

А.В. Писарев¹, А.Ф. Лазутський¹, С.А. Тузіков², С.А. Писарев³

¹Національна академія Національної гвардії України, Харків

²Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

³Інститут танкових військ НТУ "ХПИ", Харків

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВИЗНАЧЕННЯ ДАЛЬНОСТІ ВИДИМОСТІ ОБ'ЄКТІВ КРИЗЬ АЕРОЗОЛЬНУ ЗАВІСУ

В даній статті розглядається проблема застосування засобів аерозольної протидії, їх планування, їх типу, кількості і способу розподілу на місцевості. На сьогодні дана проблема займає більшу частину теоретичних і практичних досліджень. Необхідність статті випливає з того, що можливості технічних засобів розвідки та управління зброєю значно зросли, а аерозольні зависи розглядалися лише в межах їх частини, що не проглядається, яка визначається величиною маскувальної маси. При цьому враховується вплив менших інтегральних концентрацій аерозолів на якість передачі та прийому зображення об'єктів засобами розвідки, досліджено можливості скорочення витрат засобів аерозольної протидії з потрібним підходом до бачення об'єктів в умовах застосування аерозолів і розроблено рекомендації щодо способів постановок аерозольних завис. Вирішені такі завдання: обґрунтовано величину порогу контрастної чутливості ока для умов аерозольної протидії; досліджено динаміку видимості об'єктів через флюктуючі аерозольні зависи; показано методи розрахунку дальності видимості об'єктів через аерозольні зависи з урахуванням необхідної якості бачення.

Ключові слова: аерозольна протидія, технічні засоби розвідки, аерозольні зависи, маскувальна маса, інтегральні концентрації, якість бачення.

Вступ

Постановка проблеми. Центральною проблемою при застосуванні засобів аерозольної протидії (АП) є планування їх типу, кількості і способу розподілу на місцевості. Дана проблема займає більшу частину теоретичних і практичних досліджень [1–2]. Необхідність останньої випливає з того, що можливості технічних засобів розвідки та управління зброєю значно зросли, а аерозольні зависи (АЗ) розглядалися лише в межах їх частини, що не проглядається, яка визначається величиною маскувальної маси, при цьому не враховувався вплив менших інтегральних концентрацій аерозолів на якість передачі або прийому зображення об'єктів засобами розвідки [3–4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз вітчизняної і зарубіжної літератури [1–5] показує, що з появою і розвитком високоточної зброї (ВТЗ) виникла потреба точнішого обліку шарів просвітління, що виникають на лінії візування через стохастичності розподілу маси аерозолію в шлейфі [1–5, 7–9]. Тривалість існування шарів просвітлення впливає на успіх виявлення, прицілювання, пуску і супроводу боєприпасу до цілі. Тому постановка АЗ із заданим розподілом шарів просвітління може істотно підвищити можливості АП.

Відсутність теоретичних і експериментальних даних, необхідних для вирішення зазначених завдань, і визначають актуальність цієї статті.

Мета статті. Метою статті стало: дослідження можливостей скорочення витрат засобів АП з потрібним підходом до бачення об'єктів в умовах застосування аерозолів і розробка рекомендацій щодо способів постановок АЗ.

Для досягнення поставлених цілей необхідно вирішити такі завдання:

- обґрунтувати величину порога контрастної чутливості ока для умов АП;
- дослідити динаміку видимості об'єктів через флюктуючі АЗ;
- розробити методи розрахунку дальності видимості об'єктів через АЗ з урахуванням необхідної якості бачення.

Виклад основного матеріалу

За даними [6] величина порога контрастної чутливості ока для умов АП становить не менше 3 ... 5% і основним фактором при її виборі є ступінь неоднорідності порівнюваних по яскравості полів, наявність розмитості переходу однієї яскравості в іншу.

Результати досліджень можуть бути використані для розрахунків дальності видимості і якості бачення об'єктів, які маскуються через АЗ, та математичного моделювання процесів бачення в умовах АП. Пропоновані методи розрахунку дозволяють зменшити витрату коштів АП в 3-5 разів.

