

ПРЕЛОМЛЕНИЕ ДЕТОНАЦИОННЫХ ВОЛН И ПОВЫШЕНИЕ НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВА ПРИМЕНЕНИЕМ СОБИРАЮЩИХ ЛИНЗ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

А.Г. Карабаш

ГНЦ РФ-Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского, г. Обнинск



В статье изложено впервые установленное в 1945 г. явление преломления детонационных волн, проявляющееся в кумулятивном эффекте собирающих «линз ВВ» в системах конденсированных взрывчатых веществ (ВВ), имеющих разные скорости детонации.

Сложный физико-химический процесс детонации бризантных взрывчатых веществ – синхронное сочетание высокоскоростной цепной реакции превращения ВВ и фронта ударной волны, протекает направленно со сверхзвуковой скоростью (5000 - 10 000 м/с).

На основании большого числа экспериментов, в упрощенной теоретической модели, показана главная закономерность явлений при детонации – аналогия с общими законами распространения направленных волновых процессов (законом Снелля и др.).

Экспериментальные данные и новые принципы повышения направленного действия взрыва были учтены в фундаментальных исследованиях при создании РДС – 1.

ПРЕЛОМЛЕНИЕ ДЕТОНАЦИОННЫХ ВОЛН

Известно явление преобразования фронта детонационной волны на границе раздела конденсированных взрывчатых веществ с воздухом, металлами и другими инертными средами: на граничной косо́й поверхности заряда ВВ формируется фронт ударных волн и продуктов взрыва, направление которого изменяется в со-

ответствии с соотношением $\frac{D}{u}$, где D - скорость детонации ВВ, u - скорость разлета

продуктов взрыва на границе ВВ с инертной средой.

На этом основан известный кумулятивный эффект у зарядов, имеющих на торце в направлении преграды кумулятивную выемку (воздушную полость) конической или специальной формы. В этой выемке, вне границ заряда ВВ, происходит фокусирование разлетающихся продуктов взрыва и возникших при взрыве ударных волн, формирование кумулятивной струи.

В отличие от этих известных фактов, произведенными сериями опытов было установлено изменение направления фронта - явление преломления детонацион-

ных волн на границе раздела двух конденсированных ВВ. Преломление детонационных волн происходит в быстротекущей химической реакции детонации в массе соприкасающихся ВВ.

Экспериментально исследовано влияние физико-химических и геометрических факторов при этом явлении.

При взрыве зарядов, составленных из двух твердых ВВ, имеющих разные скорости детонации и плоскость раздела, наклонную к общей оси зарядов, на свинцовых плитах был непосредственно зафиксирован след преломленного взрывного луча. В таких опытах (например, № 64) производили взрыв расположенного горизонтально на плите удлинённого заряда (квадратного сечения), составленного из двух частей - тетрила ($D_T = 7500$ м/с) и аммотола ($D_A = 4800$ м/с), соприкасающихся в наклонной плоскости (угол $\alpha = 38^\circ$). При распространении детонации из тетрила в аммотол ось полученного на свинцовой плите продольного углубления преломлялась на границе раздела ВВ и на участке аммотола отклонялась (на 13°) от геометрической оси заряда в сторону нормали к плоскости раздела.

В другой серии опытов взрывали аналогичные заряды цилиндрической формы, составленные из тетрила и аммотола с наклонной плоскостью раздела (угол $\alpha = 37^\circ$), установленные на плитах в вертикальном положении. Образовавшиеся в свинцовых плитах воронки имели резко выраженную асимметричную форму. Вершина воронки, соответствующая максимальному углублению в толстой плите, или пробитое сквозное отверстие в более тонкой плите, оказались смещёнными в том же направлении - в сторону нормали к косой поверхности нижнего заряда аммотола, значительно отклоняясь (под углом 10°) от оси цилиндрического заряда и геометрического центра воронки (опыт 65, рис.1).

С целью сопоставления произведены взрывы в вертикальном положении контрольных комбинированных зарядов цилиндрической формы, составленных из тех же ВВ (тетрил, аммотол), но имеющих плоскость раздела, перпендикулярную к оси заряда: при этом воронки получались вполне симметричные, преломления детонационных волн не наблюдалось, как этого и следовало ожидать (опыт 7, рис.3).

Полученные в опытах «отпечатки» на свинцовых плитах, фиксирующие изменение направления максимального действия детонации на границе раздела ВВ, наглядно показали, что преломление детонационных волн происходит при условиях, когда соприкасающиеся ВВ имеют разные скорости детонации и наклонную плоскость раздела; эффект возрастает с увеличением угла между направлением детонационной волны и нормалью к плоскости раздела, до некоторой оптимальной величины этого угла.

