

Влияние дисперсности аэрозоля на его маскирующую способность

Д.П. Колесников, В.Н. Пенязь, М.А. Голышев, Д.Н. Буряк, И.В. Артамонов

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«27 Научный центр» Министерства обороны Российской Федерации, 105005,
Российская Федерация, г. Москва, Бригадирский переулок, д. 13

Поступила 14.04.2021 г. Исправленный вариант 20.07.2021 г. Принята к публикации 23.09.2021 г.

Совершенствование маскировки войск и объектов необходимо во всех видах военных действий, как масштабных по величине участвующих группировок войск (сил), так и в ходе борьбы с террористическими группировками. Маскировка аэрозолями является составной частью этого мероприятия. Создание помех для визуального обнаружения целей и ведения прицельного огня обеспечивает снижение вероятности поражений от оружия противника подразделений (их вооружения и военной техники) и военнослужащих. Цель работы – изучение влияния дисперсности аэрозоля на его маскирующую способность. Определение доли экранируемой аэрозолями площади относительно электромагнитного излучения оптического диапазона проводилось на основе случайного, равномерного распределения частиц аэрозоля в пространстве. Установлено, что при теоретической оценке эффективности маскировки (по длине не просматриваемой завесы или по площади маскировки) необходимо рассчитывать не только интегральную концентрацию аэрозоля по линии визирования объекта (в горизонтальной и вертикальных плоскостях, G , $\text{см}^3/\text{м}^2$ или $\text{г}/\text{м}^2$), но и учитывать дисперсность аэрозоля, поскольку при эквивалентных концентрациях аэрозоля она оказывает значительное влияние на эффективность маскировки при прочих равных условиях. Дисперсность аэрозоля, формируемая средствами дымопуска (шашки, ТДА и т. д.), является необходимой составляющей тактико-технических характеристик изделий, а также одним из требований к перспективным разработкам и разработкам средств аэрозольного противодействия. В статье представлены результаты моделирования на ПЭВМ случайного распределения частиц аэрозоля в пространстве для оценки его экранирующей способности относительно электромагнитного излучения оптического диапазона.

Ключевые слова: дисперсность маскирующих аэрозолей (частиц дымов); маскировка аэрозолями (применение маскирующих дымов); средства маскировки аэрозолями; эффективность маскировки аэрозолями.

Библиографическое описание: Колесников Д.П., Пенязь В.Н., Голышев М.А., Буряк Д.Н., Артамонов И.В. Влияние дисперсности аэрозоля на его маскирующую способность // Вестник войск РХБ защиты. 2021. Т. 5. № 3. С. 260–268. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-3-260-268>

Маскировка аэрозолями для снижения потерь широко использовалась в Первую мировую войну [1–5], во время Второй мировой войны [6–10], в ходе военных действий ограниченного контингента Советских войск в Афганистане, а также при осуществлении контртеррористиче-

ской операции в Чеченской республике. В Афганистане¹ и Чеченской республике² аэрозольная маскировка преимущественно использовалась для снижения поражений от огня противника по воздушным целям (авиации при взлете и посадке на аэродромах, площадках), при маневрах

¹ Афганская кампания: невостробованный опыт. URL: <http://www.vko.ru/voyny-i-konflikty/afganskaya-kampaniya-nevostrebovannyy-opyt-10> (дата обращения: 14.04.2021).

² Первая мобильная бригада РХБЗ на второй чеченской войне. URL: <https://www.warotechnya.ru/pervaya-mobilnaya-brigada-rhbz-na-vtoroj-chechenskoj-vojne/> (дата обращения: 14.04.2021).