Аерозольні зависи, поставлені сучасними техні-

чними засобами аерозольної протидії (ТЗ АЕП), мають високі маскувальні властивості у видимій частині оптичного діапазону, з огляду на те, що близько 80% розвідувальної інформації видобувається саме в цих діапазонах довжин хвиль [4; 8]. Аерозольне маскування є досить важливим засобом протидії видовій розвідці, а також системам наведення і управління зброєю.

Принцип маскувальної дії аерозолів заснований на їх властивості знижувати видимість об'єктів за рахунок розсіювання і поглинання світла, що проходить через них, а також розсіювання світла від сторонніх джерел.

Виходячи із завдання аерозольної протидії, що полягає у зниженні інформативного потоку електромагнітного випромінювання (ЕМВ) від об'єкта до спостерігача до заданого значення, необхідно визначити це значення, своєчасно доставити аерозоль до траси спостереження з необхідними розподілом та інтегральною концентрацією.

Кількість аерозолів, необхідна для того, щоб на цій трасі спостереження об'єкт не було видно, визначає відома величина M [2]. Вона показує інтегральну концентрацію аерозолу на трасі спостереження, при якій об'єкт не буде видимий.

Поняття "об'єкт видно" і "об'єкт не видно" в теорії аерозольного протидії трактується так, що, якщо об'єкт видно, то його видно на межі сприйняття тим чи іншим засобом, тобто у вигляді ледь помітної плями, а не видно, це, коли спостерігач навіть приблизно не може вказати напрямом, де він може бути. Однак в цьому випадку не певна ситуація, коли видно лише деякі елементи об'єкта, що спостерігається.

Невизначеність цього поняття позначилася на структурі величини маскувальної маси (ММ), яка не відображає якість бачення об'єкта. Розгляд виявлених але невідомих об'єктів принципово важливо для розвідки і прийняття рішення щодо такого об'єкта.

Здатність засобів розвідки фіксувати виявлені об'єкти обмежені. Це визначається їх роздільною здатністю, діапазоном довжин хвиль ЕМВ в якому вони працюють і рівнем допустимої освітленості, а для ока людини крім цього, порогом контрастної чутливості ока ϵ .

Значення порога контрастної чутливості ϵ в теорії аерозольного маскування в даний час прийнято рівним 1,25% [6], що відповідає тільки сприятливим лабораторним умовам спостереження і є недостатнім для реальних умов АП.

Випадковість розподілу маси аерозолу в завісі визначає неформальний підхід до оцінки ефективності АП, але наявні відомості про закон цього поширення недостатні, щоб прогнозувати періодичність зміни ситуацій, коли об'єкт видно, і коли не видно, а також тривалість їх існування. З появою

ВТЗ тривалість існування шару прозорості (ситуація "об'єкт видно") принципово важлива, тому що саме вона буде визначати можливість визначення і (або) ураження об'єкта за умов АП.

Розглядаючи фактичні величини, якими оперують в сучасних теорії і практиці АП, треба відзначити, що вони не висловлюють в ясній формі дальність видимості спостережуваних об'єктів, а фіксують деяку величину (контраст, ймовірність або концентрацію), по якій можна судити про видимість об'єкта за даних умов протидії. Для визначення дальності видимості об'єкта через АЗ необхідно здійснення додаткових розрахунків.

У найбільш загальній формі, виявлення об'єктів через аерозольну завісу трактується як можливість їх зорового сприйняття. Факторами, що визначають можливість виявлення в даній ситуації, є як властивості самих об'єктів (колір, розмір, форма), так і властивості аерозольної завіси і атмосфери. Крім того, виявлення об'єктів залежить від характеристик фону, на якому вона розглядається, рівні інтенсивності розсіяного фону, напрямом спостереження щодо сонця, тощо. Практично, чинників, які погіршують видимість об'єктів до рівня, коли об'єкт стає невиразним для ока, багато, причому навіть в окремо взятому кожному з них може знизити видимість або можливість виявлення об'єкта, що спостерігається до нуля [7; 9; 12].

Як вже зазначалося, величина ММ визначає не максимальну дальність видимості об'єкта, а тільки можливість його бачення через АЗ саме не на тій відстані, на якій він знаходиться реально, тобто на фіксованій відстані. На практиці часто необхідно знати максимальну відстань бачення об'єкта.

