

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ НАГРУЖЕНИЯ И ДЕФОРМИРОВАНИЯ СФЕРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ ПРИ ПОДРЫВЕ В НЕЙ СОСРЕДОТОЧЕННОГО ЗАРЯДА ВВ

В. А. Мальцев, Г. В. Степанов, Ю. А. Конон, В. В. Гурков

(Барнаул)

Анализ работ, в которых изучалось нагружение и деформирование замкнутых оболочек при подрыве сосредоточенных зарядов [1—5], свидетельствует об отсутствии единого мнения в оценке количества ударных волн, воздействующих на их внутреннюю поверхность. Так, в [1, 2] показано, что цилиндрические и сферические оболочки при подрыве в них центрально расположенных геометрически подобных оболочек зарядов подвергаются однократному воздействию ударной волны. Согласно экспериментальным данным, полученным при подрыве зарядов в цилиндрической оболочке, помимо первичной ударной волны, вызванной взрывом заряда ВВ, зарегистрировано воздействие значительного количества вторичных УВ, соизмеримых по амплитуде с первичной волной [3]. Воздействием отраженных ударных волн объясняется наблюдаемое при нагружении тонкостенных оболочек увеличение амплитуды деформации, так называемая «раскачка». Следует отметить, что в работе [4] явление «раскачки» объяснялось взаимодействием различных по частоте форм колебаний, возбуждаемых в оболочке при нагружении. Предположение о возможности резонанса оболочки при периодическом воздействии ударных волн высказано в [5] на основе численного анализа процесса нагружения сферической оболочки при взрыве сосредоточенного заряда.

Поскольку оценка количества ударных волн и их интенсивности имеет решающее значение для корректного расчета напряженно-деформированного состояния оболочек при взрыве в них зарядов ВВ, проведено дополнительное экспериментальное изучение импульса давления, действующего на тонкостенную сферическую оболочку. Размеры оболочки: диаметр 2 м, толщина стенки 8 мм.

Для регистрации импульса нагрузки использовали датчик давления, выполненный, согласно рекомендациям [6—9], с чувствительным элементом из керамики ЦТС-19 и латунным волноводом длиной 0,1 м (рис. 1). При измерениях датчик закрепляли на массивной металлоконструкции, не связанной с оболочкой, и вводили в последнюю с зазором через отверстие таким образом, чтобы плоскость мембраны датчика совпадала с внутренней поверхностью оболочки. Специальных мер по сохранению положения воспринимающей поверхности датчика относительно внутренней поверхности исследуемой оболочки не принимали, так как прирост радиуса последней при максимальном исследованном уровне действующего в ней напряжения не превышает 0,5 мм.

Одновременно с регистрацией давления, воздействующего на оболочку, фиксировали ее деформацию в области расположения датчика давления с использованием тензорезисторов ПКП 10-100, усилителя типа УТ4-1 и электронного запоминающего осциллографа типа С8-2. Частотный диапазон ка-

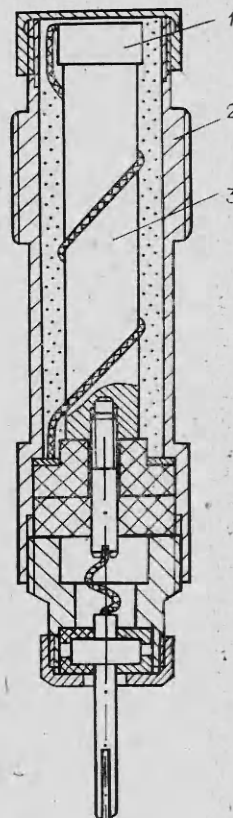


Рис. 1. Конструкция датчика давления.
1 — пьезоэлемент; 2 — корпус; 3 — волновод.