По результатам измерений был вычислен, в соответствии с общим физическим законом распространения направленных волновых процессов, «показатель преломления» детонационной волны на границе раздела двух соприкасающихся

$$\text{взрывчатых веществ (1,2): } n_{2-1} = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} \cong \frac{D_1}{D_2},$$

где α_1 и α_2 - углы между направлением детонационной волны и нормалью к плоскости раздела двух ВВ, а D_1 и D_2 - соответствующие скорости их детонации.

Получено удовлетворительное совпадение обоих соотношений, рассчитанных по указанным выше опытным данным. Например, в опыте №64 для системы ВВ тетрил-аммотол:

$$\frac{\sin 38^\circ}{\sin(38^\circ - 13^\circ)} = 1,46; \quad \frac{D_T}{D_A} \cong \frac{7500}{4800} \cong 1,56.$$

Как известно, при распространении детонации из одного ВВ в другое нормальная скорость детонации устанавливается лишь на некотором расстоянии от плоскости инициирования, по мере формирования стационарного взрывного процесса. Вследствие этого преломление детонационных волн происходит не точно в плоскости соприкосновения двух ВВ, а в некотором объеме пограничного участка заряда, что можно отчетливо наблюдать по отпечаткам на свинцовых плитах.

Выполненные эксперименты однозначно показали, что эффект преломления детонационных волн зависит как от геометрических условий, так и от физико-химических факторов, определяющих скорость детонации ВВ: от природы соприкасающихся ВВ, от плотности и физического состояния ВВ, присутствия флегматизаторов и т.д. Это подтвердилось опытами. Например, явление преломления наблюдалось как при комбинации разных ВВ, так и при наличии в заряде из одного и того же ВВ (тетрила) участков различной плотности.

Предложенная как первое приближение схема явления не выражает, конечно, всей сложности процесса преобразования фронта детонационных волн на границе раздела двух взрывчатых веществ.

СОБИРАЮЩИЕ ЛИНЗЫ ВВ

На основе установленного явления преломления детонационных волн было предложено и экспериментально испытано применение собирающих линз ВВ для повышения направленного действия взрыва.

Опыты показали, что путем сочетания определенных форм поверхностей раздела различных взрывчатых веществ возможно получить системы ВВ собирающие, концентрирующие взрывной импульс внутри заряда ВВ, или же, наоборот, рассеивающие.

Собирающие линзы из взрывчатых веществ - отливки или запрессовки соответствующей геометрической формы (собирающего типа), помещаемые внутри заря-

