

МАСКИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА АЭРОЗОЛЬНЫХ ЗАВЕС

к.т.н. И.Н. Чепиль, к.в.н. И.А. Радченко, С.А. Писарев
(представил д.б.н., проф. В.Д. Зинченко)

В данной статье проведено исследование маскирующих свойств аэрозольных систем и оптических процессов, происходящих в аэрозолях, которые приводят к изменению условий видимости объектов.

Под маскирующими свойствами аэрозольных систем понимается их способность затруднять или полностью исключать обнаружение или сопровождение целей, наведение и самонаведение на них оружия и боеприпасов визуальными - оптическими и радиоэлектронными средствами [1].

Способность аэрозольного облака маскировать предметы и снижать эффективность высокоточного и лазерного оружия объясняется оптическими явлениями, происходящими в аэрозолях.

Рассеяние отдельной частицей определяется совокупностью одновременно протекающих на ней процессов преломления, отражения дифракции излучения. Вклад потоков в рассеяние излучения аэрозолями зависит от длины волны падающего излучения и размера частиц. Для размеров частиц больше длины волны падающего излучения в его рассеяние на частице основной вклад вносит отраженный и прошедший потоки, а для частиц с размерами, равными или меньшими длины волны падающего излучения, рассеяние определяется дифракцией. В аэрозолях, получаемых из штатных дымовых средств, основную роль играет дифракционное рассеяние.

Рассеяние излучения по частицам происходит во всех направлениях, но с разной интенсивностью. Угловое распределение интенсивности рассеянного излучения называют диафрагмой или индикатрисой рассеяния, форма которой зависит от отношения радиуса частиц к длине волны падающего излучения. За счет главенствующей роли дифракционного рассеяния в штатных аэрозолях индикатриса рассеяния вытянута вперед, т.е. интенсивность излучения рассеяния вперед больше, чем назад [2].

В зависимости от относительного положения наблюдателя, источника излучения и аэрозольного образования с его индикатрисой рассеяния определяется поток излучения, направленный в сторону наблюдателя, т.е. определяется яркость аэрозоля – одна из важнейших характеристик маскирующего аэрозоля.

В результате суммарного действия рассеяния и поглощения происходит ослабление потока излучения при прохождении через аэрозоль,

количественно определяемое по формуле [3, 4]:

$$\mathbf{P} = \mathbf{P}_0 e^{-\mu \ell} = \mathbf{P}_0 \tau, \quad (1)$$

где \mathbf{P} , \mathbf{P}_0 - соответственно поток излучения, входящего в аэрозоль, и выходящего из него, Вт; μ - показатель ослабления, м^{-1} ; ℓ - длина пути излучения в слое аэрозоля, м; τ - коэффициент пропускания.

Применение аэрозолей приводит к изменению условий видимости объектов. Обнаружение объектов происходит при превышении наблюдаемого относительного контраста яркости порогом контраста яркости чувствительности приемника.

При абсолютном превышении принимаемого сигнала над порогом чувствительности приемника излучения необходимо, чтобы выполнялись следующие условия:

$$\mathbf{K} = \frac{(\mathbf{L}_\Phi - \mathbf{L}_{об})}{\max(\mathbf{L}_\Phi - \mathbf{L}_{об})} > \varepsilon, \quad (2)$$

где \mathbf{K} - относительный контраст объекта и фона; \mathbf{L}_Φ , $\mathbf{L}_{об}$ - яркость фона и объекта соответственно; ε - порог контрастной чувствительности анализатора изображения;

$$\Phi_{пр} = \frac{S_{вх}}{\ell^2} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} I_{эц}(\lambda) \tau(\lambda) \eta_{опт}(\lambda) d\lambda > \Phi_{пор}, \quad (3)$$

где \mathbf{K} - относительный контраст объекта и фона; $S_{вх}$ - площадь входного зрачка приемника излучения; ℓ - расстояние от источника излучения до приемника; $I_{эц}(\lambda)$ - энергетическая сила излучения объекта; $\tau_a(\lambda)$ - коэффициент пропускания атмосферы; $\eta_{опт}(\lambda)$ - спектральный коэффициент полезного действия оптической системы приемника излучения; λ - длина волны излучения; $\Phi_{пор}$ - порог чувствительности приемника излучения.