Дальність видимості об'єктів при будь-якому контрасті розраховується, виходячи з співвідношень [6–7] з урахуванням виконання світлоповітряного рівняння:

$$S = \frac{1}{\mu} \ln \left[\frac{k + \frac{L^*}{L\phi} - 1}{\frac{L^*}{L\phi}} \right], \quad (1)$$

без врахування світлоповітряного рівняння

$$S = \frac{1}{\mu} \ln \left[\frac{\frac{k}{\epsilon} - 1}{\max \{L_0, \phi\}} \right], \quad (2)$$

де k – вихідний контраст;

ϵ – величина порогу контрастної чутливості ока;

$L\phi$ – яскравість фону;

$\max \{L_0, \phi\}$ – найбільша з яскравостей об'єкту або фону;

L^* – коефіцієнт світлоповітряного рівняння;
 μ – показник послаблення.

Значення величини L^* визначається [6–7]:

$$L^* = \int_{4\pi} x(v)L(\omega)d\omega, \quad (3)$$

де $x(v)$ – індикатриса розсіяння;

v – кут розсіяння;

$L(\omega)$ – яскравість аерозолі у тілесному куті ω ;

$$d\omega = 2\pi \sin v dv.$$

При дифузному освітленні світлоповітряний коефіцієнт можна визначити як

$$L^* = \frac{E_{расc}(1+A)}{2\pi}, \quad (4)$$

де $E_{расc}$ – освітленість горизонтальної поверхні при розсіяному освітленні; A – її альbedo.

У разі спостереження протяжних об'єктів, що самі не світяться $E_{расc} \approx L$. Освітленість залежно від висоти сонця над горизонтом в похмуру погоду показана на рис. 1.

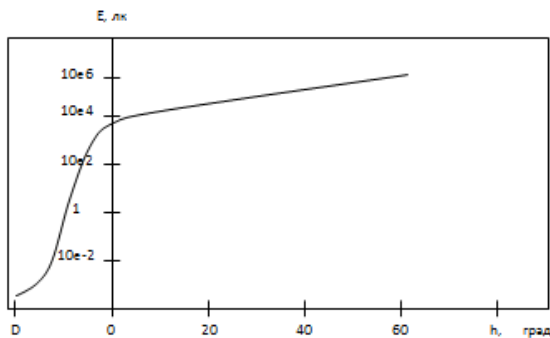


Рис. 1. Зміна освітленості горизонтальної поверхні від висоти сонця над горизонтом (h) і від глибини його занурення під горизонт (D) [12]

Світлоповітряний коефіцієнт L^* пов'язаний з яскравістю аерозолі співвідношенням

$$L_\Delta = \Lambda L^* (1 - e^{-\tau}). \quad (5)$$

Зв'язок оптичної товщини $\tau = MC\bar{I}_c$ з відношенням L_Δ / L^* визначений в табл. 1 [6].

Таблиця 1

Зв'язок оптичної товщини $\tau = MC\bar{I}_c$ з відношенням L_Δ / L^*

τ	0,1	0,5	1,0	2,0	3,0	5,0	7,0
L_Δ / L^*	0,095	0,39	0,63	0,83	0,95	0,993	0,999

Для зручності розрахунків у межах вказаних оптичних товщин можна застосувати вираз

$$L^* = \frac{L_\Delta}{\Lambda (a \ln \tau + b)}, \quad (6)$$

де $a = 0,23$ і $b = 0,62$ – чисельні коефіцієнти рівняння.

При проведенні експериментів іноді важливо визначити оптичну товщину АЗ за показниками яскравості, наприклад, по вимірній яскравості об'єкта, що спостерігається, яка описується виразом

$$L'_0 = L_0 e^{-\tau} + Ld, \quad (7)$$

де L_0 – вихідна яскравість об'єкта;

τ – оптична товщина АЗ;

Ld – яскравість аерозольної зависи.

