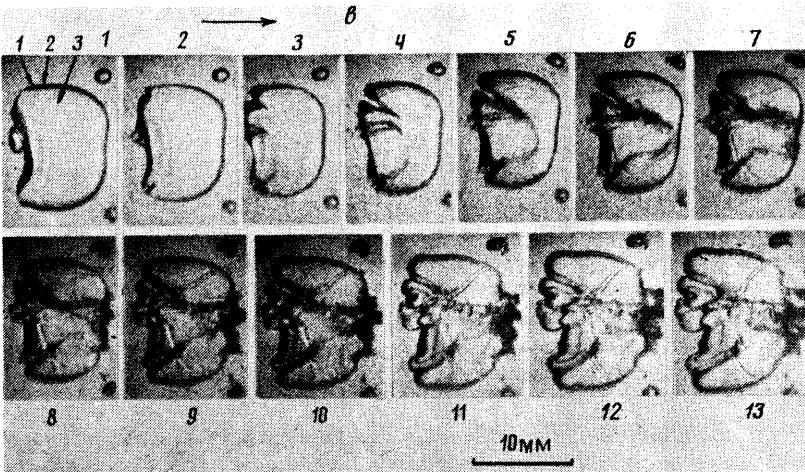
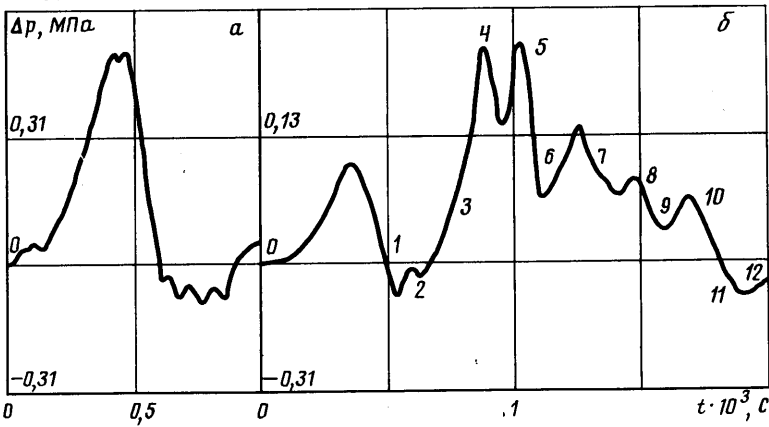


УДК 532.529

© 1992 г. В. Е. ДОНЦОВ, В. Е. НАКОРЯКОВ

РАЗРУШЕНИЕ ВОЛНЫ ДАВЛЕНИЯ ГАЗОВОЙ ПЛЕНКИ В УЗКОЙ ЩЕЛИ,
ЗАПОЛНЕННОЙ ЖИДКОСТЬЮ

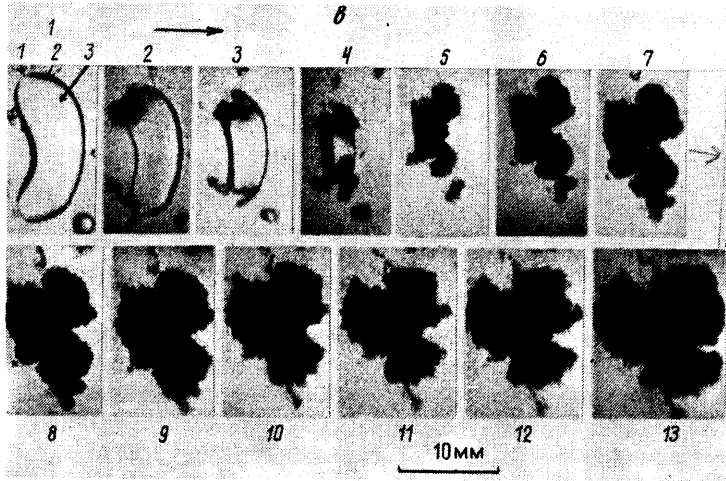
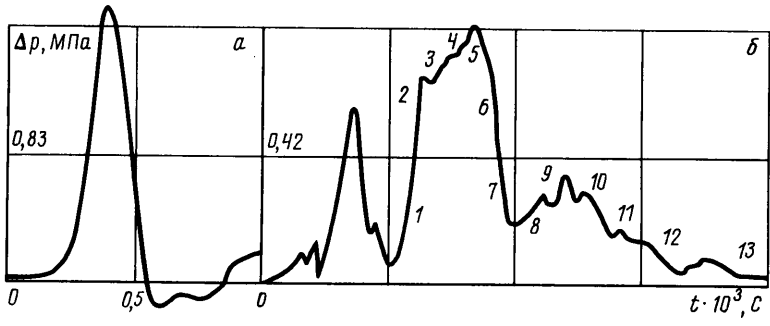
В работах [1—4] представлены результаты исследования разрушения газовых пузырьков волнами давления умеренной интенсивности и предложены различные механизмы дробления пузырьков. Показано, что разрушение может происходить вследствие образования кумулятивной струи жидкости на границе пузырька или вследствие неустойчивости из-за относительного движения пузырька в волне. В [5] представлены экспериментальные данные по разрушению волной давления газовой пленки в жидкости у твердой поверхности. Показано, что при амплитудах волн $\Delta p/p_0 \geq 1$ происходит образование струи жидкости на границе газовой пленки. Струя, распространяясь вдоль твердой стенки, отрывает от нее пленку и уносит в окружающую жидкость.