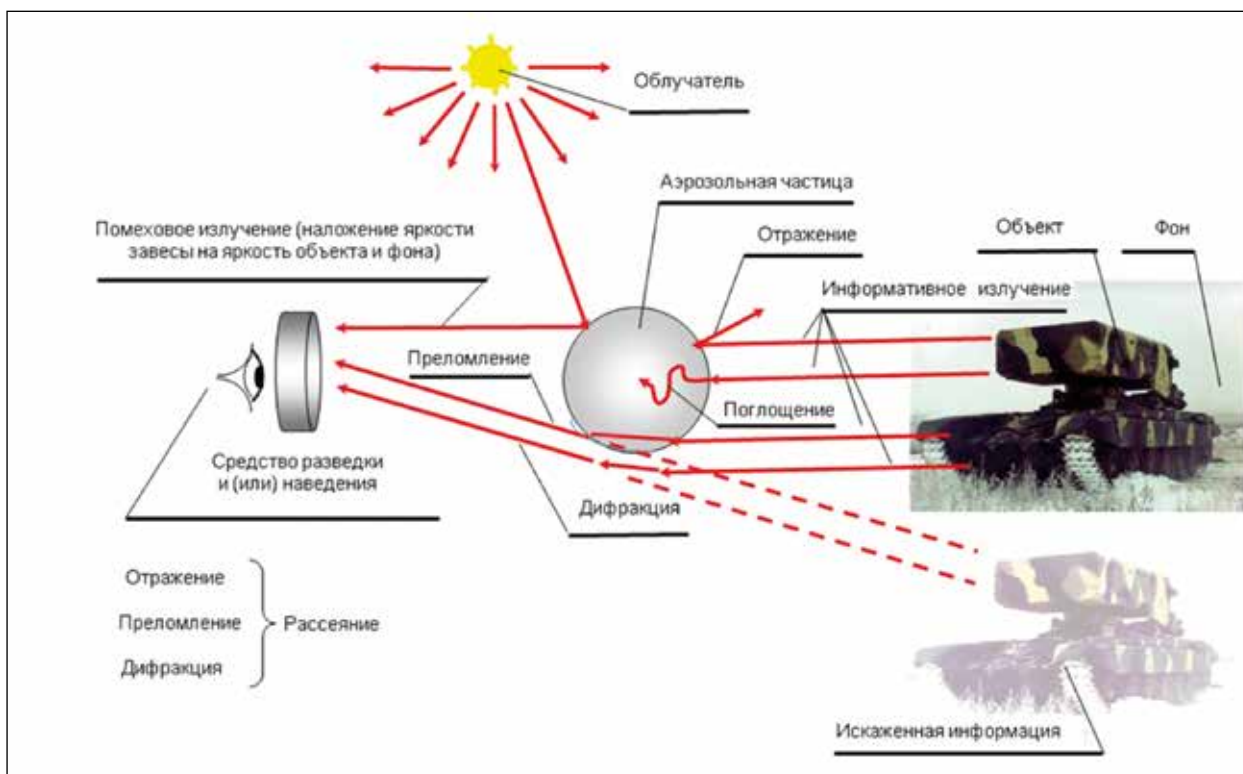


Рисунок 1 – Физика противодействия аэрозоля видимому спектру электромагнитного излучения [12]

подразделений и отдельных военнослужащих в пределах визуальной видимости (смена позиций, при выходе из техники на местность и т. д.) [11].

Цель работы – разработка способа учета влияния дисперсности аэрозоля на его маскирующую способность.

Эффективность маскировки при применении аэрозолей зависит от следующих факторов: метеоусловий, средств применения и их количества. В основе маскировки аэрозолями всеми известными способами лежит единое физическое явление, когда частицы аэрозоля создают преграду для прохождения в пространстве лучей в оптическом диапазоне (рисунок 1).

Это явление обуславливается тремя возможными эффектами: поглощением, отражением и преломлением, что скрывает или искажает изображение объекта маскировки. Чем больше частиц аэрозоля, и чем они больше по диаметру, тем лучше маскировка объекта. Увеличение количества частиц аэрозоля требует большего расхода аэрозолеобразующего состава (АОС). Исходя из этого возникает необходимость определения размера частицы при равных расходах АОС, которые обеспечат наилучшую маскировку.

Площадь сечения сферической частицы АОС пропорциональна квадрату ее радиуса. Чем крупнее частицы, тем большее экранирующее действие они оказывают для солнечных лучей в оптическом диапазоне. Если ввести ограничение

по массе АОС (G , г или $см^3$), то возможное количество частиц, которое можно получить из этого количества, обратно пропорционально кубу радиуса частицы. Следовательно, надо уменьшить АОС в процессе его возгонки или частичного испарения для последующей конденсации термодымовой аппаратурой (ТДА) до максимально малого размера. В процессе случайного хаотического распределения частиц в пространстве (при перемешивании слоев воздуха) они взаимно экранируются относительно проекции световых лучей на некоторую плоскость объекта. Из-за присутствия в большом количестве таких частиц, возникает необходимость определения значимости экранирования как для малых, так и для больших частиц АОС.

Логическое моделирование данного процесса можно осуществить при помощи эксперимента с бумагой формата А4. В пустом помещении небольшой площади ($\sim 10 м^2$), поворачиваясь на 360° с закрытыми глазами, необходимо разбросать листы бумаги в хаотичном порядке с разными усилиями. Если при этом через 5–10 бросков фиксировать долю накрытой площади пола, то можно отметить, что вначале эта доля увеличивается почти прямо пропорционально количеству брошенных листов (N), а затем (при возрастании N), скорость приращения накрытой площади будет монотонно замедляться за счет взаимного наложения листов бумаги друг на друга.

