

Б. І. Тертишний., А. А. Нікітін, І. С. Мещеряков, О. М. Сампір, А. Г. Кенгерлі

МОДЕЛЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПІДРОЗДІЛІВ АЕРОЗОЛЬНОГО МАСКУВАННЯ В НАСТУПІ ЗА СТАНДАРТАМИ НАТО

Статтю присвячено обґрунтуванню та формуванню моделі застосування підрозділів аерозольного маскування в наступальних діях відповідно до вимог і стандартів НАТО. Наступальні дії сучасних військ характеризуються високою динамікою, швидкою зміною форм і способів ведення бою, необхідністю дезорганізації систем управління противника та створення переваги на вибраному напрямку. Згідно з підходами НАТО аерозольне маскування розглядається не як допоміжний засіб, а як інтегрований елемент підтримки, здатний забезпечити прихованість, раптовість і маневреність сил на всіх етапах наступу, а також безперервність та темп наступальних дій.

З урахуванням сучасних загроз застосування високоточної зброї, безпілотних літальних апаратів та засобів наведення противника на сьогодні є проблема відсутності цілісної, адаптивної моделі, здатної описати оптимальні способи використання аерозольного маскування в наступі з урахуванням стандартів НАТО. Традиційні підходи здебільшого орієнтовані на статичні або частково динамічні сценарії, що не відображають реалій наступальних дій із високим темпом.

Запропонована модель застосування підрозділів аерозольного маскування в наступі формує його цілісну структуру, що охоплює тактичні аспекти використання аерозолів, зокрема приховування маневру, введення противника в оману, маскування пророблення проходів, ураження засобів розвідки противника та підтримку вогневих дій.

Розроблена модель є динамічною, адаптивною й багатомодульною системою, що відповідає стандартам НАТО та забезпечує ефективне використання аерозольних засобів у широкому спектрі наступальних дій. Вона інтегрує теоретичні положення, тактичні вимоги та математичні залежності в комплексний інструмент планування й управління, що дозволяє зменшити ризик виявлення військ, підвищити їх живучість, забезпечити дезорганізацію противника та сприяє підтриманню темпу наступу. Модель може бути використана як основа для подальшого розроблення автоматизованих систем планування та управління аерозольним маскуванням відповідно до сучасних вимог ведення бойових дій.

Ключові слова: наступ; аерозольне маскування; аерозольна протидія; димовий засіб; модель; ризик; захист; ефективність.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Наступальні дії характеризуються жорстокістю, зосередженням військ, дезорганізацією сил противника і швидким переходом від однієї форми дій до іншої [1]. Використання аерозольного маскування збільшує можливості командира скерувати всю бойову міць у потрібний час і в необхідному місці задля перемоги над противником [2]. Крім того, воно забезпечує підтримку будь-якому

© Б. І. Тертишний, А. А. Нікітін, І. С. Мещеряков, О. М. Сампір, А. Г. Кенгерлі, 2025

етапу наступальних дій на усіх рівнях, оскільки аерозольне маскування, як правило, надає перевагу стороні, яка здійснює наступ.

Для більшого розуміння застосування підрозділів аерозольного маскування за стандартами НАТО в наступі [2, 3] пропонуємо побудувати відповідну модель застосування підрозділів аерозольного маскування в наступі (далі – Модель наступу), метою створення якої є оптимізація процесів аерозольного маскування в ході наступу [1, 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій [5–14] доводить, що використання аерозольного маскування під час наступальних дій вимагає ретельного планування і реалізації, щоб запобігти перешкодам для пересування, штурмовим діям або цілевизначенню [3], зберегти елемент раптовості й уникнути відслідковування чи повернення зайвої уваги до власних сил. Проте воно не позбавлене ризиків [15]. Застосування аерозольного маскування має підвищити живучість власних сил [16] без серйозного погіршення їх боєздатності та зменшити можливості командування, управління, зв'язку і збору розвідувальних даних сил противника [17].

Головне завдання аерозольного маскування в наступі – подавити зусилля противника, приховати маневр і сили наступу, а також сприяти проведенню тактичних дій щодо введення ворога в оману [2], тобто позбавити його інформації про дислокацію та склад наших сил задля забезпечення ефекту раптовості для нього та безпеки наших військ. Це також дозволяє командирів гнучко маневрувати силами, необхідними для проведення атаки [1].

Формулювання завдання дослідження. Метою статті є створення Моделі застосування підрозділів аерозольного маскування в наступі, в основі якої лежить оптимізація процесів застосування аерозольного маскування в умовах різних тактичних сценаріїв, забезпечення підвищення живучості військ, підтримання темпу наступу та формування умов для раптовості й дезорганізації противника.

Виклад основного матеріалу. За стандартами НАТО аерозольне маскування в наступі – це не допоміжний, а інтегрований елемент маневру та вогневої підтримки. Його системне застосування зводиться до динамічного управління маскувальними параметрами для досягнення тактичної переваги [18].

