

Здесь $\Phi(\omega)$ — спектр мощности пристеночных пульсаций давления. Подставляя значение функции корреляции в выражение (11), получим поле на бесконечности

$$\overline{p_{зв}^2} = \Phi(\omega) \frac{1}{16\pi^2} \iint_{\xi_1^2 + \xi_2^2 < \frac{\omega^2}{c^2}} d\xi_1 d\xi_2 A'(\xi_1) B'(\xi_2),$$

где

$$A'(\xi_1) = \frac{0,2}{0,01 + \left(1 + \frac{\xi_1 u_c}{\omega}\right)^2}; \quad B'(\xi_2) = \frac{1}{0,25 + \left(\xi_2 \frac{u_c}{\omega}\right)^2}.$$

Для отношения мощности звукового поля к мощности пристеночных пульсаций давления получается соотношение

$$\frac{\overline{p_{зв}^2}}{\Phi(\omega)} \approx 0,016 M^2; \quad M = \frac{u_c}{c}. \quad (13)$$

Из последнего выражения следует, что спектр звукового давления, излучаемого турбулентным пограничным слоем, повторяет спектр пристеночных пульсаций давления при условии, что пластина полностью звукопрозрачна и коэффициент прохождения плоской волны не зависит от угла падения на пластину и частоты. При скорости потока равной 15 м/сек, уровень звука, излучаемого турбулентным пограничным слоем, на 55 дб ниже уровня пристеночных пульсаций давления.

Пользуюсь случаем выразить благодарность Л. М. Лямшеву за внимание к работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. M. J. Lighthill. On the sound generated aerodynamically. Part 1. General Theory. Proc. Roy. Soc. (London), 1952, A211, 564.
2. Л. М. Лямшев. Излучение звука упругими оболочками, возбуждаемыми турбулентным аэродинамическим потоком. Акуст. ж., 1961, 7, 1, 59—66.
3. Л. М. Лямшев. К расчету акустического излучения турбулентного аэродинамического потока. Акуст. ж., 1960, 6, 4, 472—477.
4. C. M. Соrсоs. Resolution of pressure in turbulence. J. Acoust. Soc. America, 1963, 35, 192—199.

Акустический институт АН СССР
Москва

Поступило в редакцию
12 мая 1968 г.

УДК 534.29

О ВЛИЯНИИ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА КИНЕТИКУ РОСТА ПУЗЫРЬКОВ В ЗВУКОВОМ ПОЛЕ

О. А. Капустина

Рассмотрение вопроса о влиянии поверхностно-активных веществ на кинетику роста и растворения пузырьков газа в жидкости представляет интерес с точки зрения решения ряда практических задач, связанных с ускорением аэрации и деаэрации жидкостей.

В настоящей работе излагаются некоторые результаты исследования кинетики роста одиночного пузырька газа в жидкости с различным поверхностным натяжением без звука и в звуковом поле.

При определенной концентрации газа в жидкости C_0 , ее значение C_s у стенки пузырька данного радиуса R_0 при постоянной температуре и статическом давлении P_0 зависит только от поверхностного натяжения:

$$C_s = C_p (1 + 2\sigma / R_0 P_0), \quad (1)$$

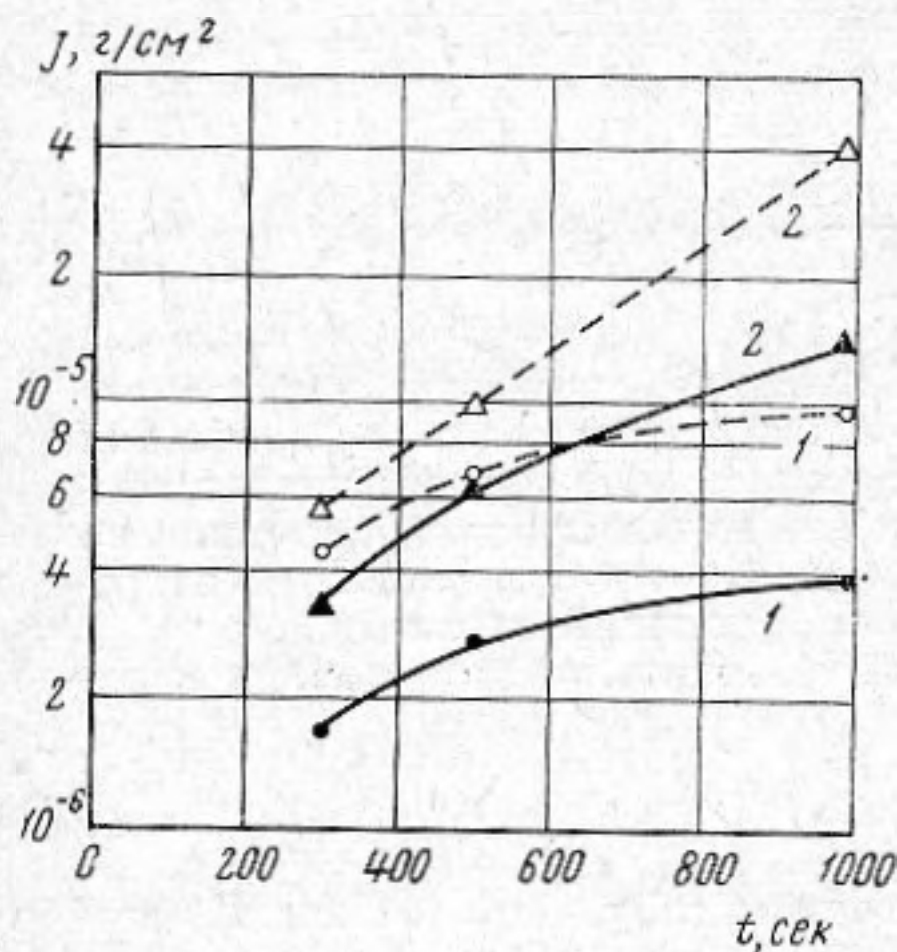
где C_p — равновесная концентрация газа в жидкости, σ — коэффициент поверхностного натяжения.

