

Занятие 6.2. Оценка последствий взрыва

Учебные вопросы:

- 1. Общая характеристика задач оценки последствий взрыва*
- 2. Основные расчетные зависимости, используемые при решении задач*
- 3. Оценка параметров взрыва конденсированных взрывчатых веществ*
- 4. Оценка параметров взрыва газозоодушных смесей*
- 5. Оценка степени повреждения зданий в условиях городской застройки*
- 6. Определение безопасных расстояний при взрывах*

1. Общая характеристика задач оценки последствий взрыва

В ходе расчетов , позволяющих определять значения параметров, характеризующих взрывы используются следующие показатели:

вид и количество взрывчатого вещества (ВВ);

условия взрыва;

расстояние от места взрыва до места оценки его последствий;

параметры ударной волны;

степень повреждения (разрушения) зданий, сооружений, техники или степень поражения людей.

К условиям взрыва относятся: место взрыва (воздушный, наземный или заглубленный взрыв), наличие преград, отражающих ударную волну .

Возможны две группы расчетов:

задачи прогнозирования последствий взрыва по заданному количеству ВВ;

задачи определения количества ВВ по заданным последствиям взрыва.

1. Общая характеристика задач оценки последствий взрыва (продолжение)

В задачах прогнозирования в результате расчетов должно быть определено:

значение параметров ударной волны (или других поражающих факторов) *на заданном расстоянии от места взрыва* (прямая задача),

или *расстояние от места взрыва, на котором параметры ударной волны будут иметь заданное значение* (обратная задача).

Задачи определения исходных характеристик ВВ по результатам взрыва обычно приходится решать при расследовании и анализе причин аварийных взрывов. В этих задачах известны условия взрыва, место взрыва и степень разрушений по мере удаления от его эпицентра. В результате решения должно быть определено *количество взорвавшегося вещества*.

2.1. Тротиловый эквивалент массы ВВ

Важнейшей характеристикой взрыва является суммарное энерговыделение, которое называется *энергетическим потенциалом* и обозначается $m_{тнт}$, который равен произведению массы конденсированного или газообразного ВВ ($m_{вв}$) на ($k_{вв тнт}$) коэффициент приведения к тротилу этого вещества:

$$m_{тнт} = k_{вв тнт} \cdot m_{вв}.$$

Для этих ВВ $k_{вв тнт}$ – отношение теплоты сгорания одного килограмма вещества к теплоте сгорания 1 кг тротила:

$$k_{вв тнт} = Q_{вв} / Q_{тнт}, \quad (1)$$

где $k_{вв тнт}$ - коэффициент приведения к тротилу данного ВВ,

$Q_{вв}$ - удельная теплота сгорания данного ВВ, кДж/кг,

$Q_{тнт}$ - удельная теплота сгорания тротила, $Q_{тнт} = 4520$ кДж/кг.

2.1. Тротиловый эквивалент массы конденсированного ВВ (продолжение 1)

Значения коэффициента $k_{\text{вв тнт}}$ приведения взрывчатого вещества к тротилу

ВВ	Тротил	Тритонал	Гексоген	ТЭ Н	Аммонал	Порох	ТНРС	Тетрил
$k_{\text{вв тнт}}$	1.0	1.53	1.30	1.39	0.99	0.66	0.39	1.15

Выражение (1) составлено для взрыва, при котором ударная волна распространяется во все стороны от точки взрыва беспрепятственно, т.е. **в виде сферы**. На практике взрыв происходит на некоторой поверхности, например, на земле. При этом ударная волна распространяется в воздухе **в виде полусферы**.

Для взрыва на не абсолютно твердой поверхности, например, на грунте, часть энергии расходуется на образование воронки. Учет этого расхода выполняется с помощью коэффициента η , значения которого приведены в следующей таблице.

Поверхность	Металл	Бетон	Асфальт	Дерево	Грунт
η	1.0	0.95	0.9	0.8	0.6

$$m_{\text{тнт}} = 2\eta \cdot k_{\text{вв тнт}} \cdot m_{\text{вв}} \quad (2).$$

2.1. Тротильный эквивалент массы газообразного ВВ (продолжение 2)

Тротильный эквивалент ГВС определяется в предположении, что энергия взрыва полусферического облака полностью отражена поверхностью, над которой это облако образовалось, т.е. $\eta = 1$ и поэтому

$$m_{тнт} = 2 K_{вв тнт} \cdot m_{вв}$$

Значение $m_{вв}$ определяется соотношением $m_{вв} = \delta m_{хр}$,

где: $m_{хр}$ - масса вещества, находившегося в хранилище до аварии,

δ - коэффициент, зависящий от способа хранения вещества, показывающий долю вещества, переходящую при аварии в газ:

$\delta=1$ - для газов при атмосферном давлении,

$\delta=0.5$ - для сжиженных газов, хранящихся под давлением,

$\delta=0.1$ - для сжиженных газов, хранящихся изотермически,

$\delta=0.02-0.07$ - для растекшихся ЛВЖ.