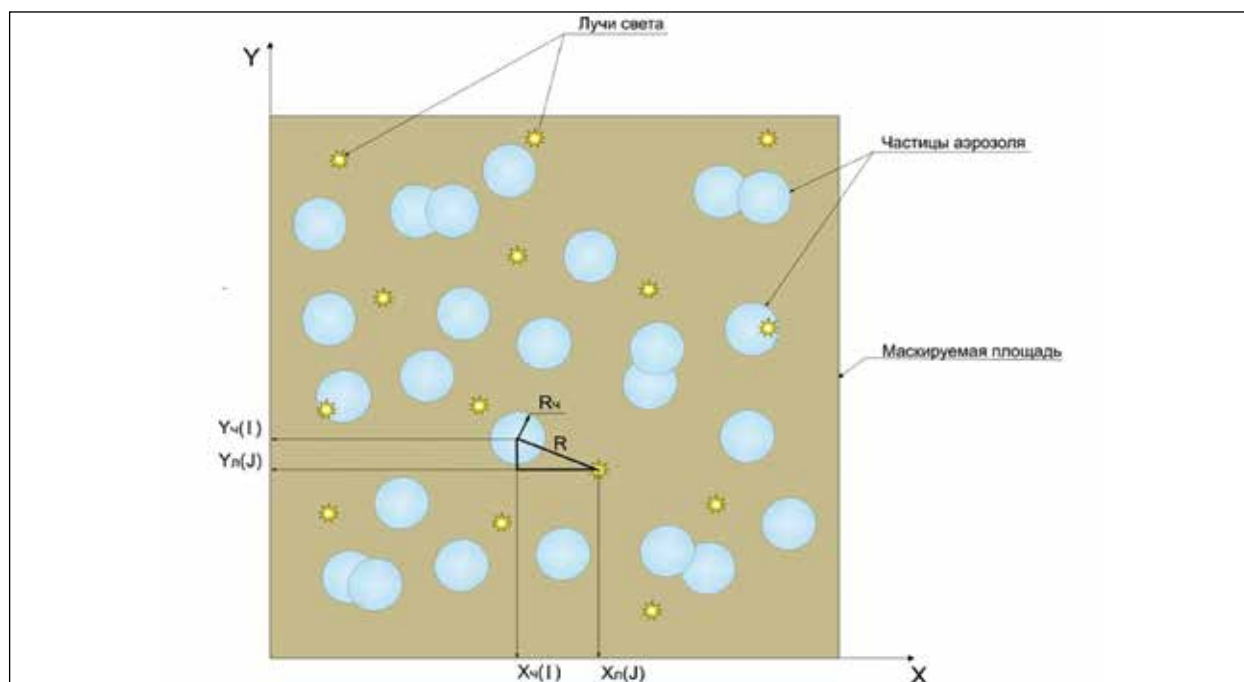


Рисунок 2 – Схема расчетов маскировки единичной площади частицами заданного радиуса (R_c) (предложена авторами)

Поскольку проведение эксперимента при помощи бумаги в достаточной степени затруднительно, то в дальнейшем использовали ПЭВМ [13].

Теоретические расчеты для маскировки 1 м^2 (10^4 см^2).

Исходное количество непрозрачного АОС – 1 см^3 . Для маскировки 1 м^2 (10^4 см^2) необходимо 1 см^3 разделить на 10^4 слоев с толщиной слоя – 1 мкм . Если эти слои вплотную разместить на 1 м^2 , то маскировка будет полной. Этот эффект не изменится, если каждый слой разделить на равные части с ребром 1 мкм . Из одного слоя таким образом можно получить 10^8 частей. А всего из 1 см^3 – 10^{12} частей, которые идеально равномерно соединенные друг с другом в одной плоскости замаскируют 1 м^2 . Количество шариков с диаметром 1 мкм из 1 см^3 АОС будет вдвое больше указанного количества частей.

Алгоритм расчетов и исходные данные проведения расчетов на ПЭВМ.

Начальное количество АОС ($V, \text{ см}^3$) и диаметр частиц ($2 \times R_c, \text{ мкм}$).