З рівнянь (6–7) витікає

$$L'_0 = L_0 e^{-\tau} + \Lambda L^* (1 - e^{-\tau}). \quad (8)$$

Після нескладних перетворень отримаємо оптичну товщину аерозольної зависи по яскравості, що спостерігається.

$$\tau = -\ln \left[1 - \frac{L_\Delta}{\Lambda L^*} \right]. \quad (9)$$

Значення індикатриса відстані $x(v)$ в межах кутів від 0° до 180° , можна визначити з експериментальних графіків [6] або формули, виведеної для аерозолів типу 52-08, білий фосфор, С-І за даними цієї роботи показниками.

$$x(v) = \frac{av^2 + b}{cv + d}, \quad (10)$$

де $a = -0,00045$;

$b = 13,207$;

$c = 2,170$;

$d = 18,758$ – чисельні коефіцієнти рівняння.

Очевидно, що повітряне середовище на лінії візування, що проходить через АЗ, неоднорідне. Ослаблення світла на кожній її ділянці буде неоднаковим і для обчислення дальності видимості об'єктів необхідно знати профіль коефіцієнта ослаблення μ .

Зміна μ з відстанню S від спостерігача при наявності на лінії візування АЗ, може мати вигляд, показаний на рис. 2 (окремий випадок).

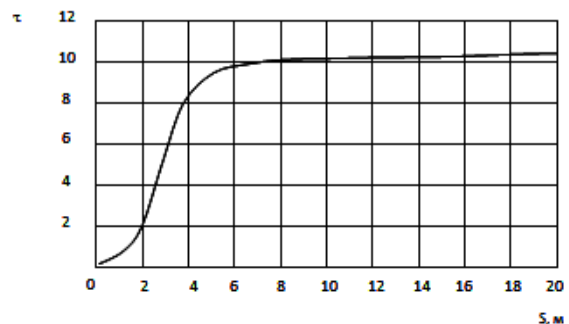


Рис. 2. Залежність τ від дальності візування (окремий випадок)

Інтенсивність зорового сприйняття об'єкта з відстанню L представляється у вигляді [9–10]

$$\ln \left[\frac{k}{k'} - 1 \right] = \ln \Phi(L) + \mu(L)L, \quad (11)$$

де $\mu(L)L$ – середнє значення показника ослаблення на дільниці L , $k = (L_\phi - L_M) / L_\phi$ – вихідний контраст яскравостей об'єкту і фону (L_ϕ та L_M – більша й менша з яскравостей), k' – видимий контраст яскравостей об'єкту й фону з відстані l , функція $\Phi(l) = L_\phi(l) L_\phi$, де $L_\phi(l)$ – яскравість АЗ в шарі L .

При збільшенні l значення k' зменшується, і при $k' = \varepsilon$ значення l дорівнює значенню дальності видимості об'єкту S , тобто

$$\ln \left[\frac{k}{\varepsilon} - 1 \right] = \ln \Phi(S) + \mu(S)S. \quad (12)$$

Очевидно, що рішення щодо величини S може бути отримано за умови, якщо відомі профілі значень $\mu(S)$ і $L(S)$ у потрібному напрямку. Методика визначення дальності видимості полягає в тому, що необхідно визначити:

а) профіль $\mu(l)$ і відповідну функцію $\tau(L) = \mu(L)$;

б) визначити функцію $L_\phi(L)$ і відповідну їй функцію $\ln \Phi(L)$;

в) результуючу функцію $\tau'(L) = \tau(L) + \ln \Phi(L)$ і визначити за відомим значенням вихідного контрасту k об'єкта на даному тлі значення L , при якому виконується умова

$$\tau'(L) = \ln \left[\frac{k}{\varepsilon} - 1 \right]. \quad (13)$$

Значення L буде відповідати згаданій значенням дальності видимості S об'єкта на даному фоні. На рис. 3 показані графіки одного з варіантів розрахунку дальності видимості об'єкта з вихідним контрастом $k = 0,5$.

Зазвичай під дальністю видимості об'єкта розуміється максимальна відстань від спостерігача до об'єкта, на якому об'єкт видно як ледь помітну пляму.

