

## **Лекция № 18**

### **ТЕМА: ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ПОРАЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НКИ**

#### **18.1. Оценка вероятности поражения крупных объектов.**

При проектировании КСНО необходимо учитывать возможность его поражения от взрыва. В зависимости от расположения элементов КСНО на ТП и СП, а также от мощности возможного взрыва или серии взрывов вероятность поражения КСНО целесообразно определять либо с учетом эффекта накопления ущерба, либо без учета этого эффекта.

Зная закон поражения, можно, используя формулу Колмогорова, определить вероятность поражения КСНО, имеющего  $N$  взрывоопасных объектов:

$$P_{у.п.}^{КСНО} = \sum_{m=1}^N P_{m,N} \quad (18.1)$$

При условии, что взрывы отдельных объектов происходят независимо друг от друга, эта вероятность будет:

$$P_{m,N} = C_N^m P_1^m (1 - P_1)^{N-m} \quad (18.2)$$

Если системы наземного обеспечения располагаются на относительно небольшой территории и любой единичный взрыв приводит к выводу из строя всего КСНО, вероятность поражения комплекса, имеющего  $N$  взрывоопасных элементов:

$$P_{у.п.}^{КСНО} = 1 - (1 - P_1)^N \quad (18.3)$$

При нанесении удара противником вероятность появления взрыва на ТП или СП определяется как условная вероятность попадания на территорию расположения элементов КСНО боевого заряда. Если действительную поверхность расположения наземного комплекса аппроксимировать равновеликим прямоугольником со сторонами  $L_X$  и  $L_Y$ , то эта вероятность выражается с помощью табличной функции Лапласа:

$$P_1 = \frac{1}{4} \Phi\left(\frac{L_X}{2E_X}\right) \Phi\left(\frac{L_Y}{2E_Y}\right) \quad (18.4)$$

Функция Лапласа есть выражение вида:

$$\Phi(X) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^X e^{-t^2} dt \quad (18.5)$$

## 18.2. Вероятность поражения малоразмерных объектов.

При определении условной вероятности поражения КСНО зарядами большой мощности часто КСНО может рассматриваться как "точечный" объект, поскольку его линейный не больше  $0,2$  радиуса поражения взрыва.

Вероятность поражения такого малоразмерного объекта определяется, как вероятность его накрытия зоной сплошного поражения, размеры которой определяются мощностью и местом взрыва, а также элементов КСНО и точкой возможного взрыва. Обычно ошибки пусков ЛА подчиняются нормальному закону распределения и рассеивание считается круговым. В этом случае условная вероятность поражения (для кругового ступенчатого

законa поражения  $G(R) = \begin{pmatrix} 1 & r_{об} \leq r_k \\ 0 & r_{об} \gg r_k \end{pmatrix}$  равна вероятности попадания в круг

радиусом  $r_k$ , равным радиусу сплошного поражения от действия взрыва:

$$P_{У.П.}^{КСНО} = 1 - \exp\left(-\frac{1}{\sqrt{2}} \frac{r_k^2}{E^2}\right), \quad (18.6)$$

Радиус зоны сплошного поражения  $r_k$  определяется как максимальное горизонтальное удаление цели от эпицентра взрыва, на котором объект может быть безусловно поражен действием ударной волны. Считаем, что

$$K_k = Q_T \sqrt[3]{\quad}, \quad (18.7)$$

Анализ известных зависимостей показывает, что избыточное давление во фронте ударной волны  $\Delta p$  (единица измерения — бар), создаваемое при наземном взрыве на расстоянии  $r$  км от точки взрыва тротиловым эквивалентом в  $Q$  Мт, может быть определено, в частности, по следующей эмпирической формуле:

$$\Delta p \approx 3,2 \frac{Q}{r^3} + 7,0 \left( \frac{Q}{r^3} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (18.8)$$

Решения квадратного уравнения относительно  $T$  будем иметь:

$$r = \sqrt[3]{\frac{Q}{\varphi(\Delta p)}}, \quad (18.9)$$

$$\text{где } \varphi(\Delta p) = 2,4 \left| 1 - (1 - 0,26\Delta p)^{\frac{1}{2}} - 0,13\Delta p \right|.$$

Подставляя в эту формулу минимальное избыточное давление  $\Delta p_{\min}$ , приводящее к разрушению объекта, получаем радиус зоны сплошного поражения

$$r_k = \sqrt[3]{\frac{Q}{\varphi(\Delta p_{\min})}}, \quad (18.10)$$

где  $\sqrt[3]{1/\varphi(\Delta p_{\min})} = K_{II}$  — коэффициент “живучести” объекта.