Определяем N , которое образуется из данного объема АОС, используемого для маскировки 1 м^2 через объем одной частицы заданного диаметра. При помощи датчика случайных и равномерных чисел (ДСЧР) центры этих частиц случайно и равномерно распределяются на условно маскируемой площади 1 м^2 : в пределах квадрата со сторонами $(100 \times 100) \text{ см}^2$, представленного на рисунке 2. Поскольку исходный раз-

мер частицы задается в микрометрах, то размерность сторон квадрата будет равна 106 мкм , а исходный объем АОС ($V, \text{ см}^3$) будет равен $V \times 10^{12} \text{ мкм}^3$. Сущность распределения заключается в задании координат частиц по оси абсцисс (X) и ординат (Y), направленных по сторонам маскируемой площади (1 м^2) посредством использования ДСЧР при генерировании им значений от 0 до 1 в первом цикле по переменной I ($I = 1, N$) получим выражения (1) и (2):

$$X_c(I) = \text{ДСЧР} \times 10^6 \quad (1)$$

$$Y_c(I) = \text{ДСЧР} \times 10^6 \quad (2)$$

Поскольку реальное распределение частиц происходит в трехмерном пространстве (ось Z) и при маскировке осуществляется проекция света на объект, то третьей координатой частицей, перпендикулярной плоскости наблюдения объекта (линия визирования вдоль оси Z) можно пренебречь.

Во втором цикле по переменной J ($J = 1, 100$) таким же образом распределяем координаты световых лучей, попадающих под прямым углом на маскируемую площадь (по оси Z количество лучей – 100). (3) и (4):

$$X_n(J) = \text{ДСЧР} \times 10^6 \quad (3)$$

$$Y_n(J) = \text{ДСЧР} \times 10^6 \quad (4)$$

В третьем расчетном двойном цикле (внутренний по переменной I – частицы, внешний по лучам света – J) определяется эффективность маскировки по усло-

вию: если расстояние между частицей и лучом (R) меньше радиуса частицы (R_q), то имеет место поглощение (отражение, рассеивание) луча (см. рисунок 1).

Расчет R (определение длины гипотенузы через сумму квадратов катетов) производится посредством (5):

$$R = ((X_q(I) - X_n(J))^2 + (Y_q(I) - Y_n(J))^2)^{0.5} \quad (5)$$

Отношение суммы поглощенных лучей к их общему количеству (100) принимается за эффективность маскировки. Отметим, что маскировка зависит от освещенности, подвижности объекта, его размеров, контрастности фона и т. д. При прочих равных условиях, чем выше доля поглощенных световых лучей, тем эффективнее маскировка. В реальности количество фотонов видимого спектра, проникающих в моделируемую площадь при любой освещенности местности, намного больше выбранных условных 100 лучей света. Поэтому выбор для моделирования 100 лучей может вызвать сомнение.

Однако, для набора статистики, доля поглощенных лучей (прошедших беспрепятственно через массу аэрозоля), которая соответствует доле закрытой (открытой) для света площади, достаточна. Использование указанного количества лучей на площади маскировки. В корректности данного предположения можно убедиться, если в предложенном алгоритме продолжить счет за счет нового цикла, например, по 1000 условных лучей (без изменения первоначально заданных координат частиц аэрозоля). Полученные результаты эффективности маскировки (при 100 лучах и 1000) будут отличаться не более чем на несколько процентов.

Используемый ДСЧР должен генерировать расчеты с точностью, как минимум, на два знака после запятой больше N , для корректности получаемого результата.

При удельном расходе АОС в 1 см^3 и размере радиуса частиц на уровне 1 мкм , количество итераций приближается к 10^{14} и занимает продолжительное время. Для со-

кращения времени можно расчетную площадь уменьшить в 1000 раз ($3,33 \times 3,33 \text{ см}^2$). Но при этом, сохраняя прежний удельный расход АОС ($\text{см}^3/\text{м}^2$), необходимо исходное количество вещества уменьшить также в 1000 раз. Во столько же раз снизится количество частиц и расчетных итераций, а значит и время решения задачи.

Корректность этой замены проверяется при помощи распределения частицы аэрозоля на площади 1 м^2 , а затем разделения этой площади на 10 полос по 10 см. В цикле проверки количества частиц, попавших в каждую полосу, необходимо разделить их на N для того, чтобы убедиться, что доля попавших частиц в каждую полосу различается незначительно. Аналогичные расчеты можно провести и для 5–7 окружностей (10 см^2 , радиус рассчитать из площади), распределенных произвольно в разных местах на площади 1 м^2 . Использование ДСЧР для распределения окружностей на площади может привести к ситуации, когда часть площади сечения круга выйдет за моделируемый квадрат маскировки, что приведет к некорректным результатам. Для избегания получения некорректных результатов необходимо вводить проверку условия «невыхода» или задать координаты центра «вручную», как исходные данные. В результате расчетов сравниваются доли частиц, попавших в эти круги (заданного радиуса). Значение разницы долей должно быть незначительным (не более доли процентов). Эти расчеты позволяют оценить корректность используемого ДСЧР (который должен относительно равномерно распределять частицы аэрозоля по площади, а не преимущественно в одну область) и подтвердить возможность моделировать маскировку, используя небольшие по площади квадраты, но при сохранении удельного расхода АОС ($\text{см}^3/\text{м}^2$ или $\text{г}/\text{м}^2$ с учетом плотности АОС – $\text{г}/\text{см}^3$).

