

# Математическая модель разлета осколков при разрушении сосуда под давлением

## 1. Начальная скорость осколков

Начальная скорость осколков определяется на основе закона сохранения энергии, где кинетическая энергия осколков образуется за счет потенциальной энергии сжатого газа. Для цилиндрического и сферического сосудов используются различные коэффициенты преобразования энергии:

**Цилиндрический сосуд:**

$$U_0 = 0.37 \sqrt{\frac{P_0 V_0}{M_{об}}}$$

**Сферический сосуд:**

$$U_0 = 0.35 \sqrt{\frac{P_0 V_0}{M_{об}}}$$

где: -  $U_0$  - начальная скорость осколков [м/с] -  $P_0$  - избыточное давление [Па] -  $V_0$  - объем сосуда [м<sup>3</sup>] -  $M_{об}$  - масса оболочки [кг]

Коэффициенты 0.37 и 0.35 получены экспериментальным путем и учитывают потери энергии при разрушении [1].

## 2. Эффективная энергия взрыва

Эффективная энергия взрыва определяется как:

$$E_{эфф} = 0.6 P_0 V_0$$

Коэффициент 0.6 учитывает потери энергии на деформацию оболочки и другие необратимые процессы [2].

## 3. Параметры движения осколка

**Приведенный коэффициент сопротивления:**

$$A = \frac{C_x S_m \rho_v}{2 m_{оск}}$$

где: -  $C_x$  - коэффициент лобового сопротивления -  $S_m$  - площадь минимального сечения [м<sup>2</sup>] -  $\rho_v$  - плотность воздуха [кг/м<sup>3</sup>] -  $m_{оск}$  - масса осколка [кг]

#### Параметр W:

$$W = \frac{A U_0^2}{2g} k$$

где: -  $g$  - ускорение свободного падения [м/с<sup>2</sup>] -  $k$  - корректирующий коэффициент (0.1)

#### 4. Максимальная дальность разлета

Максимальная дальность разлета определяется в зависимости от параметра W:

$$\text{При } W < 4.6: R_{max} = \frac{U_0^2}{2g} e^{-0.45 W}$$

$$\text{При } W \geq 4.6: R_{max} = 0.13 \frac{U_0^2}{2g}$$

#### 5. Вероятность поражения

Вероятность поражения определяется с использованием бета-распределения:

$$P = \frac{dS \cdot f(r)}{2\pi R} \left( 1 - (1 - P_1)^n \right)$$

где: -  $dS$  - площадь поражения [м<sup>2</sup>] -  $f(r)$  - плотность бета-распределения -  $R$  - расстояние от центра взрыва [м] -  $n$  - количество осколков -  $P_1$  - вероятность поражения одним осколком

#### Источники

1. Бесчастнов М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение. - М.: Химия, 1991.
2. Baker W.E., et al. Explosion Hazards and Evaluation. - Elsevier, 1983.
3. ГОСТ Р 12.3.047-2012 Пожарная безопасность технологических процессов.

Примечание: Приведенные коэффициенты и формулы являются обобщением экспериментальных данных и могут требовать уточнения для конкретных условий применения.