Тогда условная вероятность поражения КСНО (18.6) будет определяться как:

$$P_{У.П.}^{КСНО} = 1 - \exp \left[ -\frac{Q^{2/3}}{E^2 [\varphi(\Delta p_{\min})]^{2/3}} \right] \quad (18.11)$$

При условии, что производится  $N$  независимых пусков, условная вероятность поражения КСНО будет

$$P_{у.п.}^{КСНО} = 1 - \exp \left[ \frac{NQ^{2/3}}{E^2 [\varphi(\Delta p_{\min})]^{2/3}} \right]. \quad (18.12)$$

Из четырех величин, входящих в зависимость (18.12), три ( $N$ ,  $Q$  и  $E$ ) представляют собой характеристики ЛА и головных частей и одна  $\Delta p_{\min}$  — характеристику степени защищенности КСНО от воздействия ударной волны.

Для современных ШПУ максимально допустимое избыточное давление составляет около 7,0 МПа, а для сверхзащищенных ШПУ эта величина доведена до 42,0 МПа.

Следовательно, зона существенного поражения ШПУ от наземного взрыва ограничена размерами образовавшейся воронки и навала грунта, выброшенного на поверхность из этой воронки.

Радиус воронки при наземном взрыве зависит в основном от мощности заряда и свойств грунта и определяется по формуле:

$$R_B^{H_0} = 19,5 \cdot \sqrt[3]{Q} , \quad (18.13)$$

Глубина образовавшейся воронки будет составлять

$$h_B^{H_0} = 9 \sqrt[3]{Q} , \quad (18.14)$$

где  $h_B^{H_0}$  — глубина воронки, м;  $Q$  — мощность заряда, кг.

### 18.3. Сравнительный анализ эффективностей выживания различных объектов.

Радиус воронки при взрыве зависит как от мощности заряда, так и от глубины, на которой он произошел.

Получена эмпирическая зависимость между радиусом видимой воронки, глубиной взрыва и мощностью:

$$R_B^{\Pi} = \left[ 50 \pm (\pi - 0,068) \frac{H}{Q^{0,3}} \right] Q^{0,3}, \quad (18.15)$$

Из этой формулы видно, что максимальный радиус видимой воронки будет определяться по формуле

$$R_B^{\max} = 50Q^{0,3}, \quad (18.16)$$

$$\pi - 0,068 \frac{Y}{Q^{0,3}} = 0. \quad (18.17)$$

Выражение (18.17) позволяет определить оптимальную глубину взрыва, т. е. глубину, на которой необходимо взорвать заряд, чтобы получить максимальный радиус видимой воронки:

$$H_{opt} = \frac{\pi}{0,068} Q^{0,3} \approx 46 Q^{0,3}, \quad (18.18)$$

Для определения минимальной глубины взрыва, когда радиус видимой воронки равен нулю, т. е. когда на поверхности нет воронки (камуфлетный взрыв), воспользуемся формулой (18.15) (со знаком «+»), положив  $R_B^{II} = 0$ .

Имеем:

$$H_K = \frac{\pi + \sqrt[3]{50}}{0,068} Q^{0,3}. \quad (18.19)$$

Сравним вероятности выживания ПШТУ.

Для наземного взрыва условная вероятность поражения ПШТУ

$$(P_{У.П.}^{КСНО})_{H_0} = 1 - \exp \left[ -\frac{(19,5\sqrt[3]{Q})^2}{\sqrt{2}E^2} \right] \quad (18.20)$$

Для взрыва на оптимальной глубине эта величина определяется по формуле

$$(P_{У.П.}^{КСНО})_{H_{opt}} = 1 - \exp \left[ -\frac{(50\sqrt[3]{Q})^2}{\sqrt{2}E^2} \right] \quad (18.21)$$

Вероятность “выживания” — это величина, противоположная условной вероятности поражения ПШТУ ( $q=1-P$ ). Для наземного взрыва она будет

$$q^{H_0} = \exp \left[ -\frac{(19,5\sqrt[3]{Q})^2}{\sqrt{2}E^2} \right], \quad (18.22)$$

а для взрыва боевой части на оптимальной глубине

$$q^{H_{opt}} = \exp \left[ -\frac{(50\sqrt[3]{Q})^2}{\sqrt{2}E^2} \right]. \quad (18.23)$$

Возьмем отношение этих величин:

$$\frac{q^{H_0}}{q^{H_{opt}}} = \exp \left[ \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{(30,5\sqrt[3]{Q})^2}{E} \right]. \quad (18.24)$$