

Рис. 4 иллюстрирует применение метода для записи более сложного процесса отражения ударной волны от закрытого конца трубки и возникновения детонации в сжатом газе. На осциллограмме видны: падающая ударная

Рис. 4. Осциллограмма процесса возникновения детонации за отраженной ударной волной в смесях $0,8 \text{ Ag} + 0,2 (\text{H}_2 + \text{O}_2)$:
I — плотность; II — давление. Метки времени 10 мксек.

волна 1, отраженная волна 2 с отклонением луча, противоположным волне 1, и скачок плотности во фронте волны детонации 3. Второй луч на этой осциллограмме — запись давления процесса. Сравнительные данные для измерений, приведенные в таблице,

Состав газа	Число Маха ударной волны	Отношение скачков плотности в падающей и отраженной ударных волнах	
		расчет	опыт
Ag	2,48	0,58	0,625
$0,8 \text{ Ag} + 0,2 (\text{H}_2 + \text{O}_2)$	2,43	0,58	0,64
$0,8 \text{ Ag} + 0,2 (\text{H}_2 + \text{O}_2)$	2,48	0,61	0,58
$0,8 \text{ Ag} + 0,2 (\text{H}_2 + \text{O}_2)$	2,48	0,61	0,62
$0,8 \text{ Ag} + 0,2 (\text{H}_2 + \text{O}_2)$	2,55	0,60	0,60

указывают на хорошее соответствие между измеренными и рассчитанными значениями скачка плотности в падающей и отраженной ударных волнах.

Выражаю признательность Г. А. Заварзину за помощь в проведении опытов.

Поступила в редакцию
30/XII 1964

А. М. Болдарев, Ю. А. Попов
(Новосибирск)

ДВИЖЕНИЕ ЖИДКОСТИ ВБЛИЗИ СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ УДАРНОЙ ВОЛНЫ

В работе описывается полученная с помощью скоростной киносъемки картина движения жидкости вблизи свободной поверхности при нормальном отражении от нее ударной волны подводного взрыва и дается качественное объяснение наблюдаемых процессов. Экспериментально подтверждается возможность слоения жидкости. Показано также образование зоны кавитации и разрушение отдельных слоев отколовшейся жидкости.

Поверхностные явления при подводном взрыве тесно связаны с отражением ударной волны и движением газового пузыря. Визуальные наблюдения показывают, что вначале на свободной поверхности образуется быстро расширяющийся круг раздробленной жидкости, затем происходит заметный подъем брызг и далее появляется водяной фонтан. Более детальное рассмотрение происходящих процессов возможно с помощью скоростной киносъемки. Такая съемка в натуральных условиях затруднительна, так как должна захватывать как надводную, так и подводную области, примыкающие к свободной поверхности воды.

Для изучения движения жидкости со свободной поверхностью под действием ударной волны в лабораторных условиях использовалась взрывная камера прямоугольного сечения размером $80 \times 10 \times 3 \text{ см}^3$. Киносъемка велась через смотровые окна, вмон-

тированные в верхнюю часть камеры, со скоростью 2000 кадров/сек. Применялась дополнительная подсветка с помощью зеркальных ламп мощностью 500—1000 вт. Ударная волна в воде создавалась с помощью электровзрыва. Во всех опытах изучалось нормальное отражение от свободной поверхности.

Движение воды на свободной поверхности в случае слабого взрыва показано на рис. 1. Время отсчитывается от того момента, когда ударная волна выходит на границу вода—воздух. Первоначально все частицы воды на свободной поверхности движутся с одинаковыми скоростями вертикально вверх. Затем все более заметным ста-

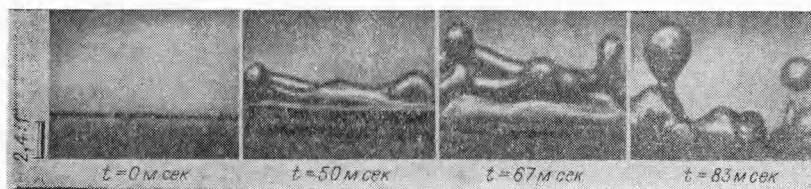


Рис. 1.

новится отделение от основной массы жидкости нескольких слоев, которые движутся с различной скоростью. Далее происходит постепенное изменение формы отколовшихся слоев воды. На их поверхности появляются волны, возрастающие по амплитуде. В вершинах волн образуются капли воды, которые затем отрываются от слоя и движутся самостоятельно. Так как движение капель и слоев тормозится воздухом, то через некоторое время они вновь сливаются с основной массой воды. В некоторых слу-

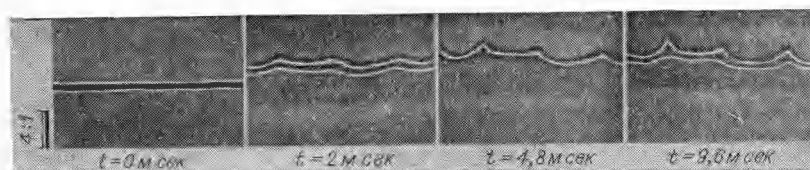


Рис. 2.

