

**К ВОПРОСУ О ЗАВИСИМОСТИ ВЕЛИЧИНЫ ХИМИЧЕСКИХ
ПОТЕРЬ ОТ РАЗМЕРОВ ЗАРЯДА**

Г. Г. Ремпель
(Москва)

При детонации ВВ имеют место так называемые химические потери, возникающие в результате разброса непрореагировавшего или не полностью прореагировавшего вещества из зоны реакции. Эти потери уменьшают скорость детонационной волны вследствие уменьшения давления в зоне реакции и на ударном фронте и уменьшают механическое действие взрыва.

Величины потерь, уменьшающие скорость детонации, и величины потерь, уменьшающие механическое действие взрыва, могут быть различными, так как при расширении ПВ может происходить их дореагирование. В результате этого потери, влияющие на механическое действие взрыва, могут быть меньше потерь, влияющих на скорость детонации.

В настоящей статье рассматриваются именно эти «интегральные» потери, влияющие на механическое действие взрыва.

Определение величины химических потерь, уменьшающих механическое действие взрыва, представляет несомненный интерес в особенности для проведения модельных испытаний [1]. Количественное определение величины потерь было впервые выполнено в работе [2], где, исходя из отступлений от закона подобия в величинах давлений при взрывах сферических зарядов разного веса, определена толщина разбрасываемого слоя (δ) (δ для аммотола 40/60 не зависит от размеров заряда и равна ≈ 24 мм). Расчет величины слоя потерь был выполнен в работе [3]. Здесь было сделано допущение, что величина эквивалентного разбрасываемого слоя пропорциональна критическому радиусу. Для оценки δ определялись веса зарядов из одного и того же ВВ, но разного качества изготовления, которые на одинаковых расстояниях обеспечивали одинаковую величину избыточного давления в воздушной ударной волне.

Основное количество опытов в работе [3] было сделано с аммотолом 80/20. Было получено, что для порошкообразных ВВ $\delta = 0,8 R_{кр}$, для литых ВВ $\delta = 0,11 R_{кр}$. Цитированная работа показала, что во всяком случае для аммиачно-селитряных ВВ $\delta = \text{const}$.

В настоящей работе сделана попытка оценить изменение потерь с изменением размеров заряда на основе данных об импульсе продуктов взрыва.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Производилось определение импульса при взрывах цилиндрических тротильных насыпных, литых и прессованных зарядов, состоящих из частиц различной величины.

Насыпные заряды. Проводились опыты, в которых определялся импульс, действовавший на торце и на боковой поверхности заряда как при

Таблица 1

Результаты измерений импульса при взрывах цилиндрических тротильных зарядов длиной 250 мм, $\rho = 1 \text{ г/см}^3$

| Характеристика тротила | Радиус заряда, мм | Скорость детонации, м/сек | Измеренный импульс при испытаниях по схеме | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-------------------|---------------------------|--|-------------------|--|-------------------------|-------------------|--|-------------------------|-------------------|--|-------------------------|-------------------|--|
| | | | а, зазор 30 мм | | | б | | | в, зазор 30 мм | | | г | | |
| | | | средний импульс, кг·сек | количество опытов | максимальное отклонение от среднего, % | средний импульс, кг·сек | количество опытов | максимальное отклонение от среднего, % | средний импульс, кг·сек | количество опытов | максимальное отклонение от среднего, % | средний импульс, кг·сек | количество опытов | максимальное отклонение от среднего, % |
| Измельченный (сито 24) | 16 | 4940 | 0,85 | 5 | ±6 | 1,78 | 5 | ±4,5 | 1,16 | 4 | ±12 | 1,98 | 5 | ±4 |
| | 20 | 5000 | 1,37 | 4 | +2 -3,5 | 2,40 | 3 | ±1,5 | 1,55* | 4 | ±10 | — | — | — |
| | 25 | 5000 | 2,35 | 3 | +6 -5 | 3,50 | 3 | +5 -4 | 3,50 | 1 | — | 2,35 | 1 | — |
| Чешуйчатый | 16 | 3450 | 0,66 | 4 | +9 -6 | 1,33 | 4 | +15 -11 | 0,90 | 5 | +8 -12 | 1,66 | 4 | +18 -15 |
| | 20 | 4670 | 1,19 | 3 | ±<1 | 2,10 | 4 | ±9 | 1,45* | 5 | +7,5 -1,5 | — | — | — |
| | 25 | 4870 | 2,24 | 4 | +3 -2 | 2,24 | 2 | ±6 | 3,38 | 1 | — | 2,22 | 1 | — |

* Зазор 40 мм.