В статических условиях молекулы поверхностно-активного вещества, абсорбируясь на поверхности пузырька и изменяя действующие на ней силы, вызывают понижение или повышение поверхностного натяжения, что в соответствии с формулой (1), ускоряет или замедляет изменение среднего радиуса пузырька во времени.

В звуковом поле распределение концентрации поверхностно-активного вещества, по-видимому, изменяется под влиянием возникающих у поверхности пузырька микропотоков [1]. Возможны два случая [2]: 1) при больших скоростях движения жидкости поверхностно-активные вещества будут полностью сдуваться с поверхности (этот случай тривиален); 2) при вязком режиме течения часть поверхности пузырька отстает от покрытой недеформированным насыщенным монослоем молекул поверхностно-активного вещества, сносимых жидкостью в соответствии с конфигурацией потоков в ту или

иную ее часть, так что в разных точках капиллярное давление оказывается различным; перераспределение поверхностно-активного вещества сопровождается изменением граничных условий, а, следовательно, и режима течения жидкости.

Сопоставляя величины диффузионного потока газа на пузырек в звуковом поле и без звука при введении в жидкость поверхностно-активных веществ, можно оценить характер взаимодействия капиллярных и гидродинамических эффектов и их влияние на диффузию газа в пузырек в звуковом поле. Экспериментальное исследование этого эффекта проводилось на установке, описанной в работе [3], на пузырьках воздуха в воде, в которую вводилось поверхностно-активное вещество, вызывающее понижение поверхностного натяжения (полиокс 100). Посредством замедленной микрокиносъемки регистрировалось изменение среднего радиуса пузырька во времени. На фигуре даны значения плотности диффузионного потока газа на пузырек, вычисленные из экспериментальных кривых кинетики



роста пузырька в различные моменты времени, в звуковом поле ($f = 26,5$ кГц, амплитуда звукового давления $0,4$ атм) и без звука (соответственно сплошная и пунктирная линии) для дистиллированной воды и воды с поверхностно-активным веществом (кривые 1 и 2 на фигуре). Поскольку при добавлении данного вещества в воду поверхностное натяжение понижается, то, как и следовало ожидать, плотность диффузионного потока газа на пузырек возрастает, как видно из представленных на фигуре данных, приблизительно вдвое. В звуковом поле абсолютные значения диффузионных потоков также возрастают как для чистой дистиллированной воды, так и для воды с поверхностно-активным веществом по сравнению с их величинами в отсутствие звука. Однако при той же концентрации поверхностно-активного вещества в жидкости наблюдается увеличение плотности диффузионного потока менее значительно (приблизительно 1,2 раза) что, по-видимому, обусловлено перераспределением молекул поверхностно-активного вещества на поверхности пузырька под влиянием микропотоков.

ЛИТЕРАТУРА

1. S. A. Elder. Cavitation microstreaming. J. Acoust. Soc. America, 1959, 31, 1, 54—64.
2. В. Г. Левич. Физико-химическая гидродинамика, М., Физматгиз, 1959.
3. О. А. Капустина. Исследование влияния ультразвука на процесс роста воздушного пузырька в воде. Акуст. ж., 1965, 11, 1, 116—119.

Акустический институт АН СССР
Москва

Поступило в редакцию
25 апреля 1968 г.