Розглянемо реалізацію аерозольного маскування в наступі як бойового множника за принципами застосування з відповідними аспектами моделювання:

принцип живучості реалізується шляхом створення аерозольних завіс для захисту атакуючих сил від високоточної зброї [19] та тепловізійного наведення протягом $T_{\text{крит}}$. Аспектом моделювання є оптимізація критичної (максимальної) щільності ($C_{\text{крит}}^{\text{Тепловізій}}$) згідно з розрахунком мінімальної необхідної маси аерозолі (Q_{total}) для миттєвого осліплення;

принцип збереження темпу (мобільності своїх підрозділів) забезпечується осліпленням ворожих спостережних пунктів та вогневих точок, щоб усунути їхню здатність до коригування. Аспектом моделювання є прогнозування (T_{target}), яке забезпечує, щоб $T_{\text{пуск}}$ артилерії дозволив завісі сформуватися до моменту необхідного маневру;

принцип введення противника в оману реалізується постановкою хибних завіс або використанням мультиспектрального аерозолію [18] для маскування перегруповання військ на флангах. Аспектом моделювання є оцінювання ризику виявлення – кількісний показник зниження ризику ($R(E)$) для підрозділів у зоні маскування.

Для перетворення цих принципів на прогнозовану Модель наступу ми абстрагуємо кожен сценарій до набору критичних функціональних завдань.

Сценарій 1 – прорив оборони противника, максимального імпульсу, коли час є дорожчим за ресурс. Ключова мета моделі – прогнозування та оптимізація Q_{total} для створення стійкої завіси, що діє $T_{штурм}$ (15–30 хв); абстракція:

$$Q_{total} \propto C_{крит}^{Тепловий} L_{номр} H_{ef} K_u T_{штурм}. \quad (1)$$

Модель наступу має розрахувати $N_{снарядів}$ та їхній $T_{пуск}$ з урахуванням потреби перекрити оптичний, інфрачервоний (ІЧ) та радіолокаційний діапазони. Артилерія є пріоритетним інструментом.

Сценарій 2 – висування й оцінювання живучості, коли аерозольне маскування застосовують для захисту від раптового виявлення (особливо дронами). Ключова мета моделі – визначення відсотка зниження ризику ($R(E)$) для підрозділу, що висувається, на основі поточної інтенсивності ворожої розвідки ($E_{БнЛА}$) та M_u ; абстракція:

$$R_{зниж} = f\left(\frac{C_{факт}}{C_{Тепловий}^{крит}}\right) f(\text{загасання сигналу}). \quad (2)$$

Модель наступу використовує генератори [3] або мобільні засоби для створення локальних динамічних аерозольних завіс. Ключовий показник – час «чистого вікна» (період, коли дрон може прицілитися) [19].

Сценарій 3 – форсування водної перешкоди, логістичної оптимізації для довготривалого аерозольного маскування. Ключова мета моделі – розрахунок мінімізованої потреби в ресурсах (Q_{min}) для підтримання маскування $T_{форсування}$ (4–6 год) з урахуванням прогнозу погоди; абстракція [20]:

$$Q_{min} = \sum_{t=1}^{T_{форсування}} P_t(t) \Delta t. \quad (3)$$

$P_t(t)$ має динамічно коригуватися на основі прогнозованої зміни напрямку вітру та вимагає використання генераторів [3]. Модель наступу повинна прогнозувати необхідність переміщення генераторів.

Отже, Модель наступу має бути побудована на трьох взаємопов'язаних, але незалежних функціональних модулях, які активуються відповідно до тактичного завдання:

модуль Q_{total} (артилерія) відповідає за прорив, коли час є критичним;

модуль $R_{зниж}$ (динаміка) відповідає за висування, де критичними є живучість [16] і своєчасність [3];

модуль Q_{min} (логістика) відповідає за форсування, коли критичними є довготривалість та економія [18].

Усі три модулі інтегруються через спільну базу даних $C_{крит}^{Тепловий}$ та K_u (коефіцієнт вітру), що дозволяє системі швидко перемикатися між пріоритетами, максимізуючи ефективність аерозольного маскування як бойового множника.

Виходячи із системного аналізу та вимог стандартів НАТО до наступальних дій (де маскування є бойовим множителем для підвищення живучості та темпу) [1], необхідно обрати динамічну багатомодульну модель.

Варто зауважити, що Модель наступу є ідеальною, оскільки не обмежується єдиним набором правил, а адаптується до трьох критичних тактичних сценаріїв, кожен із яких має свою ключову мету.

Розглянемо основні характеристики Моделі, яка функціонує як система управління, керована цілями, де інструмент і розрахунок змінюються залежно від фази наступу:

прорив оборони, ключовою метою моделі є прогнозування та оптимізація Q_{total} для створення стійкої завіси; пріоритетний ресурс – артилерія / міномети (для миттєвості);

висування, ключова мета моделі – оцінювання живучості та зниження ризику ($R_{зниж}$) від дронів; пріоритетний ресурс – мобільні генератори / транспортні засоби (для динаміки);

форсування водної перешкоди, ключова мета моделі – оптимізація Q_{min} [18] для довготривалого маскування (4–6 год); пріоритетний ресурс – стаціонарні генератори (для економії).

