

А.М. Гришкин, В.Ю. Давыдов, И.Д. Головлев

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕАЛИЗАЦИИ ЭНЕРГИИ КОМБИНИРОВАННЫХ ЗАРЯДОВ ВВ В ПОЛЕЗНЫЕ ФОРМЫ РАБОТЫ ВЗРЫВА

В работе исследованы комбинированные коаксиальные заряды, состоящие из ВВ типа ГФТА по центру и инертной смеси по периферии. Определены форма фронта детонационной волны и скорость его распределения, угол разворота фронта, скорость ударной волны, распространяющейся по периферии. Проведены исследования фрагментации металлических трубок, наполненных комбинированным коаксиальным зарядом.

Одна из наиболее важных проблем в последние годы в области физики взрыва — изучение процессов реализации энергии взрывчатого вещества (ВВ) в полезные формы работы. Постановка задачи в таком виде связана с тем, что каждая новая ступень в наращивании энергозапаса ВВ дается все труднее, причем КПД этого энергозапаса невелик и в ряде случаев не превышает несколько процентов. Поэтому научиться управлять процессом реализации энергии ВВ — значит найти способ повышения их работоспособности.

Невысокий КПД использования энергозапаса ВВ связан с факторами, которые можно разделить на две группы: газодинамические, которые определяются главным образом конструкцией изделия и заряда и проявляются в особенностях возникающего течения продуктов детонации; химические, проявляющиеся в снижении параметров детонационной волны и теплоты взрывчатого превращения во всем заряде или его участках и связанные в конечном итоге с неполнотой протекания химических реакций, т.е. с кинетикой энерговыделения.

Это деление достаточно условное, так как газодинамика течения и кинетика энерговыделения взаимосвязаны [1]. Если все же исходить из него, то первая группа факторов, как правило, оказывает большее влияние на степень реализации энергозапаса ВВ. Например, изменяя угол падения детонационной волны на метаемое тело, можно изменить скорость его метания в несколько раз, в то время как неполнота реагирования компонентов, которая может регулироваться рецептурно-техническими способами, изменяет работоспособность на десятки или даже единицы процентов (за исключением случаев неполной детонации).

В этой связи способы управления процессом энергопередачи, затрагивающие газодинамику продуктов детонации, сулят наибольшие возможности, в том числе оказывать влияние на кинетику реагирования компонентов в смесевых ВВ.

В [2] исследовано метательное действие комбинированных слоеных зарядов ВВ. Представляет практический интерес и коаксиальное расположение составных частей заряда, где в центральной части находится более мощное, а в периферийной — менее мощное ВВ или инертная смесь. В этом случае должно усилиться метательное действие заряда, так как с объектом будет взаимодействовать не скользящая, а косая детонационная волна. Согласно теоретическим и экспериментальным исследованиям, метательное действие взрыва при одной и той же «активной» массе заряда возрастает с увеличением угла падающей волны и максимально при встрече со стенкой под углом 90° [3].

Для проведения экспериментов были выбраны комбинированные коаксиальные заряды (ККЗ) диаметром 40 мм, изготовленные методом литья. Центральная часть зарядов состояла из смесевых ВВ, содержащего тротил, гексоген и алюминий (ГФТА), а периферийная — из литьевой смеси, содержащей перхлорат калия, парафин и алюминий. Во всех смесях использовали алюминий марки АСД-1.

© А.М. Гришкин, В.Ю. Давыдов, И.Д. Головлев, 1994.

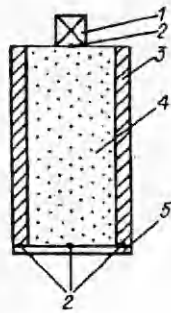


Рис. 1. Схема заряда.

1 — дополнительный детонатор; 2 — ионизационные датчики в экспериментах по определению скорости распространения ФДВ; 3 — периферийный слой; 4 — ГФТА; 5 — оргстекло.

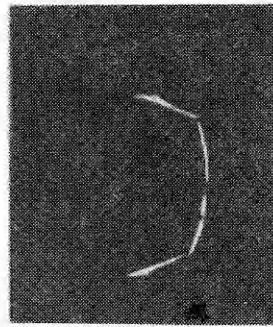


Рис. 2. Форма ФДВ.

Первоначально проводились эксперименты по определению формы фронта детонационной волны (ФДВ) в исследуемых ККЗ и скорости его распространения. Заряды имели длину 40 и 120 мм, толщина периферийного слоя 5 мм. Плотность центральной части $\rho_{\text{ц}} = 1,70 \div 1,73 \text{ г/см}^3$ (относительная плотность $\bar{\rho}_{\text{ц}} = 0,93 \div 0,95$), а периферии — $\rho_{\text{п}} = 1,47 \div 1,50 \text{ г/см}^3$ ($\bar{\rho}_{\text{п}} = 0,82 \div 0,84$).

