

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

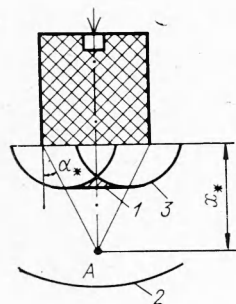
УДК 662.4

**К ВОПРОСУ О ДИСТАНЦИОННОМ ИНИЦИИРОВАНИИ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ
ЧЕРЕЗ ПЛОТНУЮ СРЕДУ**

*В. А. Ариничев, В. А. Попова, А. Г. Рябинин
(Ленинград)*

Иницирование взрывчатых веществ через плотную среду осуществляется посредством ударной волны. Взрыв заряда, находящегося в поверхностном контакте со средой, сопровождается образованием сложной по структуре ударной волны вследствие взаимодействия прямой и дифракционной волн, а также отклонением закона распространения этих волн от линейного. Если же активный и пассивный заряды заключены в оболочку, то при расчете дистанции иницирования необходимо учитывать преломление ударной волны из одной среды в другую.

Если цилиндрический заряд соприкасается со средой плоскостью основания (см. рисунок), то первоначальную ударную волну в среде можно считать плоской, окантованной кольцевой дифракционной волной разрежения. По мере продвижения этих волн в глубь среды происходит смыкание дифракционных волн, и плоская волна переходит по форме и законам распространения в сферическую.



Переход плоской волны в сферическую.

1 — фронт плоской волны; 2 — фронт сферической волны; 3 — дифракционная волна; А — точка исчезновения плоской волны.

Согласно [1], давление во фронте сферической ударной волны в плотных средах вблизи заряда затухает по закону $p = \frac{p_0}{r^{2-\alpha}}$, причем $\alpha = \frac{\sigma}{1-\sigma}$, где σ — коэффициент Пуассона

среды. Согласно [2], параметры плоской ударной волны в металлах (алюминии) вблизи заряда подчиняются закону Крюссара $p = \frac{p_0}{\sqrt{r}}$, причем можно считать $r = 1 + \frac{x}{l}$ (x —

координата, отсчитываемая от поверхности плоского заряда, l — линейный размер заряда, p_0 — начальное давление в волне). Некоторые значения p_0 [кг/см²] для различных ВВ и металлов, вычисленные по известной схеме [3], приведены в табл. 1.

Расстояние от поверхности заряда, на котором происходит смыкание дифракционных волн и исчезновение плоской волны, может быть оценено по теории нелинейного взаимодействия волн разрежения с ударными волнами.

Согласно [4], угол сближения волн $\alpha_* = \sqrt{\frac{n+1}{2} \cdot \frac{p_\Phi}{E}}$, где p_Φ — давление во фронте ударной волны, E — модуль Юнга среды. Тогда критическое значение $x = x_*$, на котором произойдет смыкание фронтов, может быть оценено по формуле $x_* = \frac{d}{2 \operatorname{tg} \alpha_*}$, где d — диаметр основания заряда. Некоторые значения x_*/d представлены в табл. 2.

Приравняв давления в сферической и плоской ударных волнах в точке x_* , можно осуществить склеивание решений и тем самым построить поле давлений в среде между активным и пассивным зарядами. Значение p_0 для сферической волны находится из уравнения

Таблица 1

ВВ	Металл		
	сталь	медь	алюминий
Тротил	207000	176000	154000
Тротил	310000	264000	230000
Флегматизированный гексоген .	405000	356000	285000

$$\frac{p_0}{\sqrt{1 + \frac{x_*}{l}}} = \frac{p_a}{\left(1 + \frac{x_*}{l}\right)^{2-\alpha}}$$

откуда

$$p_a = p_0 \left(1 + \frac{d}{2l \operatorname{tg} \alpha_*}\right)^{\frac{3}{2}-\alpha}$$

Если толщина преграды, разделяющей активный и пассивный заряды, $\delta < x_*$, то при заданном давлении инициирования p_* предельная толщина слоя $\delta_{\text{пр}}$ будет определяться соотношением

$$\delta_{\text{пр}} = l \left[\eta^2 \left(\frac{p_0}{p_*} \right)^2 - 1 \right], \quad (1)$$

где $\eta = 1 + \frac{\rho_0 a_0 - \rho_1 a_1}{\rho_0 a_0 + \rho_1 a_1}$ — коэффициент преломления ударной волны из преграды в пассивный заряд (ρ, a — плотность и скорость звука в соответствующей среде). Значения η для случаев преломления из металла и оргстекла в ВВ приведены в табл. 3.

Таблица 2

ВВ	Металл		
	сталь	медь	алюминий
Тротил . . .	0,890	0,730	0,550
Тротил . . .	0,694	0,544	0,390
Гексоген . . .	0,580	0,440	0,310

Таблица 3

Материал среды	ВВ		
	тротил	гексоген	тэн
Сталь	0,134	0,172	0,195
Медь	0,173	0,216	0,248
Алюминий . .	0,484	0,616	0,476
Оргстекло . .	0,910	1,035	0,954

Если же толщина преграды $\delta > x_*$, то дистанция инициирования с учетом склеивания решений запишется

$$\delta_{\text{пр}} = l \left[\eta^{2-\alpha} \left(\frac{p_a}{p_*} \right)^{\frac{1}{2-\alpha}} - 1 \right] = l \left[\eta^{2-\alpha} \left(\frac{p_0}{p_*} \right)^{\frac{1}{2-\alpha}} \left(1 + \frac{x_*}{l} \right)^{\frac{1.5-\alpha}{2-\alpha}} - 1 \right]. \quad (2)$$

В табл. 4. дано сопоставление расчетных и опытных значений дистанции инициирования ВВ через различные среды, принимая под l радиус основания активного заряда $d/2$. При этом предполагается, что высота активного заряда достаточна для развития устойчивой детонации. В приведенных опытных данных высота заряда в три раза превышала его диаметр. Значения p_* приведены в работе [6].