наличии зазора между зарядом и носком маятника, так и при непосредственном контакте. Иницирование во всех случаях осуществлялось промежуточным детонатором из прессованного тротила диаметром 30 и высотой 30 мм. Маятник, использованный для измерений, имел вес 160 кг, период собственных колебаний 3 сек и диаметр носка 40 мм.

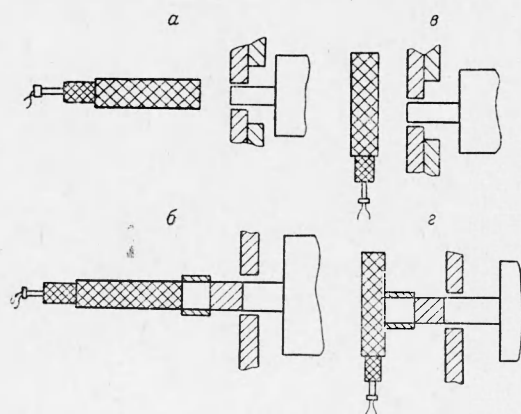


Рис. 1. Схемы расположения зарядов относительно носка маятника в опытах с насыпными и литыми зарядами:

а — параллельно оси с зазором; б — параллельно оси с контактом; в — перпендикулярно оси с зазором; г — перпендикулярно оси с контактом.

Характеристика зарядов и результаты опытов приведены в табл. 1. В случае контакта между зарядом и маятником к носку маятника примыкал свинцовый столбик, к нему — стальной цилиндрический стержень, обернутый свинцом, а затем заряд (рис. 1).

Как видно из табл. 1, отношение импульсов взрывов зарядов измельченного тротила к импульсам взрывов зарядов из чешуйчатого тротила таких же размеров и плотностей близко к отношению их скоростей детонации. А именно,

для зарядов радиусом 16 мм при измерениях импульса на торце и на боковой поверхности:

$$\frac{I_{изм}}{I_{чеш}} \cong 1,4 \div 1,3, \quad \text{тогда как для них} \quad \frac{D_{изм}}{D_{чеш}} \cong 1,4.$$

Для зарядов с радиусом 20 мм: $\frac{I_{изм}}{I_{чеш}} = 1,25 \div 1,1$, тогда как $\frac{D_{изм}}{D_{чеш}} = 1,07$.

По мере увеличения радиуса заряда $\frac{I_{изм}}{I_{чеш}}$ так же, как $\frac{D_{изм}}{D_{чеш}}$, уменьшается.

Таблица 2

Результаты испытаний цилиндрических зарядов из литого тротила длиной 200 мм, $\rho = 1,55 \text{ г/см}^3$

| Характеристика тротила | Радиус заряда, мм | Диаметр носка маятника, мм | Измеренные импульсы при расположении заряда относительно носка по схеме | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------|----------------------------|---|-------------------|--|-------------------------|-------------------|--|-------------------------|-------------------|--|-------------------------|-------------------|--|
| | | | а | | | б | | | в | | | г | | |
| | | | средний импульс, кг·сек | количество опытов | максимальное отклонение от среднего, % | средний импульс, кг·сек | количество опытов | максимальное отклонение от среднего, % | средний импульс, кг·сек | количество опытов | максимальное отклонение от среднего, % | средний импульс, кг·сек | количество опытов | максимальное отклонение от среднего, % |
| Литой мелкокристаллический | 16,0 | 32 | 1,33 | 4 | +4 | 2,42 | 5 | +1,5 | 1,98 | 3 | +7 | 3,12 | 3 | +4 |
| | 18,5 | 40 | — | — | -10 | 3,82 | 2 | -3,3 | — | — | -4 | 3,92 | 3 | -3,3 |
| Литой крупнокристаллический | 16,0 | 32 | 1,09 | 3 | +5 | 2,22 | 4 | +8 | — | — | — | — | — | — |
| | 18,5 | 40 | — | — | -6 | 3,86 | 3 | -13 | — | — | — | 3,94 | 3 | +5 |
| | | | | | | | | ±1 | | | | | | -4,5 |

Литые заряды готовились путем отливки в металлические формы. Для отливки мелкокристаллических зарядов использовался тротил, шимозированный до начала второго кристалла; для отливки крупнокристаллических зарядов — расплавленный тротил с температурой 85° С. Залитые формы помещались в термостат. После образования корки производилось прокалывание, которое через 10 мин повторялось. Верхние 100 мм, где могла находиться усадочная раковина, срезались.