Результаты расчетов по предложенному алгоритму приведены в таблицах 1 и 2, а также на рисунке 2.

Как следует из данных, представленных в таблице 1, приращение удельного расхода АОС

Таблица 1 – Вероятность маскировки объекта частицами с диаметром 3 мкм при изменении удельного расхода АОС

Номер итерации	Удельный расход АОС, $\text{см}^3/\text{м}^2$		
	0,72	1,44	2,16
1	32%	45%	61%
2	29%	53%	61%
3	39%	49%	72%
4	27%	49%	71%
5	-	46%	-
Средняя вероятность	31,75%	48,4%	66,25%

Таблица 2 – Вероятность маскировки объекта частицами с диаметром 8 мкм при изменении удельного расхода АОС

Номер итерации	Удельный расход АОС, см ³ /м ²						
	0,72	1,44	2,16	2,88	3,6	4,32	5,04
1	10%	25%	32%	44%	48%	58%	61%
2	20%	20%	33%	40%	48%	54%	54%
3	16%	30%	31%	42%	57%	53%	69%
4	10%	17%	30%	36%	50%	61%	60%
5	18%	26%	-	-	-	-	-
Средняя вероятность	14,8%	23,6%	31,5%	40,5%	50,75%	56,5%	60%

вдвое (от 0,72 до 1,44 см³/м²) увеличивает вероятность маскировки частицами дыма 3 мкм – только в 1,5 раза (от 32 до 48 %).

Аналогичное повышение расхода АОС для частиц 8 мкм обуславливает более значительный прирост маскировки (от 15 до 24 %), что выше на 0,65 от начального значения. Этот эффект объясним следующим: при увеличении радиуса почти в три раза, исходное количество частиц при равном удельном расходе АОС снижается почти в 20 раз, поэтому меньшее количество крупных частиц взаимно экранируются в меньшей степени. Повышение расхода АОС в семь раз (8 мкм) увеличивает эффективность маскировки только в 4 раза (таблица 2).

Большой практический интерес представляет диаграмма на рисунке 3.

Эффективность маскировки объекта частицами с радиусом 3 мкм почти в 2 раза выше, чем частицами 8 мкм при равных расходах АОС в диапазоне от 0,72 до 2,16 см³/м². А при расходе АОС (2,16 см³/м²) эффективность маскировки частицами 8 мкм (32 %) равна частицами 3 мкм при расходе втрое меньшем – 0,72 см³/м² (32 %).

При проверке корректности используемого датчика случайных чисел выяснилось, что изменение количества частиц, попадающих в заданные области, с размерами 10 см² на исследуемой площади (100×100) см² составляет от 0,0084 % (при 100 млн. частиц) до 0,233 % (при 100 тыс. частиц). Аналогично, изменение долей частиц, попадающих в заданные области, с размерами (1×1) см² моделируемой площади маскировки (100×100) см² составляет от 0,0046 % (при 100 млн. частиц) до 0,17 % (при 100 тыс. частиц). При проверке корректности ДСЧР переводить сантиметры в микрометры не обязательно.

В целом, отличия общего количества частиц, попадающих в малые площадки, не превышают 0,24 % (относительно средней величины количества частиц в них), что говорит о достаточной корректности работы используемого ДСЧР. Но при этом сохраняется случайный характер распределения частиц во всех локальных областях

моделируемой площади маскировки, что следует из результатов анализа изменения вероятности при каждой итерации, которая в среднем варьируется в пределах 10–20 % от их математического ожидания (таблицы 1 и 2).

Приведенные расчеты пока недостаточны относительно полноты статистики, но иллюстрируют работоспособность способа, который может быть проверен при сопоставлении практических измерений ослабления фотопотока на испытательных стендах при строго фиксированных (калиброванных) размерах частиц и величины интегральной концентрации этих частиц (см³/м² или г/м²).

Исходя из полученных результатов следует, что необходимо в максимальной степени добиваться от средств маскировки рациональных режимов аэрозолеобразования, обуславливающих формирование частиц, близких по диаметру к 2 мкм для скрытия объектов в оптическом диапазоне.

Например, снижение диаметра частиц в 2 раза эффективнее, чем увеличение расхода АОС в 2 раза (в ТДА или генераторах) или его объема в шашке при прочих равных условиях. При маскировке объекта частицами 3 мкм при расходе АОС 0,72 см³/м² вероятность маскировки равна 32 %, а частицами с радиусом 6 мкм и удвоенном расходе 1,44 см³/м² – 30,5 % соответственно. При сравнении маскировки частицами 4 и 8 мкм и аналогичных расходах вероятности маскировки равны 28 и 25 % соответственно (см. рисунок 3).

