

ОСЛАБЛЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВА В ВАКУУМЕ ПРИ ПОМОЩИ ПЕРФОРИРОВАННОЙ ПРЕГРАДЫ

В. В. Сильвестров, Н. Н. Горшков, А. В. Пластинин
(Новосибирск)

Перфорированные преграды используются для гашения нестационарных ударных волн (УВ), возникающих при быстром опустошении газгольдеров [1], для ослабления воздушных УВ в подземных выработках [2], при сильных взрывах [3], а также при создании взрывных камер [4, 5]. При гашении взрывных волн такие преграды располагаются, как правило, в дальней зоне взрыва, где взаимодействие собственно продуктов детонации на преграду мало по сравнению с действием присоединенной массы воздуха. Показано, что перфорированные преграды могут быть эффективным средством ослабления механического действия взрыва. Степень ослабления зависит не только от коэффициента перфорации и интенсивности УВ, но и от структуры преграды. Поэтому результаты [1—5] практически невозможно использовать для количественного предсказания степени ослабления действия взрыва в иных условиях. Задача настоящей работы — экспериментальное изучение защитного действия простейшей перфорированной преграды при взрыве в вакууме с целью снижения механических нагрузок на несущую оболочку конструкций типа вакуумированных взрывных камер [6].

Эксперименты проводились в камере (рис. 1), состоящей из тонкостенной (3 мм) цилиндрической оболочки с диаметром и высотой около 500 мм, жестко связанной с двумя массивными фланцами 4. Внутри камеры 2 располагался динамический экран 3, состоящий из расположенных по окружности вертикальных стержней диаметром 12—20 мм, соединенных в единую конструкцию при помощи двух дисков. Стержни экрана образуют преграду, коэффициент перфорации S которой определяется как отношение площади отверстий к площади боковой поверхности преграды. Величина S изменялась за счет числа стержней n и диаметра отдельного стержня d : $S \approx 1 - nd/(\pi D)$, где $D = 192$ мм — диаметр установки стержней.

Внутри экрана в геометрическом центре камеры размещался модельный заряд ВВ из сплава ТГ 50/50 массой 15 г в виде цилиндра диаметром 25 и высотой 20 мм. Двустороннее иницирование заряда создавало осесимметричное течение продуктов взрыва. Динамическое давление торможения продуктов на стенку камеры определялось пьезодатчиком 1, аналогичным рассмотренному в [7]. Для измерения деформации материала стенки камеры на ее внешнюю поверхность наклеены два тензодатчика 5: один ориентирован по оси оболочки, другой — в азимутальном направлении. Все элементы конструкции изготовлены из пержавеющей стали; объем камеры вакуумировался до давления $\sim 0,1 \div 1$ Торр.

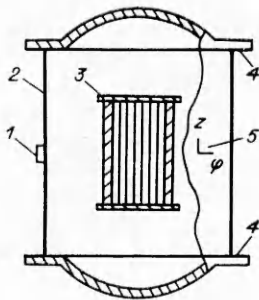


Рис. 1. Схема экспериментальной камеры.

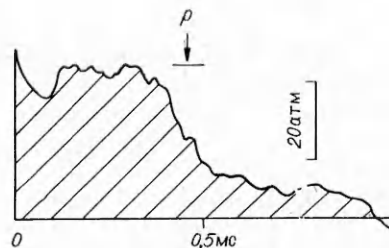


Рис. 2. Типичная осциллограмма с пьезодатчика.

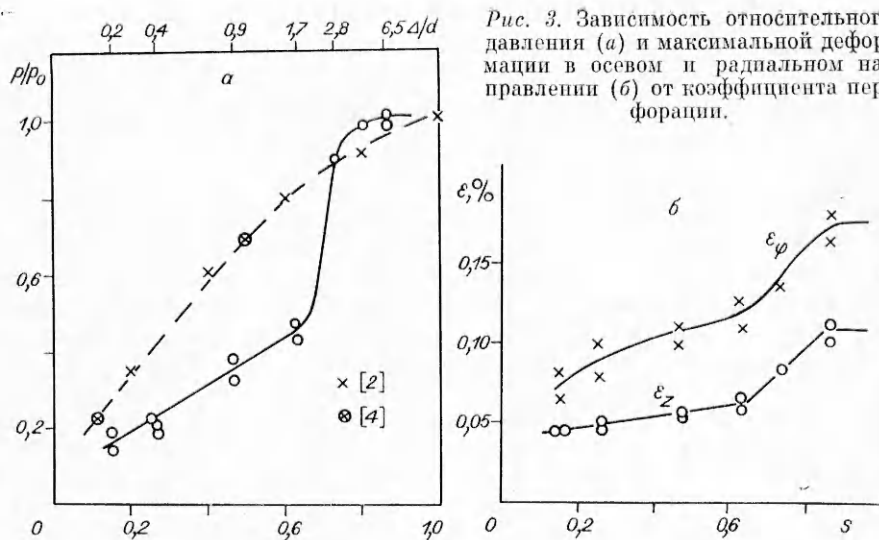


Рис. 3. Зависимость относительного давления (а) и максимальной деформации в осевом и радиальном направлениях (б) от коэффициента перфорации.