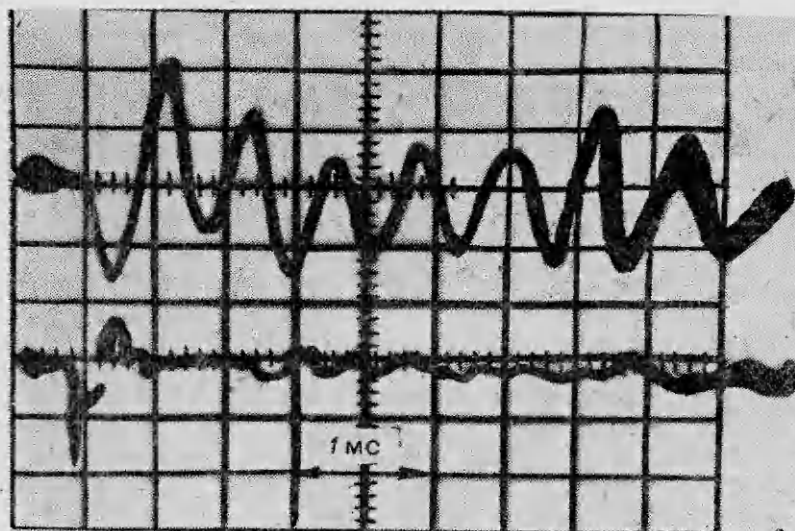


Рис. 2. Зависимость давления на стенке оболочки и деформация ее от времени; заряд аммонита 6ЖВ 0,25 кг

нала регистрации деформации оболочки находится в пределах 0—2,0 кГц, что достаточно для рассматриваемого случая, поскольку частота радиальных колебаний оболочки не превышает 1,25 кГц. Синхронизация развертки осциллографа с моментом подрыва заряда осуществлялась при помощи ионизационного датчика, выполненного из двух проводников, вводимых в заряд с его поверхности на глубину 10—15 мм.

В геометрическом центре оболочки подрывали сосредоточенные заряды из аммонита 6ЖВ, массу которых ограничивали величиной, при которой напряжение в оболочке не превышало 180 МН/м^2 . В проведенных экспериментах отношение радиусов оболочки и заряда изменялось от 17,5 до 30.

На полученных осциллограммах, одна из которых представлена на рис. 2, с задержкой 400 мкс, равной времени пробега ударной волны до оболочки, наблюдается пик давления длительностью 150 мкс, соответствующий ударной волне взорванного заряда. С задержкой 1,2 мс относительно прихода первичной ударной волны на осциллограммах наблюдаются возмущения, не превышающие по амплитуде 30% амплитуды первичной волны и не имеющие крутого переднего фронта. Из анализа осциллограмм следует, что деформирование оболочки начинается в момент воздействия на нее ударной волны, причем наличие более поздних зарегистрированных возмущений не оказывает заметного влияния на процесс деформирования. Длительность воздействия на оболочку первичного импульса давления не превышает четверти периода основного тона ее колебаний [10].

Полученные результаты не совпадают с выводами работы [3], в которой при проведении экспериментов зазор между датчиком давления и оболочкой был герметизирован, вследствие чего датчик мог регистрировать периодическое воздействие со стороны циклически деформирующейся оболочки. Для проверки данного предположения проведены эксперименты, в которых датчик давления был закреплен на оболочке при помощи резьбовой втулки. Полученные при этом осциллограммы оказались аналогичны приведенным в работе [3], причем в обоих случаях период колебаний оболочки совпадает с периодом регистрируемых пиков давления.

Таким образом, на основании полученных экспериментальных данных можно считать, что при нагружении замкнутой сферической оболочки подрывом центрально расположенного сосредоточенного заряда в пределах упругости ее материала оболочка испытывает однократное воз-

действие ударной волны, время действия положительной фазы нагрузки не превышает четверти периода ее радиальных колебаний, а наблюдаемое увеличение амплитуды деформации обусловлено суперпозицией возбуждаемых при нагружении форм колебаний.

Поступила в редакцию 20/II 1984

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Е. Войтенко, А. Ф. Демчук, Б. И. Куликов. ПТЭ, 1970, 1, 20.
 2. А. Ф. Демчук. Канд. дис. Новосибирск, ИГ, 1971.
 3. А. А. Бузуков. ФГВ, 1980, 16, 5, 87.
 4. А. А. Бузуков. ФГВ, 1976, 12, 4, 605.
 5. С. А. Ждан. ФГВ, 1981, 17, 2, 142.
 6. А. М. Туричин, В. П. Новицкий, Е. С. Левина и др. Электрические измерения неэлектрических величин. Л.: Энергия, 1975.
 7. Р. И. Солоухин. Ударные волны и детонация в газах. М.: Физматгиз, 1963.
 8. Г. Ф. Саламандра. Некоторые методы исследования быстропротекающих процессов и их применение к изучению формирования детонационной волны. М.: Изд-во АН СССР, 1960.
 9. А. Н. Петунин. Методы и техника измерений параметров газового потока. М.: Машиностроение, 1972.
 10. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник в 3-х томах/Под ред. А. И. Биргера. М.: Машиностроение, 1968.
-