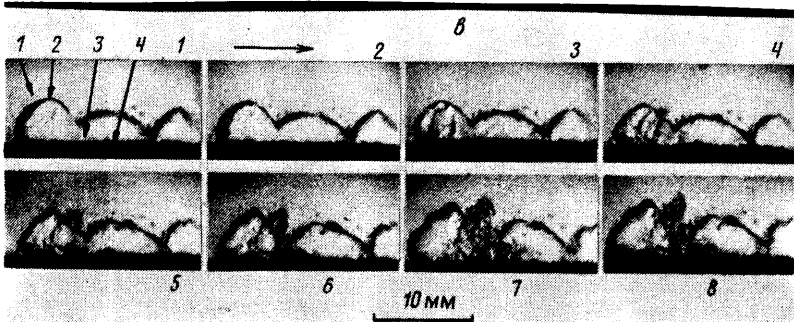
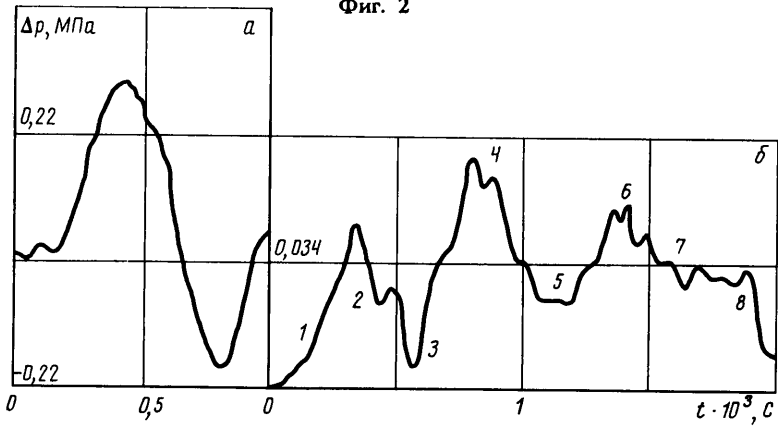
Фиг 1

Целью данной работы является исследование поведения в волне давления газовой пленки в узкой щели, заполненной жидкостью.