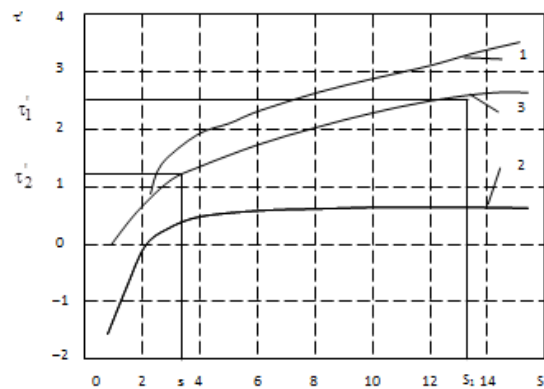


Рис. 3. Визначення дальності видимості об'єкту 1 – функція $\tau(s)$, 2 – функція $\ln l(s)$, 3 – функція $\tau'(s)$

При наближенні об'єкту до спостерігача він стає більш помітний і на якійсь відстані об'єкт буде впізнаним. Спостерігач на такій відстані може визначити тип об'єкта (наприклад, будинок, танк, людина, тощо). Таку відстань можна назвати дальністю впізнавання об'єкта.

При подальшому наближенні спостерігач зможе ідентифікувати об'єкт (наприклад, танк Т-72, ПУ типу “Точка-У”, тощо). Це і є дальність розпізнавання.

Висновки

Таким чином, за умов аерозольної протидії, коли об'єкти, що маскуються, мають малі кутові розміри, нерівномірну яскраву структуру і спостерігається на неоднорідному фоні, межа між об'єктом і фоном розмита, то величина порога контрастної чутливості ока відповідає 3...5%. Використання в розрахунках величини порога контрастної чутливості 1,25% завищує розрахункову дальність видимості об'єктів в 1,5...2 рази по відношенню до реальної, що визначає необгрунтовано підвищену витрату аерозольно утворюючих сумішей.

Безпосереднє обчислення дальності видимості об'єктів, що маскуються, через аерозольні завіси дозволяє розрахувати глибину, на якій кошти оптико-електронної розвідки противника можуть отримати інформацію про наші війська. Це дозволяє більш точно витратити засоби аерозольної протидії.

Список літератури

1. Чепіль І.М. Про один із підходів до моделювання аерозолеутворюючих об'єктів / І.М. Чепіль, С.А. Писарев, В.В. Яцков // Збірник наукових праць ХВУ. – 2002. – № 1(17). – С. 141-151.
2. Писарев С.А. Определение расхода аэрозолеобразующих составов по таблицам и эмпирическим формулам / С.А. Писарев, И.М. Чепиль, О.В. Третяк // Збірник наукових праць ХВУ. – 2001. – № 2(12). – С. 199-201.
3. Грин Х. Аэрозоли – пыли, дымы, туманы / Х. Грин, В. Лейн. – Л.: Химия, 1972. – 428 с.
4. Писарев С.А. Технічні засоби розвідки закордонних армій як об'єкти аерозольної протидії / С.А. Писарев, І.М. Чепіль, О.В. Третяк // Збірник наукових праць ХВУ. – 2001. – № 5(35). – С. 74-77.
5. Чепиль И.М. Маскирующие свойства аэрозольных завес / И.М. Чепиль, И.А. Радченко, С.А. Писарев // Збірник наукових праць ХВУ. – 2002. – № 2(18). – С. 209-212.
6. Ковалев В.А. Видимость в атмосфере и ее определение / В.А. Ковалев. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 215 с.
7. Бірюков І.Ю. Експериментальне дослідження оптичної помітності об'єктів АБТТ для охорони периметра об'єкту

/ І.Ю. Бірюков. – Х.: Академія ВВ МВС України, 2012. – 85 с.

8. Лифанов Ю.С. Направление развития зарубежных средств наблюдения за полем боя / Ю.С. Лифанов. – М.: Радиотехника, 2004. – 64 с.

9. Волнистова Л.П. Влияние рассеивающей среды на качество оптического изображения / Л.П. Волнистова, А.С. Дрофа // Известия АН СССР. Физика атмосферы и океана. – 1985. – № 1(21). – С. 50-57.

10. Гусев М.Г. Справочник. Радиоактивные выбросы в биосфере / М.Г. Гусев, В.А. Беляев. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 256 с.