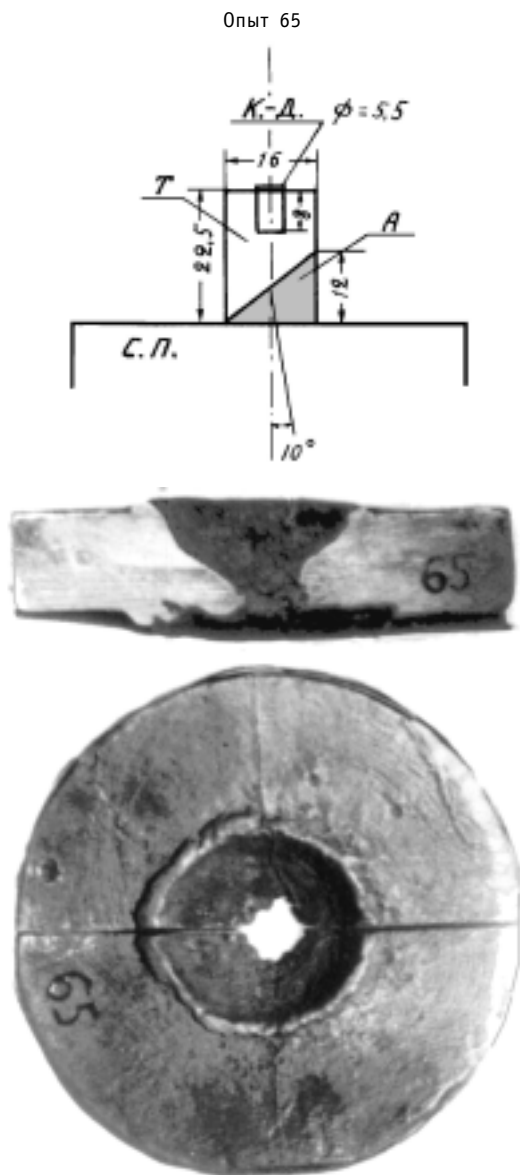


Рис. 1. Преломление детонационных волн на границе раздела двух ВВ (тетрил /аммотол): Т - тетрил прессованный, $\rho_0 = 1,62 \text{ г/см}^3$, $D_T \approx 7500 \text{ м/с}$; А - аммотол 85/15 прессованный, $\rho_0 = 1,2 \text{ г/см}^3$, $D_A \approx 4800 \text{ м/с}$; ТНТ - тротил литой, $\rho_0 = 1,6 \text{ г/см}^3$, $D_{\text{ТНТ}} \approx 6700 \text{ м/с}$; К. - Д. - капсюль - детонатор; К.В. - кумулятивная выемка; С.П. - свинцовая плита

да ВВ симметрично его оси и имеющие скорость детонации меньшую, чем ВВ основного заряда.

Следует отметить, что известные в практике комбинированные кумулятивные заряды существенно отличны от зарядов, являющихся предметом данного исследования. Комбинированные заряды обычно составляют из двух частей, причем головную часть (в сторону преграды) изготовляют из наиболее мощного ВВ, в целях максимального использования его действия. В таких комбинированных зарядах эффект кумуляции достигается только за счет кумулятивных выемок - воздушных полостей.

В отличие от этого, в зарядах с линзами ВВ повышение направленного действия взрыва достигается за счет внутреннего (в массе ВВ) кумулятивного эффекта, благодаря тому, что в линзе ВВ плоский фронт детонационных волн искривляется, происходит фокусирование детонационных волн и повышение плотности энергии взрыва по оси заряда.

Этот эффект зафиксирован экспериментом. На тонком металлическом листе, помещенном перпендикулярно торцу цилиндрического заряда в плоскости, совпадающей с его осью, при взрыве фиксировался след газовой струи, причем последняя, в случае зарядов с линзами, была более длинной и сжатой, чем у контрольных зарядов без линз.

Было проведено экспериментальное исследование двух типов зарядов с собирающими линзами ВВ: первый тип - с внутренним кумулятивным эффектом, второй - заряды с двойной кумуляцией. Методика и проведение экспериментов описаны ниже.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Все серии опытов проводили, главным образом, с цилиндрическими зарядами из прессованного тетрила ($\rho_0 = 1,62 \text{ г/см}^3$) в виде стандартных изделий (шашек) заводского изготовления с соответствующим штатным капсюлем-детонатором лучевого действия, расположенным в гнезде на верхнем торце по оси заряда.

Прецизионность производства использованных изделий штатной заводской продукции ВВ, имеющих стандартные характеристики, гарантировала воспроизводимость результатов опытов и сопоставимость их в различных сериях экспериментов.

Линзы изготовляли из прессованного аммотола состава $85\% \text{ NH}_4 \text{ NO}_3 + 15\% \text{ TNT}$ ($\rho_0 = 1,2 \text{ г/см}^3$) или из литого тротила ($\rho_0 = 1,60 \text{ г/см}^3$) и помещали в углублениях, высверленных в тетриловых шашках при помощи шаблона.

Заряды с линзами в средней части составляли из двух половин, пришлифованных друг к другу и скрепленных бумажной оболочкой (на лаке).

Объем линз варьировался в пределах 5-15% от общего объема заряда.

В каждой серии опытов габариты испытуемых зарядов с линзами, расположение капсюля-детонатора, бумажная оболочка и другие их параметры точно соответствовали размерам и характеристикам контрольных зарядов (без линз), а взрывы и тех и других зарядов производили в идентичных условиях.

Заряды устанавливали вертикально в непосредственном контакте с поверхностью толстых цилиндрических свинцовых плит (из чистого однородного литого свинца), точно в их центре. Плиты располагали на толстом стальном листе.

После взрыва зарядов образовавшиеся в свинцовых плитах воронки подвергали точным измерениям: диаметра (минимального и максимального), глубины и объема, который определяли наполнением водой из калиброванной бюретки до верхнего среза воронки.

Размеры воронок, а также их форма, общий вид и состояние поверхности по-

зволюют судить о величине и характере взрывного импульса в направлении оси заряда.

На рис.2-5 приведены в качестве примеров фотоснимки (выполненные в одинаковом масштабе) разрезанных по диаметру свинцовых плит, которые дают возможность наглядно сопоставлять воронки, полученные после взрыва различных испытуемых и контрольных зарядов.