Таблица 4

Активный заряд	$d, \text{ мм}$	Материал среды	Пассивный заряд	$\delta, \text{ мм}$ (опыт)	$\delta, \text{ мм}$ (расчет)	Литература
Тэн	20	Алюминий	ТНТ	29	31	[5]
	20	Свинец	»	23	21	[5]
	20	Вода	»	29		[5]
ТНТ	21	»	Тэн	18	22	[5]
	23	»	ТНТ	25		[3]
Гексоген (флегматизированный)	23	Сталь	»	15	19	[3]

В заключение отметим, что данная схема расчета может быть использована для изучения инициирования заряда через многослойную среду.

Поступила в редакцию
3/VII 1973

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. С. Медведева, Е. И. Шемякин. ПМТФ, 1961, 6.
2. П. А. Веклич. Механика твердого тела, 1968, 2.
3. Ф. А. Баум, К. П. Станюкович, Б. И. Шехтер. Физика взрыва. М., Физматгиз, 1964.
4. А. А. Гриб, А. Г. Рябинин, С. А. Христианович. ПММ, 1956, XX, 4.
5. К. Юхансон, П. Персон. Детонация взрывчатых веществ. М., «Мир», 1973.
6. А. Ф. Беляев, В. К. Боболев и др. Переход горения конденсированных систем во взрыв. М., «Наука», 1973.

УДК 534.222.2

О ВЛИЯНИИ ИНЕРТНЫХ ПРИМЕСЕЙ НА ДЕТОНАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ИГДАНИТА

А. А. Вовк, В. В. Гнутов, В. И. Плужник, П. А. Паршуков

(Киев)

В работах [1, 2] было исследовано влияние инертных порошков на критический диаметр, скорость детонации и другие параметры вторичных взрывчатых веществ (ВВ).

Считается, что решающее влияние на чувствительность ВВ к механическим воздействиям оказывает температура плавления частиц примеси, а не их твердость. Сенсибилизирующими свойствами обладают лишь примеси (независимо от их твердости), точки плавления которых выше критической температуры, необходимой для возбуждения взрыва в «горячих точках».

В соответствии с этими эффективными наполнителями для аммиачной селитры, которая имеет критическую температуру «горячих точек» (с радиусом 10^{-3} — 10^{-4} см) порядка 600—800° С, являются добавки с температурой плавления около 800° С.

Рассматривая механизм сенсибилизирующего действия некоторых инертных добавок, авторы работы [3] рекомендуют подбирать добавки, плотность которых была бы больше, чем плотность ВВ. В этом случае при обтекании частиц наполнителя частицами ВВ возникает локальный разогрев за счет трения. Необходимо отметить, что указанные исследования проводились, как правило, на ВВ повышенной мощности и плотности. Вопрос о том, какой из физических факторов наполнителя является определяющим, остается дискуссионным.

В настоящей статье сделана попытка экспериментально оценить влияние некоторых физических свойств и параметров примесей на процесс детонации игданита и проверить изложенные выше предположения.

В качестве инертных примесей применялись гранитные отсеvy крупностью 0,5—2 мм, близкой к размерам гранул аммиачной селитры (АС), тонкие порошки гранита и электрокорунда крупностью менее 0,5 мм. В качестве жидкого наполнителя исследовался насыщенный раствор аммиачной селитры. Температура плавления использованных добавок: гранитный отсев — 1000° С, электрокорунд — 2050° С. В контрольных опытах использовался игданит состава АС/ДТ-94,5/5,5. Влажность товарной селитры колебалась в пределах 0,3—0,5%.

Заряды длиной 0,8—1,0 м закладывались в полиэтиленовые рукава диаметром 140 мм, при котором в контрольных опытах не зарегистрировано затухание детонации¹. Плотность заряжения составляла 0,8—0,9 г/см³. При использовании в качестве наполнителя раствора АС плотность увеличивалась до 1,1 г/см³. Иницирование производилось тротиловой шашкой Т-400, погруженной на 7—10 см в заряд. Заряд игданита укреплялся на вертикальной деревянной рейке в 20 м от регистратора, расположенного в бункере. Скорость детонации измерялась с помощью сверхскоростного фоторегистратора СФР-2 М. Ось заряда совпадала с вертикальной осью зеркала камеры.

Рашифровка полученных регистрограмм дала возможность построить зависимость скорости детонации игданита от процентного содержания примесей (см. рисунок). Введем критерий эффективности действия наполнителя $z = D_{\max}/D_0$, где D_0 — скорость детонации контрольного заряда игданита, D_{\max} — максимальная скорость

¹ Под затуханием подразумевается обрыв детонации на участке заряда.