На рис. 2 приведена типичная осциллограмма с пьезодатчика, иллюстрирующая профиль давления торможения продуктов взрыва па стенку ($S = 0,63$, $n = 16$, $d = 14$ мм). В качестве характерного значения давления p принималась величина, соответствующая наблюдаемой «полке» сигнала (отмечена стрелкой на рисунке). Максимальное давление достигало 9 МПа при $S \approx 1$. На рис. 3 показана зависимость относительного давления p/p_0 и максимальной деформации в осевом ε_z и радиальном ε_ϕ направлениях от коэффициента перфорации. Каждая точка соответствует результатам отдельного опыта. Видно, что применение простейшей однородной преграды позволяет и в вакууме существенно уменьшить давление продуктов взрыва па стенку и деформацию ее материала. Обращает внимание резкое уменьшение отношения p/p_0 (примерно в 2 раза) в интервале $S = 0,65 \div 0,75$ (рис. 3, а). Подобный участок наблюдается и на зависимости ε_z , ε_ϕ от S (рис. 3, б).

Для сравнения на рис. 3, а приведены данные по снижению давления за фронтом УВ в воздухе при $p = 1$ атм (пунктирная линия) [2, 4] с помощью аналогичной перфорированной преграды, состоящей из серии вертикально расположенных стержней. В отличие от взрыва в вакууме эта зависимость имеет более монотонный характер.

Для понимания этого различия рассмотрим, что происходит при обтекании отдельных элементов преграды продуктами взрыва. При взрыве в воздухе возможны как сверх-, так и дозвуковой режимы обтекания элементов преграды в зависимости от ее удаления от места взрыва. Особенности течения в вакууме состоит в том, что всегда реализуется режим сверхзвукового обтекания. При дозвуковом течении эффект действия преграды обусловлен ее гидродинамическим сопротивлением, для простейшей преграды он мал и монотонно зависит от S [3]. При сверхзвуковом течении образуется отраженная от непроходимой части преграды УВ, геометрические параметры и интенсивность которой зависят прежде всего от числа Маха M в набегающем потоке. При взрыве в воздухе $M \approx 1$, и интенсивность отраженной волны мала. При взрыве в вакууме скорость разлета продуктов взрыва, оцениваемая по временной задержке появления сигнала на пьезодатчике от момента подрыва, достигает 4–5 км/с. При этом $M \geq 10$ и образуется сильная отраженная УВ.

Если расстояние Δ между отдельными стержнями преграды велико, $\Delta/d \gg 1$, $S \approx 1$ (см. рис. 3, а), то на газодинамическое течение у отдельного элемента не влияет наличие остальных стержней. Уменьшение Δ приводит к перекрытию фронтов отдельных отраженных волн и, возможно, при $\Delta/d \approx 2 \div 3$ (см. рис. 3, а) образуется единый фронт отра-

жепной волны, которая при взрыве в вакууме приводит к эффективному торможению продуктов детонации. В результате и ослабляется механическое действие последних на стенку камеры. При этом ослабление взрыва определяется отношением $\Delta/d - S/(S-1)$ и скоростью разлета продуктов взрыва. Следовательно, диаметр и число стержней при постоянном S не влияют на коэффициент ослабления.

Таким образом, применение простейшей перфорированной преграды при взрыве в вакууме позволяет существенно уменьшить механическое действие продуктов детонации на стенку камеры. Сравнительно со взрывом в воздухе использование таких преград в вакууме при $S < 0,75$ более эффективно. Возможно, это связано с образованием сплошного фронта сильной, отраженной от преграды УВ, эффективно тормозящей поток разлетающихся продуктов детонации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гвоздовский Г. Л. Уч. зап. ЦАГИ, 1975, 6, 2, 7.
2. Гурий А. А. Управление воздушными ударными волнами при взрывных работах. — М.: Недра, 1978.
3. Альтшулер Л. В., Кругликов Б. С. ПМТФ, 1984, 5, 24.
4. Минеев В. П., Клоповский В. Е. и др. V-th Symp. Explosive working of Metals. Gottwaldov, 1982.
5. Клоповский В. Е., Минеев В. П. и др. ФГВ, 1983, 19, 5, 115.
6. Сильвестров В. В., Минеев Г. В. и др. Отчет ИГиЛ СО АН СССР, 1986, № гос. регистрации 02870005833.
7. Гавриленко Т. П., Николаев Ю. А. ФГВ, 1982, 18, 3, 127.

Поступила в редакцию 24/XI 1986,
после доработки — 25/V 1987

КИНЕТИКА ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЯ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОМ РАСПАДЕ НИТРАТОВ В УДАРНЫХ ВОЛНАХ

*И. С. Заслонко, В. Н. Смирнов, А. М. Тереза,
С. А. Цыганов
(Москва)*

Органические нитраты (изопропилнитрат, изоамилнитрат, циклогексилнитрат и др.) находят все большее применение как химические регуляторы воспламенения моторных топлив (промоторы воспламенения). Систематизация таких сведений приведена в [1].

Основой применения нитратов для этих целей является экспериментально установленный факт существенного сокращения задержек воспламенения топливно-воздушной смеси при введении в нее небольших добавок нитратов. В последнее время развиваются методы кинетического и аналитического моделирования промотированного воспламенения горючих газов [2, 3]. Эти работы в известной степени сдерживаются отсутствием должного числа экспериментальных данных, в полной мере характеризующих особенности воспламенения топливно-воздушных смесей в присутствии промоторов. Так, нет сведений о кинетике энерговыделения при разложении нитроэфиров в области высоких температур, когда характерное время распада измеряется микросекундами, и о кинетическом поведении промежуточных частиц, сопровождающих распад нитроэфиров.

Более того, разложение нитроэфиров при высоких температурах имеет и самостоятельный интерес для исследования горения и детонации, поскольку многие нитроэфиры представляют широкий класс жидких ВВ. С нашей точки зрения, выяснение поставленных выше вопросов следует начать с исследования газофазного разложения нитроэфиров в ударных волнах (УВ), поскольку при этом есть все основания рассчи-