Исследование формы ФДВ проводили оптическим способом с помощью скоростного фоторегистратора (СФР). Съемку вели с торца заряда, который располагали по оптической оси СФР. На торец, с которого производили съемку, приклеивали оргстекло толщиной 2,5 мм. Инициировали заряды с противоположного торца электродетонатором через промежуточный детонатор ($14 \times 15 \text{ мм}$, $\rho = 1,66 \text{ г/см}^3$) из флегматизированного гексогена.

Для определения скорости детонации в центральной части и скорости распространения процесса по периферии на зарядах длиной 120 мм разместили ионизационные датчики следующим образом (рис. 1): между дополнительным детонатором и исследуемым зарядом — общий запускающий датчик, а на противоположном торце заряда — три отдельных датчика, один в центре и два по периферии. Временные интервалы фиксировали при помощи осциллографа С9-8 с погрешностью измерения 50 нс.

В результате получено, что скорость распространения процесса в центральной части заряда 7720 м/с, а по периферии 7370 м/с. Учитывая точечное иницирование и одновременность начала распространения процесса, получаем значение скорости в периферийной части — 7670 м/с, которая сопоставима со скоростью детонации ГФТА в центральной части. Как и ожидалось, ФДВ в исследуемых зарядах распространяется в «навязанном» режиме со скоростью, равной скорости детонации центральной части, а угол разворота фронта остается постоянным по всей длине заряда.

Форма ФДВ в зарядах приведена на рис. 2, на котором виден угол разворота фронта в периферийной части заряда. Обработка снимков показала, что величина скорости распространения ударной волны по периферии $u = 5640 \text{ м/с}$. Угол разворота ФДВ зависит от отношения скоростей ($\alpha = \arctg u/D$), в данном случае $\alpha = 35^\circ$ (рис. 3). Тогда угол падения ФДВ на стенку метаемого тела будет составлять $\beta = 54^\circ$.

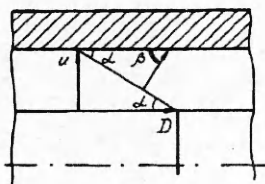


Рис. 3. Схема распространения ФДВ по ККЗ.

ВВ	δ , мм	$\rho_{\text{ц}}$	$\bar{\rho}_{\text{ц}}$	$\rho_{\text{п}}$	$\bar{\rho}_{\text{п}}$	K
ГФТА	—	1,743	0,954	—	—	0,22
ККЗ	3	1,728	0,945	1,543	0,882	0,15
	3(Al)	1,692	0,926	2,7	1	0,14
	5	1,706	0,939	1,614	0,902	0,11
	10	1,691	0,931	1,607	0,898	0,05

Примечание. K — коэффициент нагрузки с учетом периферийного слоя.

В настоящей работе также проведены исследования фрагментации металлических трубок, внутри которых находились ККЗ, и параметров образующихся воздушных ударных волн (ВУВ). Толщина стенок металлических трубок, в которых помещали ККЗ диаметром 40 и высотой 160 мм, составляла 6,5 мм. Инициировали заряды вышеописанным способом.

В экспериментах варьировали толщину периферийного слоя — 3, 5 и 10 мм. Кроме этого, в качестве периферийного слоя использовали алюминиевый цилиндр толщиной 3 мм (сплав марки АМЦ). Данный эксперимент был проведен по следующим соображениям. Алюминиевый цилиндр является инертным беспористым вариантом периферийного слоя. Для сравнения это важно, так как снижение параметров УВ, нагружающей метаемое тело, связано не только с относительной ее инертностью, но и с пористостью периферийного слоя. Плотность же является одним из сомножителей акустической жесткости, которая определяет значение параметров на границе центрального и периферийного слоев.

В таблице приведены характеристики зарядов, полученные в результате наполнения трубок, а результаты исследований фрагментации трубок приведены на рис. 4. Количество образующихся фрагментов в массовых группах 0,25—2 г и 2—15 г, и общее число фрагментов $N_{0,25}$, уменьшается с увеличением толщины периферийного слоя заряда δ и уменьшением коэффициента нагрузки. В отличие от мелкой и средней фракций количество фрагментов массой ≥ 15 г увеличивается с утолщением периферийного слоя

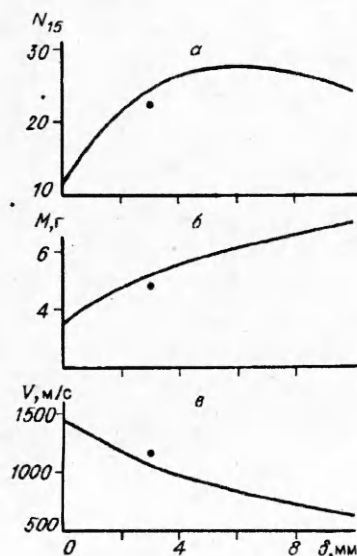


Рис. 4. Результаты фрагментации металлических трубок в зависимости от толщины периферийного слоя заряда.

a — количество фрагментов массой 15 г и более (N_{15}); b — средняя масса фрагмента; v — скорость разлета фрагментов; ● — алюминиевый цилиндр.