Таким образом, если шашки или ТДА генерируют размеры частиц с диаметром более 2 мкм, то необходимо оптимизировать режимы аэрозолеобразования, даже за счет уменьшения в них количества АОС (увеличение горючего состава), изменения расхода АОС в единицу времени и т. д. Увеличение эффективности маскировки при этом можно доказать расчетами по приведенному способу. Поэтому предложения по изменению режима дымопуска (два сопла у ТДА или вращающиеся устройства на горловине шашек для расширения начального разме-

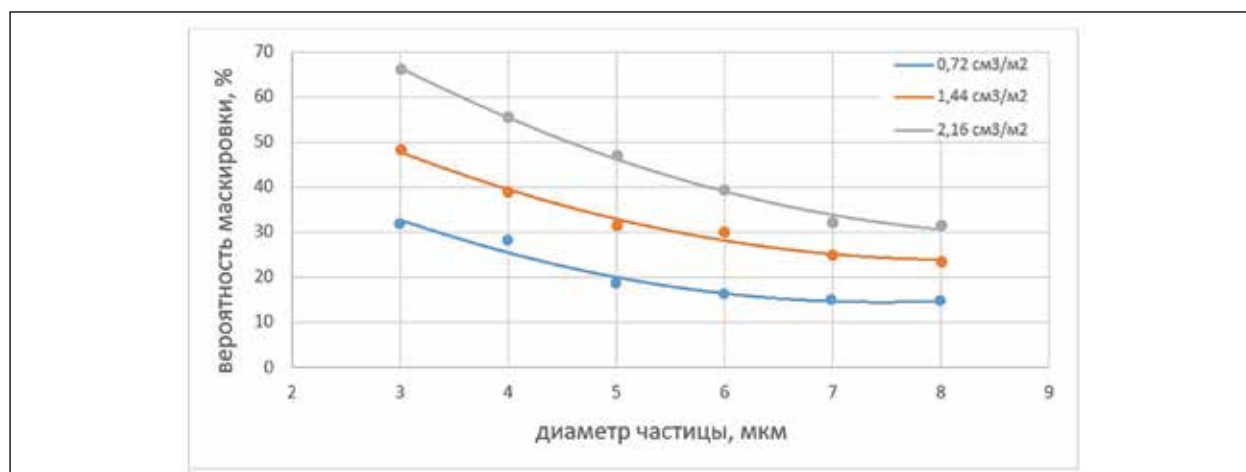


Рисунок 3 – Зависимость эффективности маскировки от размеров частиц и удельного расхода АОС (предложена авторами)

ра струи), оправданы лишь тогда, если они не повышают размер образуемых частиц. Но при оптимизации размера частиц возникает другая проблема в корректности определения их среднего размера. Прямые измерения этого параметра, наверное, затруднены, поэтому разработка непрямых (косвенных) методов и соответствующих устройств определения этого параметра является актуальной задачей.

Выводы

1. Разработан способ учета дисперсности аэрозоля на его маскирующую способность на основе случайного, равномерного распределения частиц аэрозоля в пространстве для определения доли экранируемой ими площади относительно электромагнитного излучения оптического диапазона.

2. При теоретической оценке эффективности маскировки (по длине не просматриваемой завесы или по площади маскировки) необходимо рассчитывать не только интегральную концентрацию аэрозоля по линии визирования объекта (в горизонтальной и вертикальных плоскостях, G , $\text{см}^3/\text{м}^2$ или $\text{г}/\text{м}^2$), но и учитывать дисперсность аэрозоля, поскольку при эквивалентных концентрациях аэрозоля она оказывает значительное влияние на эффективность маскировки при прочих равных условиях.

3. Дисперсность аэрозоля, формируемая средствами дымопуска (шашки, ТДА и т. д.), является необходимой составляющей ТТХ изделий, а также одним из требований к перспективным разработкам и разработкам средств аэрозольного противодействия.