Модель наступу складається з трьох ключових модулів, які забезпечують її функціонування як бойового множника:

1. Модуль оптимізації імпульсу (Q_{total}), що призначений для використання під час прориву: дія – Модель наступу розраховує мінімально необхідну кількість снарядів ($N_{снарядів}$) для досягнення $C_{крит}^{Тепловий}$ на лінії зіткнення протягом $T_{итурм}$ (15–30 хв); ключовий фактор – точна синхронізація $T_{пуск}$ артилерії з часом початку маневру.

2. Модуль оцінки живучості ($R_{зниж}$), який застосовують у ході висування: дія – Модель наступу оцінює, наскільки фактична щільність аерозолі ($C_{факт}$) знижує ймовірність виявлення ворожими безпілотними літальними апаратами (БпЛА), за формулою (2); ключовий фактор – динамічна корекція маршруту та швидкості руху підрозділу на основі M_u .

3. Модуль логістичної оптимізації (Q_{min}), який використовують під час форсування: дія – Модель наступу прогнозує загальну мінімальну потребу в ресурсах (Q_{min}) для багаточасового маскування з урахуванням прогнозованої зміни напрямку вітру ($K_u(t)$) та необхідності переміщення генераторів; ключовий фактор – стійкість та ефективність витрат протягом тривалого часу.

Обрання динамічної багатомодульної моделі дозволяє забезпечити необхідну адаптивність та прогнозованість аерозольного маскування, перетворюючи його на ефективний бойовий множник у всіх фазах наступальної операції.

Проведемо формалізацію Моделі наступу, абстрагувавши її ключові цілі (прорив, висування, форсування) у математичні функції та керуючі параметри.

Загальний вхідний вектор системи S керується критичними змінними, спільними для всіх модулів:

$$S = \{E_{\text{загрози}}, M_u, T_{\text{ман}}, L_{\text{потр}}, Q_{\text{ресурси}}\}, \quad (4)$$

де $E_{\text{загрози}}$ – параметр загрози, комплексна оцінка засобів ворога (тепло, БПЛА, радіолокаційні станції (РЛС)) [21, 22];

M_u – параметр метеоумов (швидкість та напрямок вітру K_u) [16, 20];

$T_{\text{ман}}$ – параметр часу маневру (критичний час, необхідний для виконання завдання);

$L_{\text{потр}}$ – параметр простору (довжина / площа ділянки, яку потрібно замаскувати);

$Q_{\text{ресурси}}$ – параметр ресурсу (наявність снарядів (Q_{ammo}) та суміші (Q_{fuel})).

Ключові цілі моделі формалізуються через три незалежні модулі, кожен із яких оптимізує свою цільову функцію:

модуль прориву (оптимізація імпульсу), метою якого є максимізувати щільність ($C_{\text{тепловий крит}}$) для маскування прориву протягом $T_{\text{шттурм}}$, пріоритет – артилерія.

Керуюча функція – розрахунок необхідної маси аерозолі (Q_{total}) та часу пуску ($T_{\text{пуск}}$):

$$Q_{\text{total}} = C_{\text{тепловий крит}} L_{\text{потр}} H_{\text{еф}} K_u T_{\text{шттурм}}, \quad (5)$$

де $C_{\text{тепловий крит}}$ – необхідна щільність для маскування всіх діапазонів (ІЧ, РЛС);

$H_{\text{еф}}$ – ефективна висота завіси;

K_u – коефіцієнт корекції на вітер.

Критичний параметр – синхронізація, коли $T_{\text{пуск}}$ має забезпечити формування завіси до $T_{\text{почшттурм}}$:

$$T_{\text{пуск}} = T_{\text{почшттурм}} - T_{\text{формування}}; \quad (6)$$

модуль висування (оцінювання живучості), його метою є кількісна оцінка зниження ризику виявлення ($R_{\text{зниж}}$) під час руху [16], пріоритет – мобільні аерозолегенератори.

Зниження ризику визначається через відношення фактичної щільності ($C_{\text{факт}}$) до потрібної ($C_{\text{тепловий крит}}$) та коефіцієнт виявлення α [15]:

$$R_{\text{зниж}} = 1 - \exp\left(-\alpha \frac{C_{\text{факт}}}{C_{\text{тепловий крит}}}\right), \quad (7)$$

де $C_{факт}$ – щільність, яку можуть забезпечити генератори / ТЗ;

α – коефіцієнт ефективності, що залежить від типу ворожого дрона ($E_{БнЛА}$).