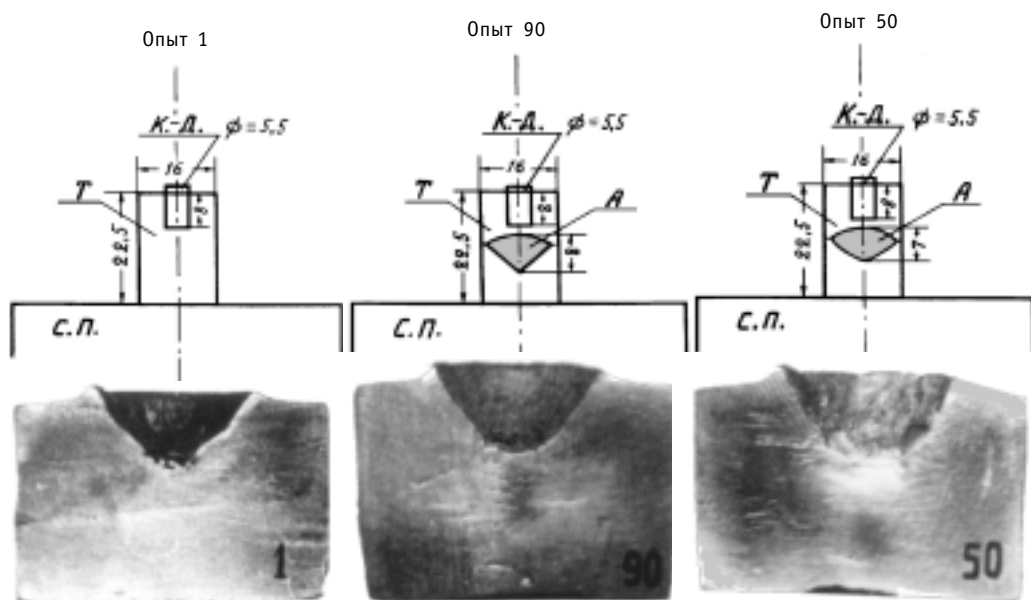


Рис. 2. Повышение направленного действия взрыва собирающими линзами ВВ: опыт 1 – контрольный заряд из тетрила; опыты 90, 50 – заряды из тетрила с линзами из аммотола (в средней части заряда)

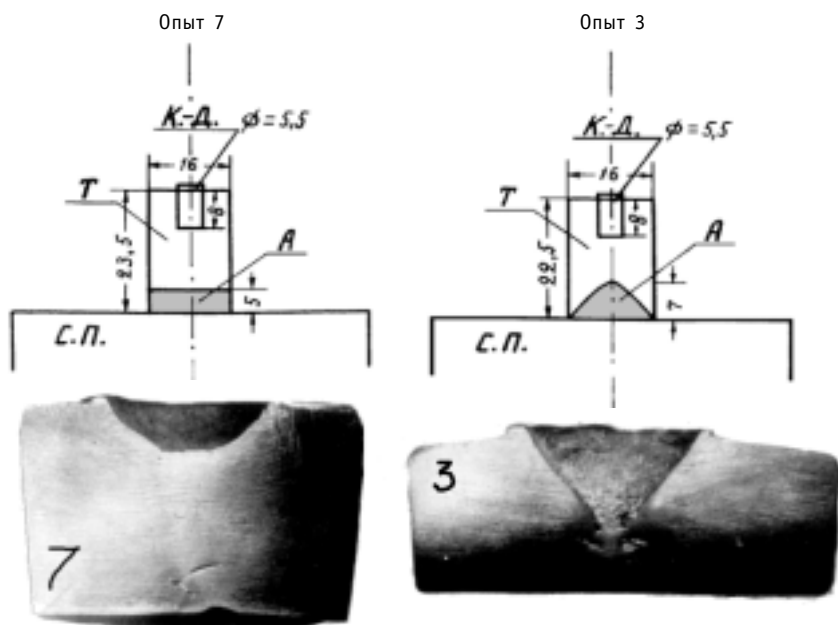


Рис.3. Внутренний кумулятивный эффект собирающих линз ВВ: опыт 7 – заряд из тетрила с участком цилиндрической формы из прессованного аммотола; опыт 3 – заряд из тетрила с собирающей линзой из прессованного аммотола

ИСПЫТАНИЕ ЗАРЯДОВ С СОБИРАЮЩИМИ ЛИНЗАМИ ВВ, С ВНУТРЕННИМ КУМУЛЯТИВНЫМ ЭФФЕКТОМ

Выполнены серии опытов с цилиндрическими сплошными зарядами, у которых линзы ВВ помещали в средней части заряда или у его торца (в контакте с преградой). Многочисленные опыты однозначно показали значительное повышение направленного действия взрыва при устройстве в таких зарядах собирающих линз (плосковыпуклых или двояковыпуклых) из ВВ, имеющих скорость детонации меньшую, чем ВВ основного заряда. Это выражается в увеличении общего объема воронок и их глубины, а также в их своеобразной конической форме, по сравнению с обычными сферическими воронками контрольных зарядов без линз.