При постановке аэрозольной завесы между объектом и наблюдателем изменяются условия видимости за счет ослабления и рассеивания излучения:

$$\mathbf{K}' = \frac{[\mathbf{L}_\Phi - \mathbf{L}_{об}]}{\max\{\mathbf{L}_\Phi \mathbf{L}_{об}\} + \frac{\mathbf{L}_{аз}}{\varepsilon_{аз}(\lambda)}}; \quad (4)$$

$$\Phi_{пр} = \frac{S_{вх}}{\ell^2} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} I_{эц}(\lambda) \tau_a(\lambda) \eta_{опт}(\lambda) \tau_{аз}(\lambda) d\lambda, \quad (5)$$

где \mathbf{K}' - относительный контраст объекта и фона при наблюдении через аэрозольную завесу; $\mathbf{L}_{аз}$ - яркость аэрозольной завесы; $\tau_{аз}(\lambda)$ - коэффициент пропускания аэрозоля; $\Phi_{пр}$ - величина принимаемого сигнала.

Маскировка объекта наступает при условии $K < \varepsilon$ или $\Phi_{пр} < \Phi_{пор}$.

Таким образом, маскирующие свойства аэрозолей характеризуются двумя параметрами: коэффициентом пропускания; яркостного аэрозольного образования.

Для оценки маршрутирующих свойств аэрозольных образований пользуются понятиями дальности видимости в аэрозоле; непросматриваемыми размерами аэрозольной завесы.

Дальность видимости в аэрозоле – это предельное расстояние между наблюдателем и объектом, находящимися в аэрозольной завесе, на котором можно обнаружить объекты. Чем лучше маскирующие свойства аэрозолей, тем меньше дальность видимости.

Размеры аэрозольной завесы, которые не просматриваются – значения координат межи визирования через аэрозольную завесу относительно источника аэрозоля, на которых обеспечивается маскировка объекта с заданной вероятностью.

Таким образом, маскирующие размеры аэрозольной завесы зависят от производительности источника аэрозольной завесы, метеоусловий, топографии (рельефа местности) характеристик маскирующего объекта и маскирующих свойств аэрозолей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грин Х., Лейн В. *Аэрозоли – пыли, дымы и туманы.* – Л.: Химия, 1972 – 318 с.
2. Гаргер Е.К. *Расчёт диффузных характеристик, поля концентрации невесомой примеси в приземном слое атмосферы // Труды ИЭМ.* – М.: Гидрометеоиздат. – 1984. – Вып. 29(103). – С. 54 - 69.
3. Волковицкий О.А., Бызова Н.Л., Гаргер Е.К. *Методика расчёта переноса и рассеяния дымовых облаков в приземном слое атмосферы.* – Обнинск : ИЭМ, 1978. – 23 с.
4. Мусьяков М.П., Миценко И.Д., Ванев Г.Г. *Проблемы ближней лазерной локации.* – М.: МГТУ им. Баумана, 2000. – 250 с.

Поступила 18.03.2002

Чепиль Игорь Николаевич, канд. техн. наук, ст. научн. сотрудник ХВУ. Окончил в 1978 г. Харьковский институт радиоэлектроники. Область научных интересов – моделирование процессов и систем.

Радченко Игорь Александрович, канд. воен. наук, преподаватель ХВУ. Окончил в 1992 г. Харьковское ВВКИУ РВ. Область научных интересов – исследование военных операций.

Писарев Сергей Анатольевич, преподаватель ХВУ. Окончил в 1995 г. Тамбовское ВВКУХЗ. Область научных интересов – моделирование процессов и систем.