Вклад авторов/Authors Contribution

К.Д.П. Постановка задачи написание статьи, приведение терминологии к требованиям руководящих документов / Setting the task for writing an article, bringing the terminology to the requirements of guidance documents

П.В.Н. Постановка задачи эксперимента, замысел эксперимента на ПЭВМ, разработка алгоритма расчета показателя эффективности маскировки объектов аэрозолями, написание текста статьи / Statement of the experimental problem, the concept of the experiment on a PC, development of an algorithm for calculating the efficiency indicator for masking objects with aerosols, writing an article

Г.М.А. Корректировка аннотации статьи, разработка иллюстративного материала, формулировка выводов / Annotation of the article, development of illustrative material, formulation of conclusions

Б.Д.Н. Участие в отладке расчетной программы на ЭВМ. Логистическая проверка результатов расчетов, их обобщение и представление в виде таблиц и рисунков / Participation in the debugging of the calculation program on the computer. Logistic verification of calculation results, their generalization and presentation in the form of tables and figures.

А.И.В. Разработка программы на языке PYTHON (Версия 3.7.3), выполнение всех расчетов, нахождение способов и приемов сокращения машинного времени решения задачи. Проверка корректности используемого датчика случайных равномерных чисел для моделирования процесса хаотичного распределения частиц аэрозоля в пространстве / Developing a program in the PYTHON language (Version 3.7.3), performing all calculations, finding ways and techniques to reduce the computer time for solving the problem. Checking the correctness of the used generator of random uniform numbers for modeling the process of chaotic distribution of aerosol particles in space.

Все авторы внесли существенный вклад в осуществление поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию до ее публикации / All authors made a significant contribution to the implementation of search and analytical work and preparation of the article, read and approved the final version before its publication.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют, что исследования проводились при отсутствии любых коммерческих или финансовых отношений, которые могли бы быть истолкованы как потенциальный конфликт интересов.

Сведения о рецензировании

Статья прошла открытое рецензирование двумя рецензентами, специалистами в данной области. Рецензии находятся в редакции журнала и в РИНЦе.

Список источников/References

1. Fries A., West C. Chemical Warfare. N.Y.: 1921.
2. Ванин И.В. Боевые дымы. ONTI. М.: 1935.
Vanin I.V. Battle smokes. Moscow. 1935 (in Russian).
3. Simon J., Hook R. World war I gas warfare tactics and equipment. Oxford: Osprey Publ., 2007.
4. Wictor Th. German assault troops of World War I. Organisation. Tactics. Weapons. Equipment. Orders of battle. Uniforms. Schiffer Military History, Atglen, PA.: 2012.
5. Глазков В.В. Оружие Великой войны. Гранаты, химическое оружие и огнеметы Российской армии. М. 2018.
Glazkov V.V. Weapons of the Great War. Grenades, chemical weapons and flamethrowers of the Russian army. Moscow. 2018 (in Russian).
6. Малинка А.Н., Анисимов А.В., Карташов А.К. Химическое обеспечение войск в годы Великой Отечественной войны // Вестник Костромского государственного университета. 2020. Т. 26, № 2. С. 77–82.
Malinka A. N., Anisimov A.V., Kartashov A.K. Chemical support of troops during the Great Patriotic War // Bulletin of the Kostroma State University. 2020. V. 26. No 2. P. 77–82 (in Russian).
7. Дмитриев Д.М., Якубов В.Е. Боевой опыт химических войск и химической службы в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг. Сборник примеров. М.: Воениздат, 1989. 232 с.
Dmitriev D.M., Yakubov V.E. Combat experience of chemical troops and chemical service in the Great Patriotic War of 1941–1945. Collection of examples. Moscow: Voenizdat, 1989. 232 p. (in Russian).
8. Скибинский Н.П., Осипенко В.Е. Развитие вооружения и организации химических войск в годы второй мировой войны. Учебное пособие. М.: ВАХЗ, 1994. 101 с.
Skibinsky N. P., Osipenko V. E. Development armaments and the organization of chemical troops in the years of the Second World War. Training manual. Moscow: VAKHZ. 1994. 101 p. (in Russian).
9. Красильников М.В., Петров Г.И. История химической службы и войск химической защиты Советской Армии. М.: ВАХЗ, 1958. 135 с.
Krasilnikov M.V., Petrov G.I. History of the chemical service and the chemical defense troops of the Soviet Army. Moscow: VAKHZ, 1958. 135 p. (in Russian).
10. Петров Г.И. Химическая служба Советской Армии в Великой отечественной войне. М.: ВАХЗ, 1948. 132 с.
Petrov G.I. Chemical service of the Soviet Army in the Great Patriotic War. Moscow: VAKHZ, 1948. 132 p. (in Russian).
11. Усиков А.В., Бурутин Г.А., Гаврилов В.А., Ташлыков С.Л. Военное искусство в локальных войнах и вооруженных конфликтах. М. 2008.
Usikov A.V., Burutin G.A., Gavrillov V.A., Tashlykov S.L. Military art in local wars and armed conflicts. Moscow. 2008 (in Russian).
12. Хурса В.Н., Егоров Т.Т. Совершенствование теории, практики и развития войск РХБ защиты. Сборник статей и докладов научно-практической конференции «Совершенствование теории и практики развития войск РХБ защиты». Кострома: ВАРХБЗ, 2019. С. 358–364.
Khursa V.N., Egorov T.T. Improving the theory, practice and development of the NBC protection troops. Collection of articles and reports of the scientific-practical conference «Improving the theory and practice of the development of the NBC protection troops». Kostroma: VARKhBZ, 2019, pp. 358–364.
13. Гребенникова И.В. Методы математической обработки экспериментальных данных. Учебно-методическое пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. 124 с.
Grebennikova I.V. Methods of mathematical processing of experimental data. Educational and methodical manual. Yekaterinburg: Ural State University Press, 2015. 124 p. (in Russian).