Наибольший эффект получен при расположении линз в средней части сплошных зарядов, выпуклой поверхностью в сторону преграды. В случае зарядов из тетрила ($D=7500$ м/с) с такими линзами из тротила ($D=6700$ м/с) или аммотола 85/15 ($D=4800$ м/с) объем воронок увеличился на 40 и 38%, а их глубина на 25 и 20%, соответственно, по сравнению с контрольными зарядами без линз (из одного тетрила).

Для иллюстрации на рис.2 представлено сравнение воронок после взрыва контрольного заряда (опыт 1) и зарядов, имеющих линзы из аммотола (опыты 50,90).

В случае помещения таких же линз в нижней части тетриловых зарядов, получены воронки больше по объему на ~30% и по глубине на 20-15%, чем у контрольных зарядов из одного тетрила.

Примеры этой серии опытов показаны на рис.3 и 4. Здесь также сопоставлены воронки после взрыва тетриловых зарядов, имеющих участки в виде цилиндров и в форме линз из аммотола (опыты 7 и 3, рис.3) и тротила (опыты 94 и 13, рис.4). Наглядно видна эффективность геометрической формы собирающих линз: в случае зарядов с участками цилиндрической формы одинакового веса (вместо линз)

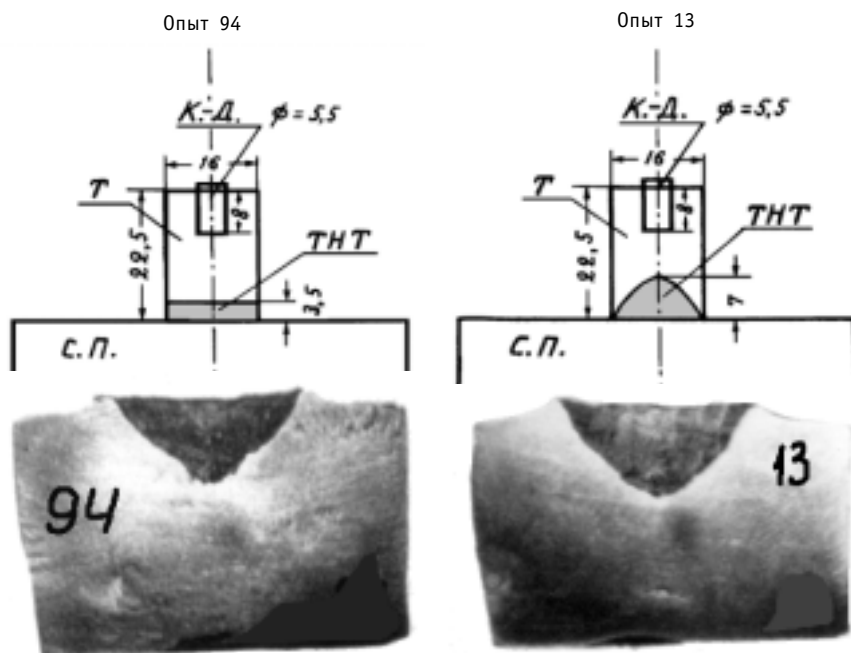


Рис. 4. Внутренний кумулятивный эффект собирающих линз ВВ: опыт 94– заряд из тетрила с участком цилиндрической формы из литого тротила; опыт 13 – заряд из тетрила с собирающей линзой из литого тротила (в нижней части заряда)

характер воронок на плитах свидетельствует об отсутствии кумулятивного эффекта.

Положительный эффект показали собирающие линзы из тетрила малой плотности ($\rho_0=0,70$ г/см³, $D=4500$ м/с) в стандартном тетриловом заряде с плотностью $\rho_0=1,62$ г/см³, $D=7500$ м/с.