чаях капли не успевают окончательно оторваться от поверхности слоя. Образование отдельных слоев жидкости и их разрушение требуют значительно большего времени, чем взаимодействие падающей и отраженной ударных волн, породившее эти процессы.

Развитие волн на поверхности слоя показано на рис. 2. Волны имеют периодическую структуру. Четко выделяются длина волны и ее амплитуда. Последняя соиз-

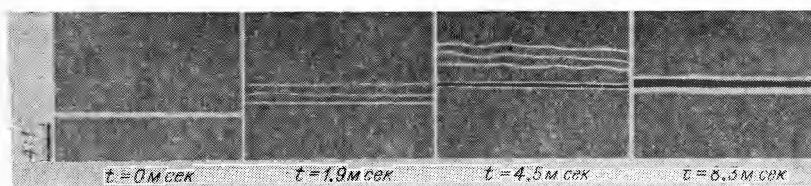


Рис. 3.

мерима с толщиной слоя. Вертикальное движение слоя, отколовшегося от основной массы жидкости, неустойчиво. Первоначальные возмущения, имеющиеся на поверхности жидкости, возрастают и приводят к дроблению слоя на отдельные капли. Неустойчивость такого рода изучалась теоретически и экспериментально в работах [1, 2].

С увеличением мощности взрыва характер происходящих на свободной поверхности процессов несколько изменяется. Увеличивается число слоев оторвавшейся жидкости и скорость их движения. Уменьшается толщина отколовшихся слоев (рис. 3). По-прежнему движущиеся слои воды неустойчивы. Волны на поверхности имеют большую амплитуду у наружных слоев и меньшую у внутренних. В процессе движения верхние слои тормозятся быстрее, чем нижние, постепенно происходит объединение нескольких слоев в один. Дальнейшее увеличение мощности взрыва вызывает откол большого количества весьма тонких слоев, которые, быстро разрушаясь, образуют так называемые

мую область сплошной кавитации (рис. 4). Эта область расширяется в глубь жидкости. Кавитирующая вода, в свою очередь, с большой скоростью движется вверх. Граница раздела между водой и воздухом в этом случае остается горизонтальной, так как первоначальные возмущения на поверхности, имеющие размеры порядка толщины слоя, малы и в дальнейшем не развиваются вследствие влияния подпора остальной

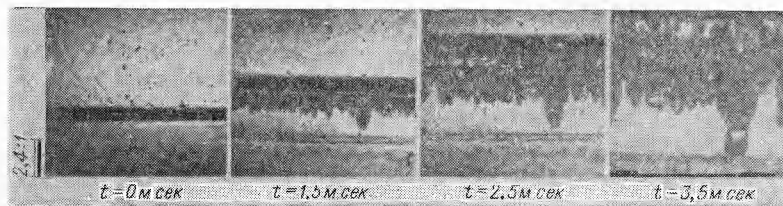


Рис. 4.

массы жидкости. Если на поверхности воды находится жидкость с большей вязкостью, например масло, то в ней наблюдается слоение в то время, как в воде образуется область сплошной кавитации.

Полученные экспериментальные данные находятся в качественном соответствии с откольной теорией [3]. Подобно тому, как это происходит в твердом теле, взаимодействие падающей и отраженной волн вызывает в жидкости отрицательные давления. Так как обычная вода практически не сопротивляется растягивающим напряжениям, происходит нарушение ее сплошности.

Поступила в редакцию
3/XII 1964

ЛИТЕРАТУРА

1. G. Taylor. Proc. Roy. Soc., A, 1950, 201, 192.
2. D. Lewis. Proc. Roy. Soc., A, 1950, 202, 81.
3. Ю. С. Яковлев. Гидродинамика взрыва. Л., Судпромгиз, 1961.

Редактор Л. С. Кравченко
Художественный редактор В. Г. Бурыкин
Технический редактор А. М. Вялых
Корректоры: Л. И. Коршунова, В. Г. Прохорова

Сдано в набор 22 февраля 1965 г. Подписано в печать 15 мая 1965 г. МН 00552. Бумага 70×108/16.
7,25 печ. л., 9,9 усл. печ. л., 10,7 уч.-изд. л. Тираж 1100 экз.

Редакционно-издательский отдел Сибирского отделения АН СССР. Новосибирск, Советская, 20.
Заказ № 37. Типография № 1. г. Новосибирск, Красный проспект, 22. Цена 1 р. 15 к.