Критичний параметр – час реакції ($T_{reaction}$), який має бути меншим за час прицілювання ворожого БпЛА (T_{target}) [19]:

$$Рішення = \begin{cases} \text{Генератори, якщо } T_{reaction} \leq T_{target}; \\ \text{Артилерія, якщо } T_{reaction} > T_{target}; \end{cases} \quad (8)$$

модуль форсування (логістична оптимізація), метою якого є мінімізація витрати ресурсів (Q_{min}) [18] для підтримання маскування протягом тривалого часу ($T_{форсування} = 4-6$ год), пріоритет – стаціонарні генератори. Цільовою функцією є мінімізація інтегральної витрати палива / аерозолеутворювальних речовин (АУР):

$$Q_{min} = \min \left(\int_0^{T_{форсування}} P_t(t) dt \right), \quad (9)$$

де P_t – динамічна корекція, коли продуктивність P_t коригується на основі прогнозованої зміни вітру $M_u(t)$ та необхідності переміщення генераторів [3]:

$$P_t(t) = P_{база} K_u(t) K_{переміщ}(t), \quad (10)$$

де $K_{переміщ}(t)$ – коефіцієнт, що враховує витрати на переміщення генераторів у разі зміни напрямку вітру [3, 20].

Фінальне рішення системи D – це команда на використання ресурсу (що, де і коли) [17]:

$$D = \{ \text{Тип інструменту}, P_t / N_{снарядів}, T_{пуск} / T_{довгозтрив}, \text{Координати} \}. \quad (11)$$

Отже, формалізація Моделі вимагає три різні математичні підходи, інтегровані через спільні параметри навколишнього середовища (M_u) та чітке визначення $T_{ман}$ для кожної фази [3].

Пропонуємо розробку тримодульного алгоритму керування для Моделі наступу, кожен із яких (прорив, висування, форсування) має окремий алгоритм, що реалізує його цільову функцію.

Модуль прориву (оптимізація Q_{total}) має на меті розрахунок параметрів для миттєвої артилерійської завіси:

вхідні дані: $T_{шторм}$, $L_{потр}$, M_u , $T_{поч.шторму}$, $E_{загрози}$;

розрахунок $C_{крит}^{Тепловий}$ – визначаємо необхідну щільність ($C_{крит}^{Тепловий}$) для маскування всіх діапазонів (ІЧ, РЛС) на основі $E_{загрози}$;

корекція на вітер – розраховуємо коефіцієнт вітру (K_u):

$$K_u = 1,0 + \max\left(\frac{0, (M_u - M_u^{баз})}{M_u^{баз}}\right); \quad (12)$$

розрахунок загальної маси (Q_{total}) (5);

визначення $N_{снарядів}$ – переводимо Q_{total} у кількість снарядів / мін ($N_{снарядів}$) на основі характеристик боєприпасу;

розрахунок $T_{пуск}$ – обчислюємо час пуску ($T_{пуск}$), синхронізований із $T_{почитурму}$ (6);

вихід – сформувані запит вогню до системи управління вогнем: $\{N_{снарядів}, T_{пуск}, Координати\}$.

Модуль висування (оцінка $R_{зниж}$) передбачає оцінювання рівня зниження ризику виявлення від БпЛА [22] та вибір оптимального інструменту:

вхідні дані: $E_{БпЛА}$, M_u , $C_{факт}$ (поточна щільність), T_{target} (час прицілювання дрона);

оцінювання $R_{зниж}$ – розрахувати відсоток зниження ризику виявлення для підрозділу, що рухається (7);

оцінювання $T_{reaction}$ – розрахувати час, необхідний мобільним генераторам для досягнення $C_{крит}^{Тепловий}$ [21];

вибір інструменту (динамічне рішення): якщо $T_{reaction} \leq T_{target}$, то команда «Використовувати мобільні генератори»; якщо $T_{reaction} > T_{target}$ та дозволяє наявність снарядів (Q_{ammo}), то команда «Вогонь димовими снарядами артилерії»; якщо аерозольне маскування неефективне, то команда «Збільшити швидкість висування»;

вихід – команда на маневр (коригування швидкості / маршруту) або оперативний запит вогню.

Модуль форсування (оптимізація Q_{min}), мета якого полягає в мінімізації витрат ресурсів [18] для довготривалого маскування:

вхідні дані: $T_{форсування}$, $L_{потр}$ (критичні ділянки), $M_u(t)$ (на 4–6 год) [20];

ітеративний розрахунок $P_t(t)$ – визначити необхідну продуктивність P_t для кожного часового інтервалу Δt на основі прогнозованого вітру $M_u(t)$ (10);

прогнозування переміщення: якщо прогноз $M_u(t)$ показує зміну напрямку, що призводить до втрати покриття, тоді потрібно розрахувати $T_{переміщ}$ та включити додаткові витрати $K_{переміщ}$ у Q_{min} ;

розрахунок Q_{min} (9) – підсумувати витрати;

вихід – логістичний запит на мінімально необхідну кількість палива / АУР (Q_{min}) та план переміщення аерозолегенераторів.

Описана Модель наступу дозволяє системі використовувати дорогий, але швидкий ресурс (артилерію) у критичних за часом ситуаціях (прорив, FPV-загроза), а також

дешевий, проте повільний (аерозолегенератори) у ситуаціях, коли пріоритетом є довготривалість (форсування).

Запропонована Модель наступу забезпечує прогнозованість, знижуючи елемент несподіванки, надаючи командуванню чисельні показники $R_{зниж}$ та точні потреби в ресурсах (Q_{total} , Q_{min}). Її застосування доводить, що маскування не порушує темпу операції, а навпаки – підтримує його відповідно до стандартів НАТО.