Плотность готовых зарядов как мелкокристаллических, так и крупнокристаллических была $1,55 \pm \pm 0,01 \text{ г/см}^3$, длина готовых зарядов 200 мм.

Схема опытов и расположение зарядов такие же, как и в опытах с насыпным тротилом. Измерения производились на том же маятнике.

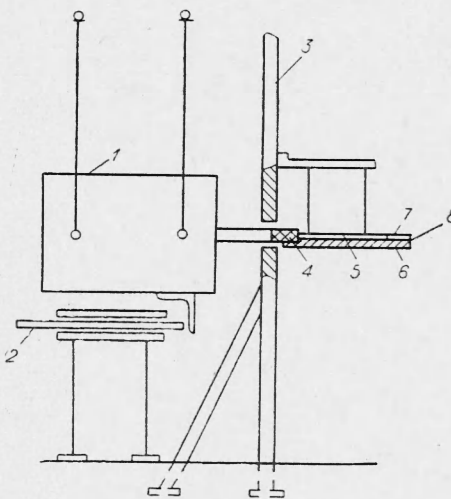


Рис. 2. Схема опыта по определению импульса, действующего на торце цилиндрического заряда.

1 — баллистический маятник; 2 — измеритель отклонения; 3 — бронезит, закрывающий маятник; 4 — свинцовый столбик (длина 290 мм); 5 — стальной стержень с диаметром, равным диаметру заряда; 6 — деревянная рейка, на которой крепится заряд и стальной стержень; 7 — заряд ВВ; 8 — КД.

Использовались носки диаметром 32 и 40 мм. Иницирование осуществлялось с помощью таких же промежуточных детонаторов из прессованного тротила (табл. 2). Как видно из табл. 2, при взрывах зарядов из крупнокристаллического литого тротила радиусом 16 мм, импульс заметно меньше, чем при взрывах зарядов из мелкокристаллического тротила того же диаметра, $\frac{Y_{\text{мелк}}}{Y_{\text{кр}}} = 1,2$. Для зарядов радиусом 18,5 мм разницы в импульсах не замечено.

Таблица 3

Результаты опытов по определению импульсов при взрывах зарядов из тротила длиной 80 мм плотностью 1,55

| Характеристика тротила | Радиус заряда, мм | Скорость детонации, м/сек | Средняя величина измеренного импульса, кг/сек | Количество опытов | Максимальное отклонение от среднего, % | $\frac{Y_{\text{изм}}}{Y_{\text{чеш}}}$ | $\frac{D_{\text{изм}}}{D_{\text{чеш}}}$ |
|------------------------------|-------------------|---------------------------|---|-------------------|--|---|---|
| Прессованный измельченный | 6,5 | 6450 | 0,21 | 3 | +3 -2 | 1,24 | 1,12 |
| | 11,9 | 6800 | 1,21 | 5 | +4 -7 | 1,03 | 1,02 |
| Прессованный чешуйчатый | 6,5 | 6050 | 0,169 | 3 | +5 +5 | 1,24 | 1,12 |
| | 11,9 | 6700 | 1,18 | 5 | -4 | 1,03 | 1,02 |

В опытах с зарядами, отпрессованными из чешуйчатого и измельченного тротила (\varnothing 13 и 23,8 мм) определялся только импульс, действовавший на торец заряда, противоположный КД.

Определение производилось при непосредственном контакте между зарядами и стержнем, имевшим тот же диаметр, что и заряд. Стержень упирался в свинцовый столбик, а последний — в носок маятника (рис. 2). Взрыв заряда, подвешенного на расстоянии 290 мм от носка маятника без стержня, приводил к отклонению маятника не больше чем на 1—2% от рабочего отклонения (табл. 3).

