

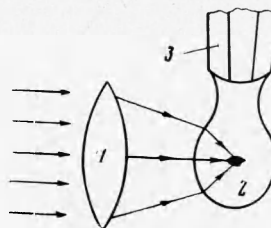
ДАВЛЕНИЕ НА ФРОНТЕ УДАРНОЙ ВОЛНЫ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ ПРОБОЯ ЛАЗЕРНОЙ ИСКРЫ В ВОДЕ

А. А. Бузук, В. С. Тесленко

(Новосибирск)

Приводятся результаты экспериментального определения давлений на фронте ударной волны, возникающей при пробое в воде, который вызван излучением рубинового ОКГ, на расстояниях от 0.4 до 3 мм от фокального пятна по направлению, нормальному оси излучения, с помощью метода откола жидкости при отражении ударной волны от свободной поверхности.

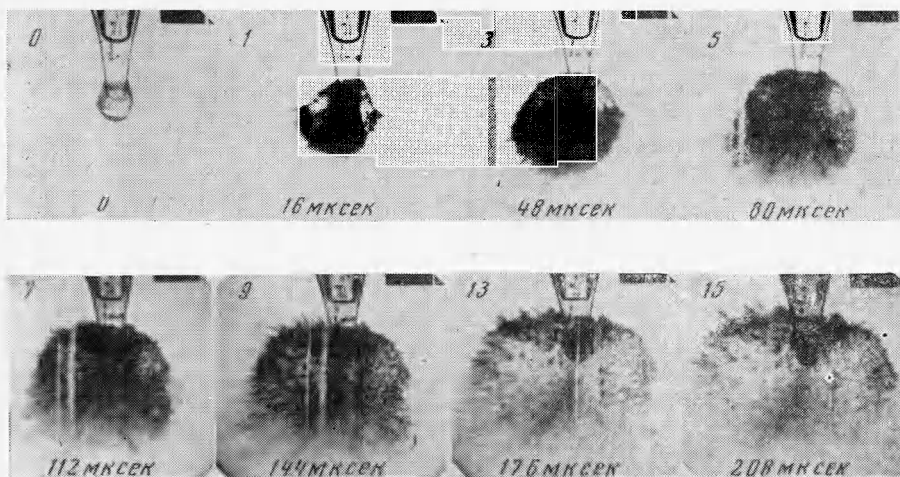
Известно [1,2], что при фокусировке мощного моноимпульсного излучения лазера в жидкость наблюдаются явления, характерные для подводного взрыва, — образование ударных волн и пульсирующей полости. Измерение поля давлений при микровзрыве в жидкости, получаемом фокусировкой излучения лазера, является сложной методической задачей. К числу обстоятельств, осложняющих измерение, относятся кратковременность действия первого импульса сжатия, наличие сложной серии волн сжатия и разрежения [2], большая кривизна фронта волны вблизи пробоя. Если на расстояниях свыше 1 см от фокуса луча удается с контролируемыми погрешностями произвести запись эпюры давления с помощью миниатюрных пьезодатчиков [3], то в ближней к месту пробоя зоне такие измерения провести оказывается практически невозможно. В принятой постановке начальная скорость движения приповерхностного слоя жидкости определялась в акустическом приближении как сумма массовых скоростей потока за падающей на свободную поверхность ударной волной и отраженной волной разрежения [4]



Фиг. 1

$$U = \frac{2P \cos \alpha}{\rho c} \quad (1)$$

Здесь U — нормальная к свободной поверхности скорость движения жидкости, P — давление в падающей ударной волне, ρ — плотность жидкости, c — скорость звука в жидкости, α — угол падения ударной волны на свободную поверхность.

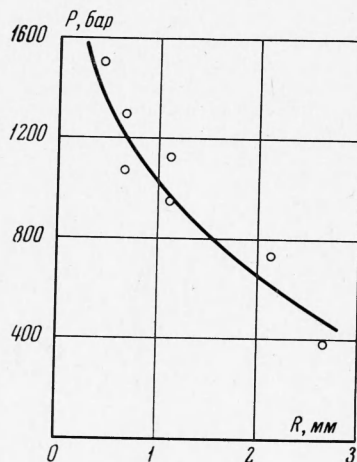


Фиг. 2

Формула (1) в диапазоне начальных скоростей от 15—20 до 300—350 м/сек хорошо подтверждается экспериментальными данными для случая взрывов сферических зарядов химического ВВ. Вне указанного диапазона начальных скоростей необходимы поправки, так как при более высоких скоростях потока существенное влияние на движение откольных слоев оказывают другие свойства воздуха. Кроме того, в формуле

(1) необходимо скорость звука c заменить на скорость фронта ударной волны, которая начинает заметно отличаться от c . При более низких скоростях заметным образом проявляются прочностные свойства воды [9]. Наблюдаемая начальная скорость разлета воды определяется именно откольными явлениями, а не поршневым действием парагазовой полости; чтобы убедиться в этом, следует обратиться к работе [2], в которой показано, что энергия сжатия в ударной волне, переходящая в кинетическую энергию движения откольных слоев, по крайней мере не ниже, чем энергия, запасенная пульсирующей полостью.

Так как область пробоя не является сферически симметричной, а вытянута вдоль оси излучения [2], указанным методом можно производить измерения только по нормали к оси излучения. Измерения же вдоль и навстречу оси излучения осложнены трудностью определения центра пробоя, а также наличием серии волн сжатия, возникающих при образовании отдельных парагазовых пузырьков, расположенных вдоль оси. А так как сфокусировать параллельно плоской поверхности воды луч лазера непосредственно вблизи этой поверхности невозможно и, кроме того, на малых заглублениях луча фронт ударной волны имеет большую кривизну, то в данных экспериментах осуществлялась фокусировка луча в капле воды.



Фиг. 3

строго на оси капельницы на определенном расстоянии от нижней точки капли, а оптическая ось луча внутри капли оказывалась горизонтальной. Обработка кинограмм позволяла определить начальную скорость разлета воды в направлении, нормальном оси излучения, и затем с использованием формулы (1) находить давление на фронте ударной волны на различных расстояниях от центра пробоя.

Результаты измерения давлений приведены на фиг. 3. В расчетах принималось $\cos \alpha = 1$, прочностные свойства воды и поверхностное натяжение не учитывались. Интересно отметить, что полученные данные смыкаются с результатами измерения давлений на фронте ударной волны, приведенными в работе [2]. Однако их следует признать оценочными, так как механизм разлета воды в условиях приповерхностного микровзрыва еще недостаточно хорошо изучен.

В заключение авторы благодарят Е. И. Биченкова, Ю. А. Тришина, В. К. Кедринского за интерес к работе и обсуждение ее результатов.

Поступила 18 VII 1969

ЛИТЕРАТУРА

1. Действие лазерного излучения. М., «Мир», 1968.
2. Бузуков А. А., Попов Ю. А., Тесленко В. С. Экспериментальное исследование взрывного процесса, вызванного фокусировкой моноимпульсного излучения лазера в воду, ПМТФ, 1969, № 5.
3. Нестерихин Ю. Е. Солоухин Р. И. Методы скоростных измерений в газодинамике и физике плазмы, М., «Наука», 1967.
4. Коул Р. Подводные взрывы. М., Изд-во иностр. лит., 1950.
5. Замышляев Б. В., Яковлев Ю. С. Динамические нагрузки при подводном взрыве. Л., «Судостроение», 1967.