2.1. Тротиловый эквивалент массы газообразного ВВ (продолжение 3)

Объем газового облака V_0 и радиус полусферы газового облака r_0 зависят от количества исходного вещества, находившегося в хранилище до аварии, и способа его хранения

$$V_0 = \frac{V_a \cdot \delta \cdot m_{\text{хр}}}{\mu \cdot c_{\text{стх}}}, \text{ м}^3; \quad r_0 = \sqrt[3]{\frac{3V_a \cdot \delta \cdot m_{\text{хр}}}{2\pi\mu c_{\text{стх}}}}, \text{ м};$$

где: V_a - объем киломоля идеального газа (постоянная Авогадро: $V_a = 22.4$ куб.м./кмоль);

μ - молярная масса хранящегося вещества (кг/кмоль);

$c_{\text{стх}}$ - стехиометрическая объемная концентрация (в абсолютных долях).

Приближенно для наиболее часто используемых углеводородов можно пользоваться при расчетах формулой :

где: $m_{\text{хр}}$ - количество вещества, находившегося в хранилище до аварии, кг;
 $r_0 = 1,85 \sqrt[3]{0,6 m_{\text{хр}}}$, м;
0,6 - коэффициент, учитывающий способ хранения.

2.2. Закон подобия при взрывах

Значения параметров ударной волны для взрыва некоторой мощности можно пересчитать для взрывов других мощностей, пользуясь выражениями **закона подобия кубического корня**:

$$R_2 = R_1 \sqrt[3]{M_{\text{ТНТ}2} / M_{\text{ТНТ}1}},$$

где: R_2, R_1 - расстояния от центров двух взрывов до некоторых точек 1 и 2, в которых параметры ударной волны этих взрывов равны между собой;

$M_{\text{ТНТ}2}, M_{\text{ТНТ}1}$ - эквиваленты масс, приведенные к тротилу.

Это выражение можно представить в виде:

Величина $R \sqrt[3]{M_{\text{ТНТ}}} = R_2 / \sqrt[3]{M_{\text{ТНТ}2}} = R_1 / \sqrt[3]{M_{\text{ТНТ}1}} = R / \sqrt[3]{M_{\text{ТНТ}}} = \check{R}$ называется приведенным радиусом взрыва и широко используется в различных расчетных соотношениях для определения параметров ударной волны взрыва.

2.3. Оценка параметров ударной волны при взрыве конденсированных ВВ

Давление ΔP для свободно распространяющейся сферической воздушной ударной волны убывает по мере удаления от места взрыва. Поэтому расчет его значений обычно проводится на основании соотношений, в которых давление является функцией двух аргументов - массы ВВ и расстояния от места взрыва.

$$\Delta P_{\phi} = \frac{84}{\check{R}} + \frac{270}{\check{R}^2} + \frac{700}{\check{R}^3} \quad (5).$$

При необходимости решать обратную задачу, т.е. определять расстояние от места взрыва по заданному значению ΔP_{ϕ} , можно либо решать уравнение третьей степени (5) относительно \bar{R} , либо воспользоваться соотношением:

$$\check{R} = \sqrt[3]{\left[1 + \frac{337}{\Delta P_{\phi}}\right] - 1}$$

2.4. Оценка параметров ударной волны при взрыве газоздушных смесей

Максимальное избыточное давление во фронте ударной волны (кПа):

$$\Delta P_{\phi} = P_0 \sqrt{P}; \quad \log P = 0,65 - 2,18 \log \check{R} + 0,52 (\log \check{R})^2,$$

где P_0 - атмосферное давление, равное 100 кПа.

Приближенная оценка параметров взрывной волны за пределами облака может быть проведена по таблице, в которой представлены значения избыточного давления ΔP_{ϕ} и эффективного времени действия фазы сжатия Θ , заранее рассчитанные для различных значений R/r_0 . Значения параметров, указанных в таблице, получены исходя из давления внутри газового облака 1700 кПа.