Как видно из табл. 3, при радиусе 6,5 мм импульс взрыва зарядов из мелкоизмельченного тротила существенно выше, чем зарядов, отпрес-

Таблица 4

Импульсы, замеренные при взрывах цилиндрических зарядов радиусом 20 мм, длиной 80 мм ($\rho = 1,56-1,58$ г/см³)

| Характеристика тротила | Схема измерения (см. рис. 1) | Средняя величина импульса, кг-сек | Количество опытов | Максимальное отклонение от среднего, % |
|---|------------------------------|-----------------------------------|-------------------|--|
| Прессованный чешуйчатый . | б | 4,43 | 3 | +2 -3,5 |
| Прессованный измельченный, просеянный через сито 24 . . | б | 4,44 | 4 | +2 -1 |
| Литой мелкокристаллический | б | 4,43 | 3 | +6 -4 |
| Прессованный чешуйчатый . | г | 4,78 | 3 | +2,5 -4 |
| Литой мелкокристаллический | г | 4,79 | 3 | +0,5 -0,6 |

Примечание. Скорость детонации всех зарядов 6800—6850 м/сек.

сованных из чешуйчатого тротила. Для зарядов радиусом 11,9 мм существенной разницы нет.

Опытным путем определялся также импульс взрыва литых и прессованных зарядов \varnothing 40 мм, длиной 80 мм (табл. 4). Иницирование во всех случаях осуществлялось дополнительным детонатором из прессованного измельченного тротила \varnothing 30 мм и высотой 30 мм. Испытания производились по схемам б и г (см. рис. 1). Маятник был тот же, что и при предыдущих опытах, \varnothing носка 40 мм.

Как видно из табл. 4, между импульсами взрыва зарядов из прессованного тротила различной дисперсности и литого тротила разницы не обнаружено. Скорости детонации таких зарядов (при одинаковой плотности), как было известно ранее, тоже одинаковы.

Таким образом, при радиусе 20 мм для тротильных зарядов большой плотности эффект взрыва не зависит ни от размеров частиц, ни от структуры заряда.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Как видно из полученных данных, при малых размерах тротильных зарядов импульс взрыва зарядов, состоящих из более крупных частиц, заметно меньше, чем импульс зарядов, состоящих из более мелких частиц. Однако по мере увеличения размеров импульсы взрыва зарядов, состоящих из частиц различной величины, сближаются между собой. Для прессованного тротила с плотностью 1,55, уже при радиусе зарядов 11,9 мм импульс взрыва (так же, как и скорость детонации) практически не зависит от величины частиц. Для литого тротила уже при радиусе заряда 18,5 мм импульс взрыва практически не зависит от величины кристаллов. Во всяком случае, при плотности 1,57 и радиусе цилиндрических зарядов 20 мм импульс взрыва зарядов, состоящих из частиц различной величины и различной структуры (литых и прессованных), одинаков. Так как потенциальная энергия зарядов одних и тех же размеров из одного и того же вещества, но состоящих из частиц различной величины, одинакова, то различие импульсов при малых размерах зарядов (разумеется, речь идет о зарядах одинаковых размеров и плотности) свидетельствует о разной величине потерь. Чем больше величина частиц, из которых состоит заряд, тем импульс меньше и потери больше. По мере увеличения размеров зарядов разница в величине импульсов зарядов, состоящих из частиц различной величины, уменьшается. Поскольку увеличение потерь при увеличении размеров зарядов не может иметь места, то сближение импульсов при увеличении размеров тротильных зарядов, состоящих из частиц различной величины, свидетельствует об уменьшении величины химических потерь (как относительных, так и абсолютных) по мере увеличения размеров зарядов. Во всяком случае, при радиусах 18,5-20 мм потери при взрывах литых и прессованных тротильных зарядов одинаковы или столь малы, что не сказываются на импульсе и их можно считать одинаковыми. Потери при взрывах тротильных зарядов, отпрессованных из частиц различной величины, становятся одинаковыми уже при радиусе 11,9 мм.

Таким образом, из изложенного следует, что толщина слоя потерь тротильных зарядов (и вероятно, и всех однородных ВВ) при постоянной плотности уменьшается с увеличением радиуса заряда. Для аммиачно-селитряных ВВ было ранее установлено Беляевым и сотрудниками, что при увеличении радиуса заряда величины слоя потерь остаются примерно постоянными.