Висновки. Узагальнюючи результати дослідження, присвяченого розробленню моделі застосування підрозділів аерозольного маскування в наступі, можна стверджувати, що ефективність наступальних дій у сучасних умовах значною мірою залежить від здатності військ забезпечувати прихованість, динамічність і раптовість маневру в умовах всебічної дії засобів розвідки противника. Аерозольне маскування, інтегроване у структуру управління боєм відповідно до стандартів НАТО, перетворюється з допоміжного заходу в повноцінний елемент бойової підтримки, що безпосередньо впливає на результативність операції.

Розроблено динамічну модель застосування підрозділів аерозольного маскування в наступі, яка забезпечує оптимізацію для підтримки атаки, коли пріоритетом є оперативність для швидкого осліплення противника та маскування зосередження ударних груп (резервів). Вона базується на використанні швидких засобів доставляння (артилерії). Її пріоритетом є стійкість для довготривалого екранування комунікацій та логістики, а основою – використання генераторів.

Наукова новизна моделі полягає у формуванні багатокомпонентної системи оцінювання та планування, здатної узгоджувати тактичні потреби, фізичні властивості аерозолів і динаміку бойової обстановки. Вона синтезує сучасні вимоги стандартів НАТО та реальний досвід бойового застосування маскувальних засобів, адаптуючи їх до умов сучасної війни, зокрема до активного використання БПЛА, мультиспектральних сенсорів та високоточної зброї противника. Це створює підґрунтя для подальшого розвитку науково-практичних рекомендацій, оновлення керівних документів та впровадження інноваційних технічних рішень.

Отже, запропонована модель є комплексним інструментом, який дозволяє оптимізувати процеси застосування підрозділів аерозольного маскування в наступі, забезпечити раціональне використання ресурсів та підвищити ефективність бойових дій відповідно до сучасних вимог. Вона може бути використана як практичний алгоритм у діяльності штабів, як основа для підготовки фахівців, а також як наукова база для подальших досліджень у сфері маскування, прикриття та забезпечення живучості військ. Реалізація моделі сприятиме підвищенню стійкості бойових порядків, зниженню втрат і формуванню необхідних умов для успішного ведення наступальної операції в складних умовах сучасного багатовимірного поля бою.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. STANAG 4107. Mutual Acceptance of Government Quality Assurance and Usage of NATO Quality Assurance Publications. Brussels : NATO Standardization Office (NSO), November 9,

2018. URL: <https://ru.scribd.com/document/654191405/Aqap-4107-Eng-en-Data> (last accessed: 02.11.2025).

2. Allied Joint Publication (AJP) 3.15. Allied Joint Doctrine for Countering Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Threats. Brussels : NATO Standardization Office (NSO), February 2018. URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/686715/doctrine_nato_countering_ied_ajp_3_15.pdf (last accessed: 02.11.2025).

3. Allied Joint Publication (AJP) 3.20. Allied Joint Doctrine for Force Protection. Brussels : NATO Standardization Office (NSO), January 2020. URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5f086ec4d3bf7f2bef137675/doctrine_nato_cyberspace_operations_ajp_3_20_1_.pdf (last accessed: 10.11.2025).

4. PAA Analysis in Severely Restricted Terrain. Kansas : Center for Army Lessons Learned, January 2024. № 24–846. URL: <https://api.army.mil/e2/c/downloads/2024/01/25/a8b49a1b/24-846-paa-analysis-jan-22-public.pdf> (last accessed: 10.11.2025).

5. Мещеряков І. С. Удосконалена методика оцінювання ефективності посилення захисту військ із застосуванням аерозолів // Труди університету. 2023. № 1 (176). С. 50–65.

6. Порівняльний аналіз засобів аерозольного маскуванню, які знаходяться на озброєнні у Збройних Силах України та армій західних країн-партнерів / І. Танцюра, О. Клімов, О. Стаховський, С. Гузенко // Військово-технічний збірник. 2024. № 30. С. 8–13. URL: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.30.2024.8-13>

7. Аналіз факторів, що впливають на визначення дальності видимості об'єктів крізь аерозольну завісу / А. В. Писарев, А. Ф. Лазутський, С. А. Тузіков, С. А. Писарев // 36. наук. праць Харківського нац. ун-ту Повітряних Сил. 2019. № 3 (61). С. 18–23. URL: <https://journal-hnups.com.ua/index.php/zhups/issue/archive/2> (дата звернення: 01.11.2025).

8. Аналіз засобів аерозольної протидії Сухопутних військ Збройних Сил України / К. В. Коритченко, І. І. Танцюра, О. П. Клімов, О. В. Стаховський // Механіка та машинобудування. Харків : НТУ “ХПІ”, 2021. № 2. С. 26–30.