11. Бызова Н.Л. Рассеивание примеси в пограничном слое атмосферы / Н.Л. Бызова. – М.: Гидрометеиздат, 1974. – 190 с.

12. Гиффорд Ф.А. Статистическая модель дымовой струи. Атмосферная диффузия и загрязнение воздуха / Ф.А. Гиффорд. – М.: Издательство иностранной литературы, 1962. – С. 143-164.

References

1. Chepil, I.M., Pisarev, S.A. and Yatskov, V.V. (2002), "Pro odyin iz pidkhdov do modelyuvannya aeroleutvoryuyuchykh ob'yektiv" [About one approach to modeling aerosol-forming objects], *Collection of Scientific Works of KhMU*, No. 1 (17), pp. 141-151.

2. Pisarev, S.A., Chepil, I.M. and Tretyak, O.V. (2001), "Opredeleniye raskhoda aeroleobrazuyushchikh sostavov po tablitsam i empiricheskim formulam" [Determination of the consumption of aerosol-forming compounds according to tables and empirical formulas], *Collection of Scientific Works of KhMU*, No. 2 (12), pp. 199-201.

3. Green, H. and Lane, W. (1972), "Aerole – pyli, dymy, tumany" [Aerosols – dust, fumes, mists], Chemistry, Leningrad, 428 p.

4. Pisarev, S.A., Chepil, I.M. and Tretyak, O.V. (2001), "Tekhnichni zasoby rozvidky zakordonnykh armiy yak ob'yekty aeroleznoi protydyi" [Technical means of exploration of foreign armies as objects of aerosol counteraction], *Collection of Scientific Works of KhMU*, No. 5 (35), pp. 74-77.

5. Chepil, I.M., Radchenko, I.A. and Pisarev, S.A. (2002), "Maskiruyushchiye svoystva aeroleznoy zavesi" [Masking properties of aerosol curtains], *Collection of Scientific Works of KhMU*, No. 2(18), pp. 209-212.

6. Kovalev, V.A. (1988), "Vidimost' v atmosfere i yeye opredeleniye" [Visibility in the atmosphere and its definition], Gidrometeoizdat, Leningrad, 215 p.

7. Biryukov, Yu. (2012), "Eksperymental'ne doslidzhennya optichnoy pomitnosti ob'yektiv ABTT dlya okhorony perimetra ob'yektu" [Experimental study of the optical visibility of AAV objects for the perimeter protection of the object], Academy of Internal Affairs of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, Kharkiv, 85 p.

8. Lifanov, Yu.S. (2004), "Napravleniye razvitiya zarubezhnykh sredstv nablyudeniya za polem boya" [The direction of development of foreign means of monitoring the battlefield], Radio Engineering, Moscow, 64 p.

9. Volnistova, L.P. and Bustard, A.S. (1985), "Vliyaniye rasseivayushchey sredy na kachestvo opticheskogo izobrazheniya" [The influence of the scattering medium on the quality of the optical image], *Bulletin of the USSR Academy of Sciences. Physics of the atmosphere and the ocean*, No. 1(21), pp. 50-57.

10. Gusev, M.G. and Belyaev, V.A. (1991), "Radioaktivnyye vybrosty v biosfere" [Radioactive releases in the biosphere], Handbook, Energoatomizdat, Moscow, 256 p.

11. Byzova, N.L. (1974), "Rasseivaniye primesi v pogramichnom sloye atmosfery" [Dispersion of an impurity in the atmospheric boundary layer], Gidrometeoizdat, Moscow, 190 p.

12. Gifford, F.A. (1962), "Statisticheskaya model' dymovoy strui. Atmosfernaya diffuziya i zagryazneniye vozdukh" [Statistical model of a smoke stream. Atmospheric diffusion and air pollution], Publishing House of Foreign Literature, Moscow, pp. 143-164.