Об авторах

Федеральное государственное бюджетное учреждение «27 Научный центр» Министерства обороны Российской Федерации, 105005, г. Москва, Бригадирский переулок, д. 13.

Колесников Дмитрий Петрович. Заместитель начальника центра по научно-исследовательской работе, канд. техн. наук, доцент.

Пенязь Владимир Николаевич. Старший научный сотрудник, канд. техн. наук, почетный работник науки и техники РФ.

Голышев Максим Алексеевич. Заместитель начальника отдела, канд. хим. наук.

Буряк Дмитрий Николаевич. Начальник службы.

Артамонов Илья Валерьевич. Научный сотрудник.

Контактная информация для всех авторов: 27nc_1@mil.ru

Контактное лицо: Пенязь Владимир Николаевич, 27nc_1@mil.ru

Effect of Aerosol Dispersion on Its Masking Ability

D.P. Kolesnikov, V.N. Penyaz, M.A. Golyshev, D.N. Buryak, I.V. Artamonov

Federal State Budgetary Establishment «27 Scientific Centre» of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Brigadirsky lane 13, Moscow 105005, Russian Federation

Received 14 April 2021. Corrected version 20 July 2021. Accepted 23 September 2021

The improvement of camouflage of troops and objects is necessary in all types of military operations. Aerosol masking is an integral part of this task. The special jamming systems decrease the likelihood of the hit and the destruction of military units (their weapons and equipment) and personnel from enemy weapons. The *aim of this work* is to study the effect of aerosol dispersion on its masking ability. The fraction of the area screened by aerosols relative to the electromagnetic radiation of the optical range was determined on the basis of a random, equal distribution of aerosol particles in space. It has been established that when theoretically evaluating the effectiveness of camouflage (by the length of the blind area or by the area of camouflage), it is necessary to calculate not only the integral concentration of aerosol along the sightline of the object (in the horizontal and vertical planes, G, cm³/m² or g/m²), but also take into account the dispersion of the aerosol, since at equivalent aerosol concentrations it has a significant effect on the camouflage efficiency. The dispersion of the aerosol formed by means of smoke release (checkers, TDA, etc.) is a necessary component of the tactical and technical characteristics of products, as well as one of the requirements for promising developments and developments of aerosol countermeasures. The article presents the results of computer simulation of the random distribution of aerosol particles in space to assess its screening capacity relative to electromagnetic radiation in the optical range.

Keywords: *dispersion of masking aerosols (smoke particles); aerosol camouflage (use of camouflage smoke); means of aerosol camouflage; aerosol camouflage efficiency.*

For citation: *Kolesnikov D.P., Penyaz V.N., Golyshev M.A., Buryak D.N., Artamonov I.V. Effect of Aerosol Dispersion on Its Masking Ability // Journal of NBC Protection Corps. 2021. V. 5. No 3. P. 260–268. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2021-5-3-260-268>*

Conflict of interest statement

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationship that could be construed as a potential conflict of interest.

Peer review information

The article has been peer reviewed by two experts in the respective field. Peer reviews are available from the Editorial Board and from Russian Science Citation Index database.

References

See P. 266.

Authors

Federal State Budgetary Establishment «27 Scientific Centre» of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Brigadirsky lane 13, Moscow 105005, Russian Federation.

Kolesnikov Dmitry Petrovich. Deputy Head of the Centre. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Vladimir Nikolayevich Penyaz. Senior Researcher. Candidate of Technical Sciences. Honoured Science and Technology Worker of the Russian Federation.

Maksim Alekseyevich Golyshev. Deputy Head of the Department. Candidate of Chemical Science.

Dmitrij Nikolaevich Burjak. Head of Service.

Il'ja Valer'evich Artamonov. Researcher.

Contact information for all authors: 27nc_1@mil.ru

Contact person: Vladimir Nikolayevich Penyaz; 27nc_1@mil.ru