Большой интерес представляло использование высокобризанных ВВ **гексгена** ($\rho_0=1,6$ г/см³, $D=8200$ м/с) и **тэна** ($\rho_0=1,69$ г/см³, $D=8400$ м/с). При устройстве в штатных цилиндрических зарядах из этих ВВ линз из тротила ($\rho_0=1,60$ г/см³, $D=6700$ м/с) и аммотола ($\rho_0=1,2$ г/см³, $D=4800$ м/с) были достигнуты **значительные эффекты кумуляции**.

С целью повышения **безопасности** обращения с этими весьма чувствительными ВВ использовались **сплавы 70% гексгена + 30% ТНТ и 70% тэна + 30% ТНТ**. В таких сплавах достигается флегматизирующий эффект.

Сравнительными опытами было показано, что устройством собирающих линз из тротила или аммотола в средней части сплошных тетриловых зарядов достигается такой же или больший эффект повышения направленного действия взрыва (объем и глубина воронки) как и у равных по габаритам кумулятивных тетриловых зарядов с конической выемкой на торце.

Следует обратить внимание на состояние поверхности внутри воронок в свинцовых плитах. Сферические воронки в опытах с контрольными тетриловыми зарядами (без линз) имеют шероховатую темную поверхность. В отличие от этого, воронки, образованные зарядами тетрила с линзами ВВ, имеют гладкую блестящую поверхность оплавленного свинца. Это свидетельствует о значительно более высокой температуре при направленном взрыве зарядов с линзами, чем простых контрольных зарядов, что подтверждает большой внутренний кумулятивный эффект.

ИСПЫТАНИЕ ЗАРЯДОВ С РАССЕЙВАЮЩИМИ ЛИНЗАМИ ВВ

Рассмотренные выше закономерности физико-химического процесса детонации в системах различных ВВ, зависимость от геометрических факторов, дополнены экспериментами, иллюстрирующими глубокую аналогию этих закономерностей с классическими принципами геометрической оптики, общими для волновых процессов.

Проведена серия опытов с зарядами тетрила ($\rho_0=1,62$ г/см³, $D=7500$ м/с), которые по геометрическим и весовым параметрам были идентичны описанным в предыдущем разделе, но имели линзы из аммотола ($\rho_0=1,2$ г/см³, $D=4800$ м/с) рассеивающей формы – плосковогнутые. При взрыве их в единообразных условиях методики на свинцовых плитах получены воронки сферической формы, имеющие значительно уменьшенные – до 50–40 % объем и глубину по сравнению с контрольными зарядами тетрила без линз. Примеры из этой серии представлены в табл.1.

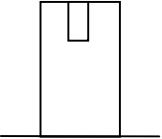
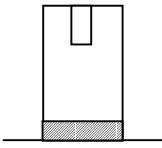
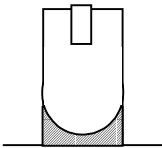
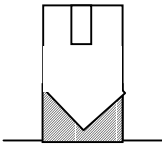
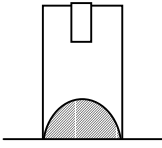
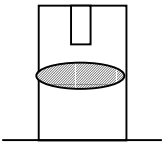
Сопоставление в таблице опытов № 92 и 3-б, как и других аналогичных, подтверждает закономерность, что при расположении линз ВВ вблизи капсюля – детонатора, в средней части заряда, достигается максимальный внутренний кумулятивный эффект детонации.

ИСПЫТАНИЕ ЗАРЯДОВ С СОЧЕТАНИЕМ ВНУТРЕННЕГО И ВНЕШНЕГО КУМУЛЯТИВНЫХ ЭФФЕКТОВ

Произведена отдельная серия опытов с зарядами, в которых линзы ВВ помещались между детонатором и обычной кумулятивной выемкой (воздушной полостью),

Таблица 1

Влияние геометрической формы и местоположения линз ВВ в зарядах на кумулятивный эффект при детонации

№ опыта	Форма линзы	Схема заряда	Сравнение размеров воронок в свинцовых плитах, в %	
			глубина	объем
1 – а	Контрольный заряд тетрила без линзы		0	0
7	Заряд с цилиндрической запрессовкой аммотола		- 27	- 26
21	Рассеивающая линза (сферическая)		- 33	- 42
22	Рассеивающая линза (коническая)		- 40	- 49
3 – б	Собирающая линза из аммотола у торца заряда		+ 20	+ 8
92	Собирающая линза из аммотола в средней части заряда		+ 20	+ 37

имеющейся на торце заряда. В таких зарядах с двойной кумуляцией сочетается обычный кумулятивный эффект (внешний) с внутренним кумулятивным эффектом, обусловленным собирающей линзой ВВ.