9. Розробка напіваавтоматичної системи аерозольного маскуванню для не спеціалізованого військового та евакуаційного транспорту / С. С. Некрасов, А. Ю. Довгополов, В. О. Колесник та ін. // Методи та прилади контролю якості. 2024. № 2 (53). С. 94–104. [https://doi.org/10.31471/1993-9981-2024-2\(53\)-94-104](https://doi.org/10.31471/1993-9981-2024-2(53)-94-104)

10. Пасічник В. Аерозольне маскуванню: як військові використовують “димові завіси” на фронті. Гвара Медіа. 2025. <https://gwaramedia.com/aerazolne-maskuvannya-yak-vijskovi-vikoristovuyut-dimovi-zavisi-na-fronti/> (дата звернення: 01.11.2025).

11. Маскуванню військ та об'єктів. Захист від високоточної зброї : навч. посіб. / В. В. Пугач, В. П. Чепурний, А. І. Куртов та ін. Харків : ВІОІ НІОУ ім. Ярослава Мудрого, 2022. 116 с. https://sprotyvg7.com.ua/wp-content/uploads/2024/11/maskuvannya_viisk.pdf (дата звернення: 20.11.2025).

12. Порядок використання засобів аерозольного маскуванню // Sprotyv G7. URL: <https://sprotyvg7.com.ua/lesson/poryadok-vikoristannya-zasobiv-aerazolnogo-maskuvannya> (дата звернення: 10.11.2025).

13. Pre-release: Methods of Identifying and Evaluation the Camouflage and Deceptive Properties of the Military Equipment in Land Field Trials // NATO Science and Technology Organization

(STO). Brussels, July 17, 2025. URL: <https://www.sto.nato.int/document-tag/camouflage/> (last accessed: 08.11.2025).

14. Smit K., Lee A., Burridge M. Smoke Countermeasures for Army in the Visual and Infrared // 36th International Pyrotechnics Conference. (Rotterdam, The Netherlands, August 2009). URL: https://www.researchgate.net/publication/340684572_Smoke_Countermeasures_for_Army_in_the_Visual_and_Infrared (last accessed: 02.11.2025).

15. Smoke Operations : Field Manual FM 3-50. Washington : Department of the Army, September 11, 1996. 104 p. URL: <https://archive.org/details/fm-3-50-smoke-operations-1990/page/n1/mode/2up> (last accessed: 14.11.2025).

16. STANAG 2352. Chemical, Biological, Radiological and Nuclear (CBRN) Defence Equipment – Operational Guidelines. Brussels : NATO Standardization Agency, April 11, 2014. URL: <https://standards.globalspec.com/std/1678971/stanag-2352> (last accessed: 12.11.2025).

17. Command and Staff Organization and Operations : Field Manual FM 6-0. Washington : Department of the Army, May 16, 2022. 224 p. URL: https://rdl.train.army.mil/catalog-aws/view/100.ATSC/2DDE6089-23E5-4345-8E9E-7BCD5BDF45C8-1399555122246/fm6_0.pdf (last accessed: 02.11.2025).

18. Аналіз використання аерозольних (димових) засобів у сучасних бойових діях / С. С. Брянкін, Г. П. Озеран, О. В. Скиба та ін. // Зб. наук. праць Держ. наук.-дослід. ін-ту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2024. № 4 (22). С. 14–22. URL: <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.22.2024.02> (дата звернення: 10.11.2025).

19. Остапчук Е. С., Абрамсон А. Н., Заплішна А. І. Актуальність аерозольного маскування в умовах сучасних бойових дій // Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво : зб. наук. праць VI Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Шостка, 23–25 лист. 2022 р.). Шостка : СДУ, 2022. С. 75–79. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/90147> (дата звернення: 20.11.2025).

20. AArtyP-5. NATO Fire Support Doctrine : STANAG 2484. Brussels : NATO Standardization Office (NSO), November 2015. URL: <https://www.revista-artilharia.pt/admin/upload/ficheiros/ficheirosMultimedia/aartyp-5-nato-fire-support-doctrine-stanag-2484-ed3-nov15.pdf> (last accessed: 12.11.2025).

21. STANREC 4567 (AEP-41 VOL 4). Unified Electromagnetic Environmental Effects (UE3) Susceptibility of Platforms, Systems & Equipment to E3. Brussels : NATO Standardization Office (NSO), 2014. URL: <https://edstar.eda.europa.eu/Standards/Details/7f78e0bc-d49e-4434-9032-1c6697f920ad> (last accessed: 14.11.2025).

22. Kriebel D. P. Screening of New Military Materials for Toxicity and Environmental Harm. CEOBS. 2014. URL: <https://ceobs.org/screening-of-new-military-materials-for-toxicity-and-environmental-harm/> (last accessed: 02.11.2025).

Стаття надійшла до редакції 26.11.2025.