Надійшла до редколегії 15.07.2019

Схвалена до друку 10.09.2019

Відомості про авторів:

Писарев Анатолій Васильович

кандидат військових наук доцент
доцент кафедри Національної академії
Національної гвардії України,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-4527-0410>

Лазутський Анатолій Федорович

кандидат військових наук доцент
викладач кафедри Національної академії
Національної гвардії України,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-9203-6638>

Тузіков Сергій Анатолійович

кандидат технічних наук доцент
доцент Харківського національного
університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5919-1137>

Information about authors:

Anatolii Pisarev

Candidate of Military Sciences Associate Professor
Senior Lecturer National Academy
of National Guard of Ukraine,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-4527-0410>

Anatolii Lazutsky

Candidate of Military Sciences Associate Professor
Instructor of the department of National Academy
of National Guard of Ukraine,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-9203-6638>

Serhii Tuzikov

Candidate of Technical Sciences Associate Professor
Senior Lecturer of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5919-1137>

Писарев Сергій Анатолійович
старший викладач
Інституту танкових військ НТУ “ХПІ”,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-7547-8629>

Serhii Pisarev
Senior Instructor
Institute of Tank Armies NTU “KhPI”,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-7547-8629>

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАЛЬНОСТИ ВИДИМОСТИ ОБЪЕКТОВ ЧЕРЕЗ АЭРОЗОЛЬНУЮ ЗАВЕСУ

А.В. Писарев, А.Ф. Лазутский, С.А. Тузиков, С.А. Писарев

В данной статье рассматривается проблема применения средств аэрозольного противодействия, планирование их типа, количества и способа распределения на местности. В настоящее время данная проблема занимает большую часть теоретических и практических исследований. Необходимость статьи исходит из того, что возможности технических средств разведки и управления оружием значительно выросли, а аэрозольные завесы рассматривались лишь в пределах их непросматриваемой части, которая определяется величиной маскировочной массы. При этом учитывается влияние меньших интегральных концентраций аэрозолей на качество передачи и приема изображения объектов средствами разведки, исследованы возможности сокращения расходов средств аэрозольного противодействия с нужным подходом к видению объектов в условиях применения аэрозолей и разработаны рекомендации относительно способов постановок аэрозольных завес. Решены следующие задачи: обоснована величина порога контрастной чувствительности глаза для условий аэрозольного противодействия; исследована динамика видимости объектов через флуктуирующие аэрозольные завесы; показано методы расчета дальности видимости объектов через аэрозольные завесы с учетом требуемого качества видения.

Ключевые слова: аэрозольное противодействие, технические средства разведки, аэрозольные завесы, маскировочная масса, интегральная концентрация, качество видимости.

ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING THE DETERMINATION OF THE VISIBILITY RANGE OF OBJECTS THROUGH THE AEROSOL CURTAIN

A. Pisarev, A. Lazutsky, S. Tuzikov, S. Pisarev

An analysis of domestic and foreign literature shows that with the advent and development of high-precision weapons, it became necessary to more accurately take into account the enlightenment layers that arise on the line of sight through the stochastic distribution of aerosol mass in the plume. The duration of the existence of layers of enlightenment affects the success of the detection, aiming, launching and tracking of ammunition to the target. Therefore, the installation of aerosol curtains with a given distribution of enlightenment layers can significantly increase the possibility of aerosol countermeasures. The relevance of this article is determined by the lack of theoretical and experimental data necessary to solve these problems. This article discusses the problem of using aerosol countermeasures, planning their type, quantity and distribution method on the ground. Currently, this problem occupies most of the theoretical and practical research. The need for the article is based on the fact that the capabilities of reconnaissance and weapon control equipment have grown significantly, and aerosol curtains have been considered only within their inconspicuous part, which is determined by the size of the camouflage mass. At the same time, the influence of lower integrated aerosol concentrations on the quality of transmission and reception of images of objects by means of reconnaissance is taken into account, the possibilities of reducing the costs of aerosol countermeasures with the necessary approach to the vision of objects in the application of aerosols are studied, and recommendations are developed regarding the methods of setting aerosol curtains. The following tasks have been solved: the value of the threshold of contrast sensitivity of the eye for aerosol counteraction conditions is justified; the dynamics of object visibility through fluctuating aerosol curtains is investigated; methods for calculating the range of visibility of objects through aerosol curtains are shown taking into account the required quality of vision.

Keywords: aerosol countermeasures, reconnaissance equipment, aerosol curtains, camouflage mass, integrated concentration, quality of visibility.