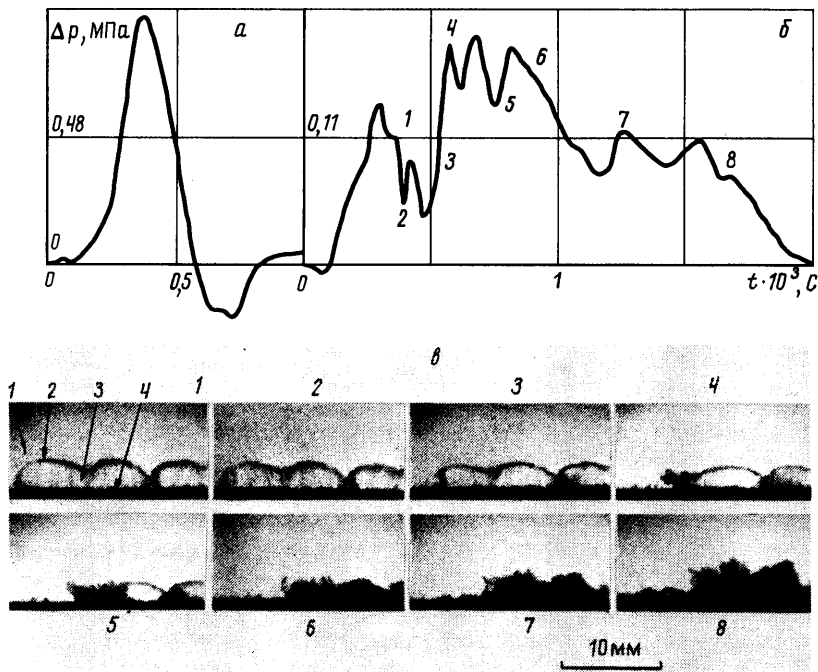
Опыты проводились на установке типа «ударная труба». Принцип работы установки описан в [5]. Существует несколько особенностей проведения опытов, представленных в данной работе. Рабочий участок представляет собой вертикально расположенную узкую щель



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

размером $2 \times 48 \text{ мм}^2$ и высотой 0,5 м, которая заполнялась дистиллированной водой. Газовая пленка получалась путем кратковременного вдува газа в нижнюю часть рабочего участка. Если газ вдувался через капилляр, то образовывался несимметричный плоский пузырь, толщина которого была равна толщине щели и составляла 2 мм. Размеры пузыря в плоскости щели в несколько раз превышали его толщину. При вдуве газа через пористую вставку в щели размером $2 \times 5 \text{ мм}^2$ и высотой 50 мм на пористой поверхности образовывалась газовая пленка, толщина которой также была равна толщине щели.

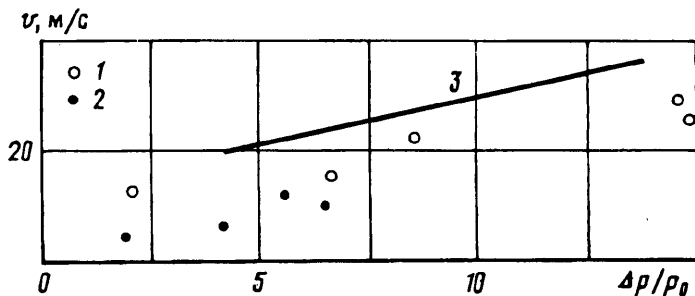
Профили волн давления регистрировались пьезоэлектрическими датчиками давления Д1 и Д2, расположенными на расстоянии 400 мм до пленки и в месте нахождения газовой пленки соответственно.

В результате проведенных опытов показано, что при амплитудах волн $\Delta p/p_0 \geq 1$ наблюдается разрушение газовых пузырей в узкой щели, заполненной жидкостью, путем образования струй жидкости на границе пузыря. На фиг. 1 представлены осциллограммы профилей волн давления с датчиков Д1 (а), Д2 (б) и кинограмма поведения воздушного пузыря в моменты времени, обозначенные цифрами на профиле волны давления (в). В нижней части кинограммы показан масштаб пузыря. Стрелкой обозначено направление распространения волны. Цифрой 1 на первом кадре обозначена окружающая пузырь жидкость, 2 — граница пузыря, 3 — газовый пузырь. Из кинограммы видно, что в процессе распространения волны происходит образование струй жидкости на передней кромке пузыря (фиг. 1, в, кадры 2—3). Струи пробивают пузырь и выходят с его задней стенки в жидкость (фиг. 1, в, кадры 8—9). Механизм такого струйного разрушения аналогичен механизму образования кольцевых струй в пузырьках [3, 4] и механизму образования жидких струй на газовой пленке в жидкости у твердой стенки [5].

Следует отметить, что пузырь с запаздыванием реагирует на изменение давления в волне. Это обусловлено, по-видимому, тем, что период собственных колебаний пузыря превышает длительность передней части волны. Осцилляции на фронте волны обусловлены колебаниями мелких пузырьков, образующихся при формировании крупного пузыря.