REFERENCES

1. STANAG 4107. (2018, November 9). *Mutual Acceptance of Government Quality Assurance and Usage of NATO Quality Assurance Publications*. NATO Standardization Office. Retrieved

from <https://ru.scribd.com/document/654191405/Aqap-4107-Eng-en-Data>

2. *Allied Joint Publication (AJP) 3.15. Allied Joint Doctrine for Countering Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Threats.* (2018, February). NATO Standardization Office. Retrieved from https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/686715/doctrine_nato_countering_ied_ajp_3_15.pdf

3. *Allied Joint Publication (AJP) 3.20. Allied joint doctrine for force protection.* (2020, January). NATO Standardization Office. Retrieved from https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5f086ec4d3bf7f2bef137675/doctrine_nato_cyberspace_operations_ajp_3_20_1_.pdf

4. *PAA Analysis in Severely Restricted Terrain.* (2024, January). Kansa : Center for Army Lessons Learned. No. 24-846. Retrieved from <https://api.army.mil/e2/c/downloads/2024/01/25/a8b49a1b/24-846-paa-analysis-jan-22-public.pdf>

5. Meshcheriakov, I. S. (2023). Udoskonalena metodyka otsiniuvannia efektyvnosti posylennia zakhystu viisk iz zastosuvanniam aeroliziv [Improved Methodology for Assessing the Effectiveness of Strengthening the Protection of Troops Using Aerosols]. *Trudy universytetu [University Proceedings]*, 1 (176), 50–65. Kyiv [in Ukrainian].

6. Tantsiura, I., Klimov, O., Stakhovskyi, O., & Huzenko, S. (2024). Porivnialnyi analiz zasobiv aeroliznoho maskuvannia, yaki znakhodiatsia na ozbroienni u Zbroinykh Sylakh Ukrainy ta armii zakhidnykh krain-partneriv [Comparative Analysis of Aerosol Camouflage Means in Service with the Armed Forces of Ukraine and the Armies of Western Partner Countries]. *Viiskovo-tekhnichnyi zbirnyk [Military-Technical Collection]*, 30, 8–13. <https://doi.org/10.33577/2312-4458.30.2024.8-13> [in Ukrainian].

7. Pysariev, A. V., Lazutskyi, A. F., Tuzikov, S. A., & Pysariev, S. A. (2019). Analiz faktoriv, shcho vplyvaiut na vyznachennia dalnosti vydymosti ob'ektiv kriz aeroliznu zavisu [Analysis of Factors Affecting the Determination of the Visibility Range of Objects Through an Aerosol Curtain]. *Zb. nauk. prats Kharkivskoho nats. un-tu Povitrianykh Syl [Collection of Scientific Works of the Kharkiv National University of the Air Force]*, 3 (61), 18–23. Kharkiv. Retrieved from <https://journal-hnups.com.ua/index.php/zhups/issue/archive/2> [in Ukrainian].

8. Korytchenko, K. V., Tantsiura, I. I., Klimov, O. P., & Stakhovskyi, O. V. (2021). Analiz zasobiv aeroliznoi protydii Sukhoputnykh viisk Zbroinykh Syl Ukrainy [Analysis of Aerosol Countermeasures of the Ground Forces of the Armed Forces of Ukraine]. *Mekhanika ta mashynobuduvannia [Mechanics and Mechanical Engineering]*, 2, 26–30. Kharkiv [in Ukrainian].

9. Nekrasov, S. S., Dovhopolov, A. Yu., & Kolesnyk, V. O., et al (2024). Rozrobka napivavtomatychnoi systemy aeroliznoho maskuvannia dlia ne spetsializovanoho viiskovoho ta evakuatsiinoho transportu [Development of a Semi-Automatic Aerosol Masking System for Non-Specialized Military and Evacuation Transport]. *Metody ta Prylady Kontroliu Yakosti [Methods and Devices for Quality Control]*, 2 (53), 94–104. [https://doi.org/10.31471/1993-9981-2024-2\(53\)-94-104](https://doi.org/10.31471/1993-9981-2024-2(53)-94-104) [in Ukrainian].

10. Pasichnyk, V. (2025). Aerolizne maskuvannia: yak viiskovi vykorystovuiut “dymovi zavisy” na fronti [Aerosol Camouflage: How the Military Uses “Smoke Screens” on the Front]. *Gvara Media*. Retrieved from <https://gwaramedia.com/aerolizne-maskuvannya-yak-vijskovi-vikoristovuyut-dymovi-zavisi-na-fronti/> [in Ukrainian].