В опытах этой серии собирающие линзы из тротила или аммотола (85% NH_4NO_3 + 15% ТНТ) располагались внутри цилиндрических тетриловых зарядов между детонатором и конической кумулятивной выемкой. Как в испытуемых, так и в контрольных тетриловых зарядах, имеющих совершенно одинаковые размеры, кумулятивную выемку конической формы высверливали с помощью шаблона.

Воронки в массивных свинцовых плитах, полученные при взрыве испытуемых зарядов с линзами, имеющими выпуклую поверхность в сторону преграды, были на 20-30% больше по объему и на 10% глубже, чем у контрольных кумулятивных зарядов без линз. Сравните опыты 71 и 37-А на рис.5. Также значительно увеличилась деформация (обжатие) свинцовых плит. Однако общий внешний вид и форма воронок качественно не изменились.

Все эти экспериментальные данные подтверждают, что у зарядов испытанного 2-го типа происходит суммирование двух кумулятивных эффектов - внутреннего, обусловленного линзами, и внешнего.

В специальной серии опытов было испытано влияние формы поверхности соприкосновения двух ВВ на передачу детонации, причем были выбраны наименее благоприятные условия, когда промежуточный детонатор изготовлялся из ВВ с пониженной бризантностью. Детонационную цепь цилиндрического заряда составляли из трех участков: а) тетриловый детонатор со стандартным капсюлем-детонатором лучевого действия; б) промежуточный детонатор из аммотола 85/15; в) основной заряд из тетрила или из сплава 70% гексогена + 30% ТНТ, или из сплава 70% тэна + 30% ТНТ.

При испытаниях таких детонационных цепей в том случае, когда основной заряд (в) соприкасался с промежуточным детонатором (б) по плоской поверхности, перпендикулярной оси заряда, как правило, детонация основного заряда не происходила, хотя промежуточный детонатор и взрывался.

Наоборот, если пограничная поверхность промежуточного детонатора была выпуклой (в форме конуса или полусферы), то во всех опытах детонация основного заряда была полной и наблюдалось нормальное пробивание свинцовых плит.

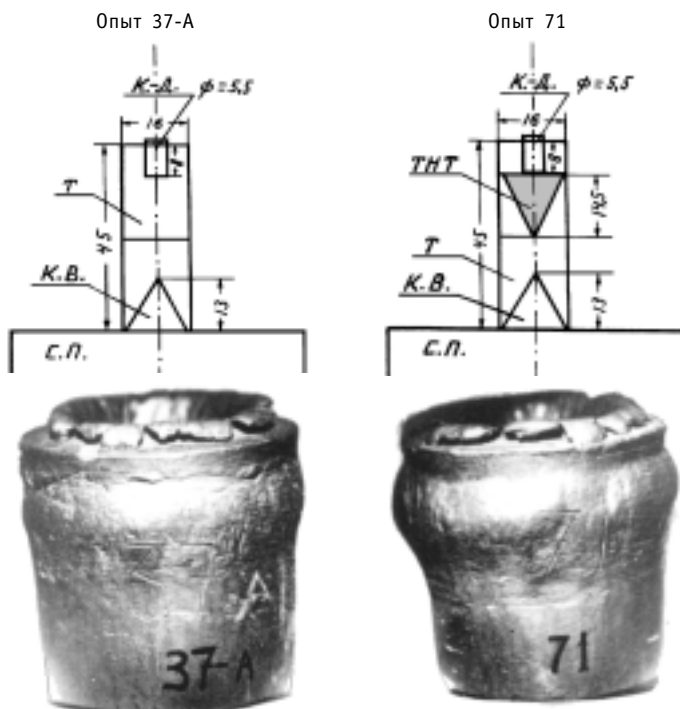


Рис. 5. Суммирование кумулятивных эффектов внутреннего и внешнего при детонации: опыт 37-А – контрольный кумулятивный заряд из тетрила с кумулятивной выемкой; опыт 71 – аналогичный кумулятивный заряд с собирающей линзой из тротила

Эти факты также объясняются изменением фронта детонационных волн в пограничном слое двух ВВ и дают основание для выбора оптимальной формы промежуточного детонатора.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментально установлено явление преломления детонационных волн на границе раздела конденсированных взрывчатых веществ; исследовано влияние геометрических и физико-химических факторов, показавшее соответствие эффекта преломления общим физическим законам распространения направленных волновых процессов.