При увеличении амплитуды волны скорость жидких струй увеличивается и время струйного разрушения пузыря уменьшается (фиг. 2). Одновременно с образованием струй поверхность газового пузыря становится неустойчивой и покрывается поверхностными волнами. Вследствие этого пузырь становится непрозрачным (фиг. 2, в, кадры 4—5). Однако за время распространения волны неустойчивость не успевает развиться и пузырь не разваливается на мелкие газовые включения.

Перейдем к рассмотрению поведения в узкой щели, заполненной жидкостью, газовой пленки, которая выдувается с твердой пористой поверхности. При малых амплитудах $\Delta p/p_0 < 1$ волна практически не приводит к качественным изменениям в газовой пленке. На фиг. 3 показаны профили волн давления с датчиков Д1 (а), Д2 (б) и кинограмма поведения газовой пленки в волне (в). Цифрой 1 на первом кадре обозначена жидкость, 2 — граница пленки, 3 — газовая пленка, 4 — твердая пористая стенка. Видно, что при распространении волны на



Фиг. 5

передней кромке пленки у твердой стенки начинает образовываться струя жидкости (фиг. 3, в, кадр 4). Однако она не успевает развиться за время прохождения волны и отрыва пленки от стенки не происходит. Кроме того, поверхность пленки покрывается поверхностными волнами. Но, так как число Вебера меньше критического, они быстро затухают и не приводят к разрушению пузырька.

При интенсивностях волн $\Delta p/\rho_0 \gtrsim 1$ на передней кромке газовой пленки в узкой щели, заполненной жидкостью, возникает струя жидкости (фиг. 4). Струя, распространяясь вдоль твердой стенки, отрывает от нее газовую пленку и уносит в жидкость. Одновременно с отрывом пленки наблюдается развитие неустойчивости на ее поверхности из-за относительного движения жидкости за волной (фиг. 4, в, кадры 6—8). Следует отметить, что появление новой газовой пленки в месте отрыва предыдущей обусловлено непрерывностью ддува газа через пористую поверхность в течение опыта (фиг. 4, в, кадры 6—8).

Таким образом, показано, что поведение в волне давления газовых пузырей и пленок на твердой стенке в узкой щели, заполненной жидкостью, качественно не отличается от поведения пузырьков в неограниченном объеме жидкости.

На фиг. 5 приведены опытные данные по средней скорости жидкой струи за время прохождения волны в пузырьке (точки 1) и в пленке у твердой пористой стенки (точки 2) в узкой щели, заполненной жидкостью. Прямой 3 показаны опытные данные по средней скорости кольцевой струи в газовых пузырьках в неограниченном объеме жидкости [4]. В [5] показано, что скорость жидкой струи в газовой пленке у твердой стенки в неограниченном объеме жидкости практически совпадает со скоростью кольцевой струи в пузырьках, т. е. описывается прямой 3.

Экспериментальные точки по скорости жидких струй в узкой щели лежат существенно ниже прямой 3. Следовательно, наличие стесненности (т. е. характерный размер по одной из осей координат намного меньше, чем по другим) существенно сказывается на формировании и скорости жидких струй в газовых пузырьках и пленках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кедринский В. К., Солоухин Р. И. Сжатие сферической газовой полости в воде ударной волной//ПМТФ. 1961. № 1. С. 27—29.
2. Гельфанд Б. Е., Губин С. А., Нигматулин Р. И., Тимофеев Е. И. Влияние плотности газа на дробление пузырьков ударными волнами//Докл. АН СССР. 1977. Т. 235. № 2. С. 292—294.
3. Накоряков В. Е., Донцов В. Е., Марков П. Г. Исследование поведения газовых пузырьков в волне давления умеренной интенсивности//Докл. АН СССР. 1989. Т. 309. № 4. С. 818—820.
4. Донцов В. Е., Марков П. Г. Исследование дробления пузырьков газа и его влияния на структуру уединенных волн давления умеренной интенсивности в жидкости с пузырьками газа//ПМТФ. 1991. № 1. С. 45—49.
5. Донцов В. Е., Накоряков В. Е. Взаимодействие волны давления с газовой пленкой в жидкости у твердой поверхности//Изв. АН СССР. МЖГ (в печати).

Новосибирск

Поступила в редакцию
28.VI.1991