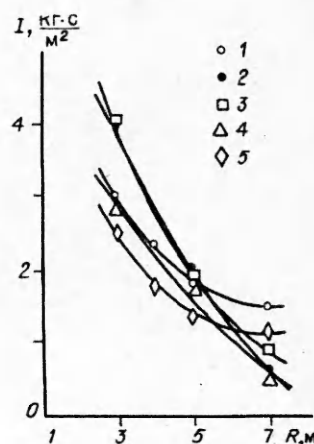


Рис. 5. Зависимость удельного импульса ВУВ от расстояния.

1 — ГФТА; 2—5 — ККЗ; δ , мм: 2 — 3, 3 — 5, 4 — 10, 6 — Al.

и проходит через максимум в районе $\delta = 5 \div 5$ мм. Средняя масса фрагмента увеличивается, а скорость их разлета уменьшается с ростом δ . При этом максимальная скорость разлета фрагментов достигается на зарядах, у которых периферийная часть отсутствует. Результат несколько неожиданный, но вполне объяснимый. Наличие в ККЗ периферийного слоя, по которому УВ движется с меньшей скоростью, изменяет угол ее падения на метаемое тело, что должно приводить к увеличению скорости метания. В то же время распространение УВ по инертной пористой среде приводит к снижению параметров на ее фронте, что в данном случае оказало большее влияние на метательное действие, чем разворот фронта.

По этой же причине (снижение или увеличение параметров на фронте УВ) замена пористого слоя на алюминиевый цилиндр по периферии заряда привела к увеличению общего числа фрагментов и скорости их разлета. Сравнение особенно интересно, так как УВ по алюминиевому цилиндру распространяется со скоростью звука, которая в алюминии равна 5250 м/с. Это означает, что угол падения УВ на метаемое тело практически равен углу падения УВ в случае зарядов с пористым периферийным слоем и составляет 56° . Таким образом, налицо чистое влияние плотности периферийного слоя.

На рис. 5 приведены результаты исследований образующихся ВУВ. Видно, что преимущество по величине удельного импульса ВУВ имеют только ККЗ с толщиной периферийного слоя 3—5 мм (0,15—0,25 радиуса ККЗ) и только на расстоянии до 5 м. В отличие от монозаряда ГФТА снижение удельного импульса с расстоянием для ККЗ носит более крутой характер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдов В.Ю., Козмерчук В.В., Мурышев Е.Ю., Головлев И.Д. Влияние добавок порошкообразного алюминия на энергию ВВ, передаваемую в осевом и радиальном направлениях // ФГВ. — 1988. — 24, № 3.
2. Давыдов В.Ю., Гришкин А.М., Мурышев Е.Ю. Влияние газодинамических условий на степень реализации энергии вторичных реакций в метательное действие ВВ // ФГВ. — 1993. — 29, № 2.
3. Баум Ф.А., Орленко Л.П., Станюкович К.П. и др. Физика взрыва. — М.: Наука, 1975.

115487, г. Москва,
ЦНИИХМ

Поступила в редакцию
15/XII 1993

УДК 621.039.54:621.039.58

М.В. Калашников, Л.Н. Ростова

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ ХАРАКТЕРИСТИК ИМПУЛЬСОВ ДЕЛЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ ЯДЕРНЫХ АВАРИЙ ПО МОДИФИЦИРОВАННОЙ ТЕОРИИ БЁТЕ — ТАЙТА

Представлена модификация модели Бете — Тайта (БТ), учитывающая изменение размеров и плотности материала активной зоны ядерного реактора в процессе тяжелой ядерной аварии, сопровождающейся разрушением реактора. Приведены результаты расчетов параметров импульсов делений в сопоставлении с традиционными моделями Бете — Тайта.

Введение

Для приближенных оценок энерговыделения и других параметров импульса делений тяжелых ядерных аварий, сопровождающихся разрушением ядерного реактора (ЯР), используют полуаналитическую модель Бёте—Тайта (БТ) [1—7]. Многочисленные модификации модели БТ [1—7] не учитывают изменения времени жизни мгновенных нейтронов от вариаций плот-

© М.В. Калашников, Л.Н. Ростова, 1994