

# Компьютерное моделирование в задаче обоснования пространственных характеристик аэрозольного прикрытия наземного объекта

Ю. Л. Козирацкий, email: UrLeo@bk.ru  
Д. В. Прохоров, email: dvp2201@rambler.ru  
И. О. Головин, email: 89529526250@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

***Аннотация.** Разработана компьютерная модель, позволяющая обосновывать пространственные характеристики аэрозольных образований и характеристики средств их постановки в интересах прикрытия наземного объекта от средств разведки, прицеливания и наведения оптического диапазона длин волн.*

***Ключевые слова:** компьютерная модель, аэрозольное образование, прикрытие объекта, пространственные характеристики.*

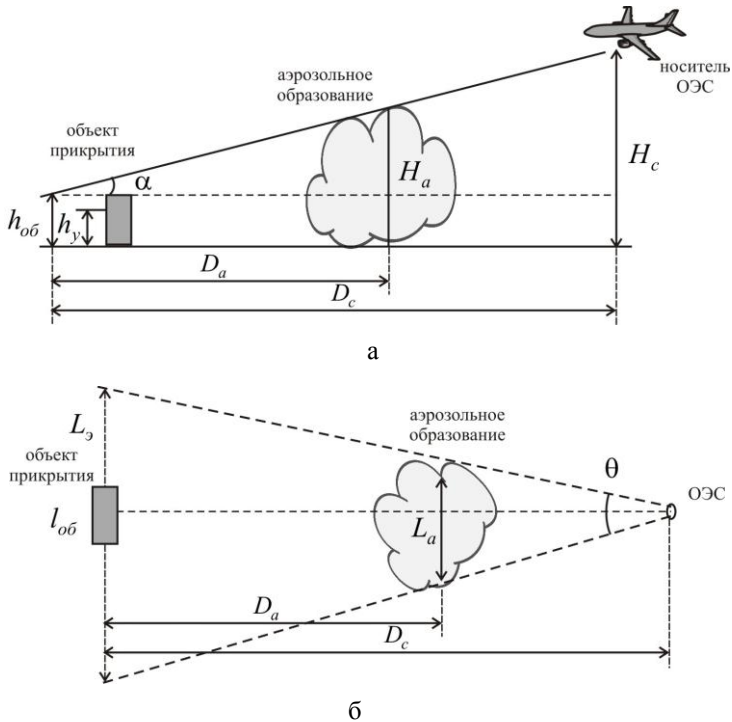
## Введение

Для прикрытия наземных объектов от средств разведки, прицеливания и наведения оптического диапазона длин волн широко применяются аэрозольные образования (АО) [1]. В интересах индивидуальной защиты объектов для постановки таких помех, как правило, используются специальные пусковые установки, размещаемые на самом прикрываемом объекте. При этом для различных условий функционирования объекта направления угрозы со стороны средств разведки и поражения могут варьироваться и определяться, в том числе, удалением и возможными носителями. Поэтому важным условием обеспечения эффективного аэрозольного прикрытия объекта будет являться формирование рациональных пространственных характеристик аэрозольных завес, обеспечивающих маскировку в большинстве типовых эпизодов функционирования объекта [2]. При решении данной задачи возникает необходимость учета множества взаимозависимых факторов, учет которых при проведении исследования может быть значительно упрощен путем использования компьютерного моделирования. Поэтому целью данной статьи являлась разработка компьютерной модели, позволяющей определять пространственные характеристики аэрозольных образований, а также характеристики средств их постановки в интересах прикрытия наземного объекта от

оптических и оптико-электронных средств (ОЭС) различного назначения.

### 1. Постановка задачи

Рассмотрим общий случай, когда высота носителя ОЭС превышает высоту аэрозольного образования  $H_c > H_a$ . Геометрия задачи в двух плоскостях представлена на рис. 1.



*а – в вертикальной плоскости, б – в горизонтальной плоскости*

Рис. 1. Геометрия задачи

Допустим, что высота прикрываемого объекта меньше высоты АО  $h_{об} < H_a$ . Пусковые установки могут быть размещены на объекте на определенной высоте  $h_y$ . В результате пуска аэрозольных гранат должно формироваться АО высотой  $H_a$  и шириной  $L_a$ ,

обеспечивающими перекрытие (экранирование) линии визирования «ОЭС – объект». Введем также коэффициенты перекрытия по азимуту  $k_a = L_o / l_{o\sigma}$  и углу места  $k_y = H_o / h_{o\sigma}$  с учетом необходимых для защиты размеров аэрозольного экрана  $H_o \times L_o$ .

Высота АО будет определяться дальностью постановки, высотой размещения и углом места оси ствола пусковой установки  $\alpha$ , характеристиками гранаты, начальной скоростью ее полета  $v_e$ . Связь перечисленных факторов с координатой подрыва аэрозольной гранаты по высоте может быть получена с использованием системы дифференциальных уравнений, описывающих баллистическую траекторию полета с учетом сопротивления воздуха.

## 2. Разработка компьютерной модели

В соответствии с поставленной задачей структуру взаимосвязанных модулей компьютерной модели определим в виде, представленном на рис. 2.

