iss. 4. P. 73–87. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0016.1051>.
19. MIL-HDBK-1908B. Detection Avoidance Technology Handbook. U.S. Department of Defense, 2020.
20. STANAG 4716 Ed.1 (draft). NATO Standardization Agreement: Measurement and Signature Intelligence (MASINT) Reporting. NATO Standardization Office, 2020.
21. Herasimov S., Borysenko M., Roshchupkin E., Hrabchak V., Nastishin Yu. Spectrum Analyzer Based on a Dynamic Filter. *Journal of Electronic Testing*. No. 37. P. 357–368. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10836-021-05954-0>.

Стаття надійшла до редакції 16.10.2025 р.

UDC 621.39

О. Horbov, S. Herasymov, I. Stratiichuk

METHODOLOGY FOR CALCULATING THE INTEGRAL COEFFICIENT OF INTELLIGENCE PROTECTION OF ARMORED VEHICLES OF THE SECURITY AND DEFENSE FORCES OF UKRAINE

The article presents a novel methodology for determining the integral coefficient of reconnaissance protection of armored vehicles used by the Security and Defense Forces of Ukraine. The rapid evolution of optical, infrared, radar, acoustic, seismic, and radio-technical reconnaissance systems has dramatically increased the probability of detection and subsequent destruction of armored vehicles on the modern battlefield. This highlights the urgent need for a formalized quantitative model capable of assessing the real level of multispectral detectability of armored platforms, taking into account both passive and active factors, including the operation of electronic warfare systems and counter-radio-controlled munition protection complexes.

The study substantiates reconnaissance protection as an integral property of an armored vehicle that reflects its ability to remain low-observable to the enemy across multiple detection channels. The proposed approach introduces a weighted aggregation model that combines partial coefficients of acoustic, thermal, optical, infrared, radar, seismic (vibration), and radio-technical visibility. Each coefficient is normalized based on field measurements, empirical data, or expert evaluation. The influence of active emitters – electronic warfare systems, communication equipment, and counter-UAV jamming modules – is incorporated through an additional radio-technical visibility factor, which significantly affects the overall detectability of a vehicle.

A ten-step methodology is developed, covering identification of combat conditions, detection spectra, monitoring of signature sources, normalization of visibility indicators, determination of weighting coefficients, and calculation of the integral index. The method enables scenario-based assessment of detectability during movement, firing, operation of EW/RCIED-countermeasures, deployment, or static concealment. The obtained integral coefficient allows classification of reconnaissance protection levels and supports operational planning decisions regarding routes, deployment positions, masking measures, and optimization of equipment settings.

The proposed model establishes a direct link between multispectral signature formation and the probability of detection, tracking, and targeting of armored vehicles. The results create scientific grounds for improving survivability, modernizing armored platforms, enhancing counter-reconnaissance capabilities, and integrating signature-management measures into a broader system of ensuring national security. Future research will focus on evaluating the effectiveness of counter-radio-controlled munition systems, forecasting UAV reconnaissance activity, and developing technologies for active degradation of enemy intelligence channels.

Keywords: *state security, security and defence forces, assurance mechanism, armored vehicles, reconnaissance protection, countering radio-controlled munitions, unmanned aerial vehicles, detection, acoustic vibration, impact, diagnostics, protection, coefficient, monitoring, spectral analysis, reconnaissance signatures, radiotechnical visibility.*

Горбов Олексій Михайлович – кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри автоматизації, технологічних процесів та електрообладнання, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

<https://orcid.org/0000-0002-8326-9413>

Герасимов Сергій Вікторович – доктор технічних наук, професор, начальник кафедри експлуатації бронетанкового озброєння та військової техніки, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

<https://orcid.org/0000-0003-1810-0387>

Стратійчук Ігор Олегович – ад'юнкт, Національна академія Національної гвардії України

<https://orcid.org/0009-0006-3513-4502>