Для изменения формы фронта детонационных волн внутри зарядов ВВ предложены линзы - отливки или запрессовки соответствующей конфигурации из других взрывчатых веществ, имеющих разную скорость детонации.

Показано, что при устройстве в зарядах ВВ линз собирающего типа (плосковыпуклых, двояковыпуклых, конусообразных) из взрывчатых веществ, имеющих меньшую скорость детонации, чем ВВ основного заряда, достигается значительный эффект повышения направленного действия взрыва.

Наоборот, в случае линз рассеивающего типа, наблюдается противоположный эффект. Предложены два типа зарядов.

1). Цилиндрические сплошные заряды с собирающими линзами ВВ в средней части заряда или у его торца - заряды с внутренним кумулятивным эффектом. Благодаря устройству линз в этих зарядах достигается значительное повышение бризантного эффекта в направлении оси заряда, без снижения фугасного действия.

2). Заряды с двойной кумуляцией, в которых собирающие линзы ВВ помещаются между детонатором и обычной кумулятивной выемкой (воздушной полостью). Показано, что при таком сочетании происходит суммирование двух кумулятивных эффектов - внутреннего и внешнего, благодаря чему достигается существенное повышение направленного действия взрыва.

Результаты исследований изложены в двух отчетах и докладе автора [1], в его диссертации на соискание ученой степени доктора химических наук (гл. 10). В официальном отзыве ИХФ АН СССР (1955) отмечено: «В 1946 г. эта работа была доложена на семинаре отдела взрывчатых веществ Института химической физики АН СССР, где она вызвала большой интерес со стороны специалистов в области взрывчатых веществ (ВВ)... А.Г. Карабаш впервые применил устройство из одного ВВ («линза») для изменения формы фронта детонационной волны в другом ВВ. Термин «линза» прочно вошел в обиход. При помощи «линз» А.Г. Карабашу удалось обнаружить усиление действия взрыва за счет так называемого внутреннего (в массе ВВ) кумулятивного эффекта...» Применение линз ВВ отмечено в работах по созданию РДС-1 [1, 2] и применительно к кумулятивным зарядам [4].

Список литературы

1. Карабаш А.Г. Преломление детонационных волн. Повышение направленного действия взрыва применением собирающих линз ВВ: Доклад на семинаре отдела взрывчатых веществ. (Заседание 52, 13 июня 1946 г.). - М.: Институт химической физики АН СССР, 1946.
2. Круглов А.К. Как создавалась атомная промышленность в СССР. - М.: ЦНИИ Атоминформ, 1995. - С. 144.
3. Жучихин В.И. Первая атомная. Записки инженера-исследователя. - М.: ИздАт, 1993. - С. 27.
4. Баум Ф.А., Станюкович К.П., Шехтер Б.И. Физика взрыва. - М.: - Физматгиз, 1959. - С. 477-478.

Поступила в редакцию 23.11.99.

УДК 51-72: 621.039.586: 536.42

Calculation Model of Long-Term Axial Advance of Heat-generating Mass under LMFR Accident with Fuel Assemblies Melting \G.N. Vlasichev, G.B. Usynin; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnykh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2000. – 9 pages, 3 illustrations. – References, 17 titles.

The model is developed for long-term advance of the melted heat-generating mass from the reactor core to pressure head chamber under accident with blocking of separate fuel assembly of fast reactor. The model is intended for estimation of depth and time of advance of the heat-generating mass. The model of a non-stationary effective heat conductivity is utilized for mathematical description. The approximate numerical solution of an initial two-dimensional differential heat conductivity equation with anisotropy in axial and radial directions is obtained. The numerical estimations of the fuel downward propagation from the core in one fuel assembly and in group of 7 fuel assemblies of the fast reactor are carried out.

УДК 534.222.2:662.2

Refraction of Detonation Waves and Increase of Directional Effect of Explosion by Application of Collecting Lenses of Explosive Substances \A.G. Karabash; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnykh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2000. – 10 pages, 5 illustrations, 1 table. – References, 4 titles.

Phenomenon of refractivity of detonation waves, set in 1945 and revealed itself in a cumulative effect of the collecting lenses in systems of condensed explosive substances with different velocity of detonation, is described in this paper.

The main regularity of the phenomenon under detonation is the analogy to the general laws of distribution of propagation undulatory processes (the Snell law etc.) is shown in the simplified theoretical model on the basis of great number of experiments.

The experimental data and new principles of increasing the directional effect of explosion were taken into account in basic researches at making RDS-1.