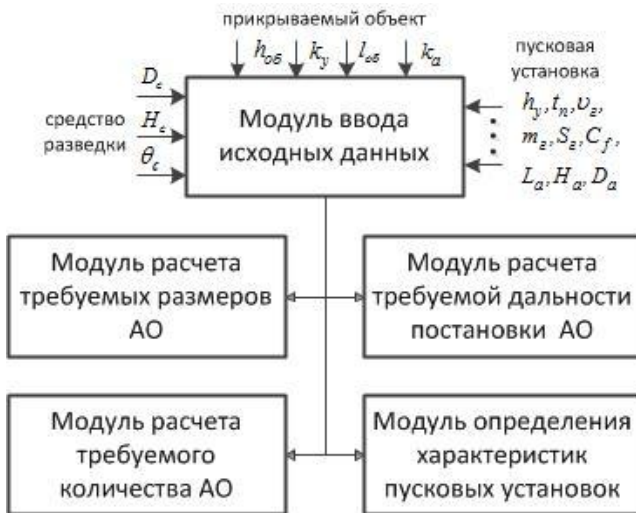


Рис. 2. Структура взаимосвязанных модулей компьютерной модели

В качестве исходных данных рассматриваются характеристики прикрываемого объекта, пусковой установки и пространственного положения средства разведки.

Модуль расчета требуемых размеров АО обеспечивает определение требуемых размеров аэрозольного облака при фиксированной требуемой дальности постановки АО в соответствии с выражениями

$$H_a = k_y h_{об} + \frac{D_a (H_c - k_y h_{об})}{D_c} \quad (1)$$

$$L_a = \frac{k_a l_{об} (D_c - D_a)}{D_c} \quad (2)$$

Модуль расчета требуемой дальности постановки АО обеспечивает определение требуемой дальности постановки АО при фиксированных размерах аэрозольного облака путем выбора наибольшего значения  $D_a$ , полученного в соответствии с выражениями

$$D_a = \frac{D_c (H_a - k_y h_{об})}{H_c - k_y h_{об}} \quad (3)$$

$$D_a = D_c \left( 1 - \frac{L_a}{k_a l_{об}} \right) \quad (\text{при } L_a < k_a l_{об}) \quad (4)$$

Модуль расчета требуемого количества АО обеспечивает расчет требуемого количества АО для прикрытия объекта с заданных углов визирования  $\theta_c$  или вкруговую при фиксированных требуемой дальности и размерах АО  $L_{amp}$

$$N_a = L_{amp} / L_a \quad (5)$$

Модуль определения характеристик пусковых установок обеспечивает расчеты характеристик пусковых установок при заданных пространственных характеристиках АО с использованием выражения зависимости высоты разрыва аэрозольной гранаты от времени

$$h_p(t) = h_y + v_z t \sin \alpha - \frac{C_f S_z \rho}{2 m_z} v_z^2 t^2 \sin \alpha - \frac{g t^2}{2} \quad (6)$$

где  $h_y$  – высота размещения пусковой установки на объекте;  $v_z$  – скорость отстрела аэрозольной гранаты;  $\alpha$  – угол отстрела;  $C_f$  – коэффициент лобового сопротивления формы гранаты (для шара 0,47);

$S_p$  – площадь поперечного сечения гранаты;  $\rho$  – плотность среды (для воздуха  $1,29 \text{ кг/м}^3$ );  $m_p$  – масса гранаты;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

Для заданных времени постановки АО  $t_n$ , требуемых дальности и размеров АО, а также характеристик аэрозольной гранаты и пусковой установки определяются искомые характеристики пусковой установки.

Рассмотренные модули были реализованы путем компьютерного моделирования в среде Delphi. Интерфейс разработанной программы исследования возможностей аэрозольного прикрытия наземного объекта представлен на рис. 3.

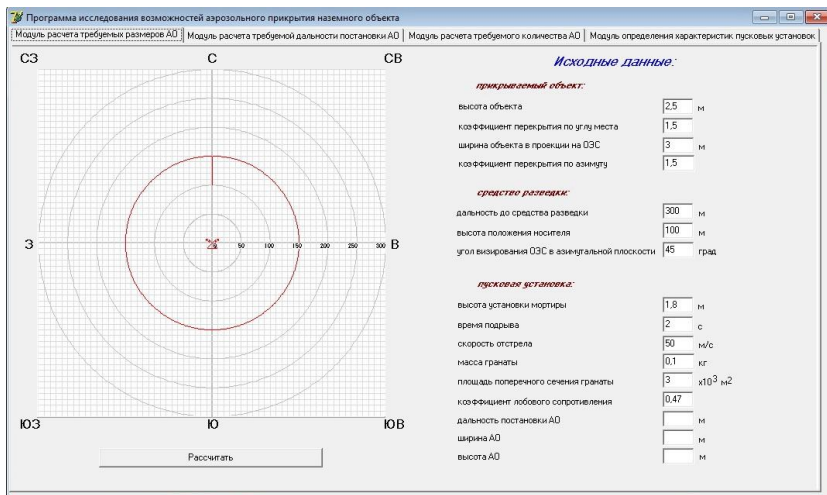


Рис. 3. Интерфейс программы

### Заключение

Таким образом, разработана компьютерная модель, позволяющая обосновывать пространственные характеристики аэрозольных образований и характеристики средств их постановки в интересах прикрытия наземного объекта от средств разведки, прицеливания и наведения оптического диапазона длин волн.

### Список литературы

1. Юхно П.М. Преднамеренные оптические помехи высокоточному оружию. – М.: Радиотехника, 2017. – 640 с.
2. Модели пространственного и частотного поиска: монография / Ю. Л. Козирацкий [и др.]; под ред. Ю. Л. Козирацкого. – М.: Радиотехника, 2013. – 344 с.