11. Puhach, V. V., Chepurnyi, V. P., & Kurtov, A. I., et al. (2022). *Maskuvannia viisk ta ob'ektiv. Zakhyst vid vysokotochnoi zbroi: navch. posib. [Camouflage of Troops and Objects. Protection Against High-Precision Weapons: training manual]*. Kharkiv. Retrieved from https://sprotyvg7.com.ua/wp-content/uploads/2024/11/maskuvannia_viisk.pdf [in Ukrainian].
12. Poriadok vykorystannia zasobiv aerzolnoho maskuvannia [Procedure for Using Aerosol Masking Agents]. *Sprotyv G7 [Resistance G7]*. Retrieved from <https://sprotyvg7.com.ua/lesson/poryadok-vikoristannya-zasobiv-aerzolnogo-maskuvannya> [in Ukrainian].
13. *Pre-release: Methods of Identifying and Evaluation the Camouflage and Deceptive Properties of the Military Equipment in Land Field Trials*. (July 17, 2025). Brussels: NATO Science and Technology Organization (STO). Retrieved from <https://www.sto.nato.int/document-tag/camouflage/>
14. Smit, K., Lee, A., & Burrige, M. (2009). Smoke Countermeasures for Army in the Visual and Infrared. In *36th International Pyrotechnics Conference*. (Rotterdam, The Netherlands, August 2009). Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/340684572_Smoke_Countermeasures_for_Army_in_the_Visual_and_Infrared
15. *Smoke Operations: Field Manual FM 3-50*. (September 11, 1996). Washington: Department of the Army. Retrieved from <https://archive.org/details/fm-3-50-smoke-operations-1990/page/n1/mode/2up>
16. STANAG 2352. Chemical, Biological, Radiological and Nuclear (CBRN) Defence Equipment – Operational Guidelines. (April 11, 2014). Brussels: NATO Standardization Agency. Retrieved from <https://standards.globalspec.com/std/1678971/stanag-2352>
17. *Command and Staff Organization and Operations: Field Manual FM 6-0*. (May 16, 2022). Washington: Department of the Army. Retrieved from https://rdl.train.army.mil/catalog-aws/view/100.ATSC/2DDE6089-23E5-4345-8E9E-7BCD5BDF45C8-1399555122246/fm6_0.pdf
18. Briankin, S. S., Ozeran, H. P., & Skyba, O. V., et al. (2024). Analiz vykorystannia aerzolnykh (dymovykh) zasobiv u suchasnykh boiovykh diiakh [Analysis of the Use of Aerosol (Smoke) Agents in Modern Combat Operations]. *Zb. nauk. prats Derzh. nauk.-doslid. in-tu vyprobuvan i sertyfikatsii ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky [Collection of Scientific Works of the State Research Institute for Testing and Certification of Armaments and Military Equipment]*, 4 (22), 14–22. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.22.2024.02> [in Ukrainian].
19. Ostapchuk, E. S., Abramson, A. N., & Zaplishna, A. I. (2022). Aktualnist aerzolnoho maskuvannia v umovakh suchasnykh boiovykh dii [The Relevance of Aerosol Camouflage in Modern Combat Operations]. In *Khimichna tekhnolohiia: nauka, ekonomika ta vyrobnytstvo: zb. nauk. prats VI Mizhnar. nauk.-prakt. konf. [Chemical Technology: Science, Economics and Production: Proceedings of the VI International Scientific Conference]*. Shostka, November 23–25, 2022. (pp. 75–79). Shostka. Retrieved from <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/90147> [in Ukrainian].
20. AArtyP-5. *NATO Fire Support Doctrine: STANAG 2484*. (November 2015). Brussels : NATO Standardization Office (NSO). Retrieved from <https://www.revista-artilharia.pt/admin/upload/ficheiros/ficheirosMultimedia/aartyp-5-nato-fire-support-doctrine-stanag-2484-ed3-nov15.pdf>

21. STANREC 4567 (AEP-41 VOL 4). *Unified Electromagnetic Environmental Effects (UE3). Susceptibility of Platforms, Systems & Equipment to E3.* (2014). Brussels: NATO Standardization Office (NSO). Retrieved from <https://edstar.eda.europa.eu/Standards/Details/7f78e0bc-d49e-4434-9032-1c6697f920ad>
22. Kriebel, D. P. (2014). *Screening of New Military Materials for Toxicity and Environmental Harm.* CE OBS. Retrieved from <https://ceobs.org/screening-of-new-military-materials-for-toxicity-and-environmental-harm/>

B. I. Tertyshnyi, A. A. Nikitin, I. S. Meshcheriakov, O. M. Sampir, A. G. Kenherli
MODEL OF APPLICATION OF AEROSOL CAMOUFLAGE UNITS IN OFFENSIVE OPERATIONS ACCORDING TO NATO STANDARDS

Offensive operations of modern troops are characterized by high dynamics, rapid changes in forms and methods of combat, the need to disorganize enemy control systems and create an advantage in the chosen direction. According to NATO approaches, aerosol camouflage is considered not as an auxiliary means, but as an integrated support element capable of ensuring stealth, surprise and maneuverability of forces at all stages of the offensive, as well as ensuring continuity and pace of offensive operations.

Taking into account the modern threats of the use of high-precision weapons, UAVs and enemy guidance means, there is a problem of the lack of a holistic, adaptive model capable of describing the optimal methods of using aerosol camouflage in offensive operations taking into account NATO standards. Traditional approaches are mostly focused on static or partially dynamic scenarios that do not reflect the realities of high-speed offensive operations.

The proposed Model for the use of aerosol camouflage units in an offensive forms a holistic structure for the use of aerosol camouflage units, covering the tactical aspects of the use of aerosols, including concealment of maneuver, misleading the enemy, masking the creation of passages, defeating enemy reconnaissance assets and supporting fire actions.

The developed Model is a dynamic, adaptive and multi-modular system that meets NATO standards and ensures the effective use of aerosol means in a wide range of offensive actions. It integrates theoretical provisions, tactical requirements and mathematical dependencies into a comprehensive planning and management tool.

Keywords: *offensive; aerosol camouflage; model; risk; protection; effectiveness.*