

антенных решеток. Исключение составляет случай равномерного амплитудного распределения и $2\psi=\pi$, при котором взаимодействие приводит к существенному увеличению коэффициентов концентрации при больших значениях kR . В данном случае, вследствие того что у крайних в рабочем секторе преобразователей угол $|\varphi_0-\varphi_n|$ близок к прямому, их акустические нагрузки значительно превышают ρcs и имеют существенные и реактивные составляющие, обуславливающие уход их резонансных частот [5]. Это приводит к трансформации равномерного распределения амплитуд U_n в распределение амплитуд a_n , спадающее к краям и приближающееся по виду к косинусоидальному, для которого характерно повышенное значение коэффициента концентрации [2]. Степень изменения амплитудного распределения a_n при разных значениях η_{aM} иллюстрируются фиг. 2. Расчеты K/K_0 , выполненные при $3 \leq Q_M \leq 10$ и изменении F в пределах полосы пропускания преобразователей на уровне 3 дБ применительно к нагрузке ρcs , показывают, что отмеченная закономерность наблюдается и при $F > 1$. В случае $F < 1$ при соблюдении и несоблюдении условия (1) значения K/K_0 сближаются.

Таким образом, расчеты коэффициентов концентрации показывают, что при излучении на частоте механического резонанса даже умеренное акустическое взаимодействие преобразователей в определенных случаях заметно влияет на направленные свойства фазированных круговых цилиндрических антенных решеток.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рубанов И. Л. О влиянии взаимодействия резонансных электроакустических преобразователей на характеристику направленности антенной решетки с произвольным амплитудно-фазовым распределением // Акуст. журн. 1982. Т. 28. № 5. С. 681–684.
2. Смаришев М. Д. Направленность гидроакустических антенн. Л.: Судостроение, 1973. 280 с.
3. Смаришев М. Д., Добровольский Ю. Ю. Гидроакустические антенны. Л.: Судостроение, 1984. 304 с.
4. Greenspon J. E., Sherman C. H. Mutual-radiation impedance and nearfield pressure for pistons on a cylinder // J. Acoust. Soc. Amer. 1964. V. 34. № 1. P. 151–155.
5. Mangulis V. Near-field pressure for on infinite array of strips // Trans. IRE. 1966. V. SU-13. № 2. P. 49–53.

Поступило в редакцию
14.X.1987

УДК 534.222

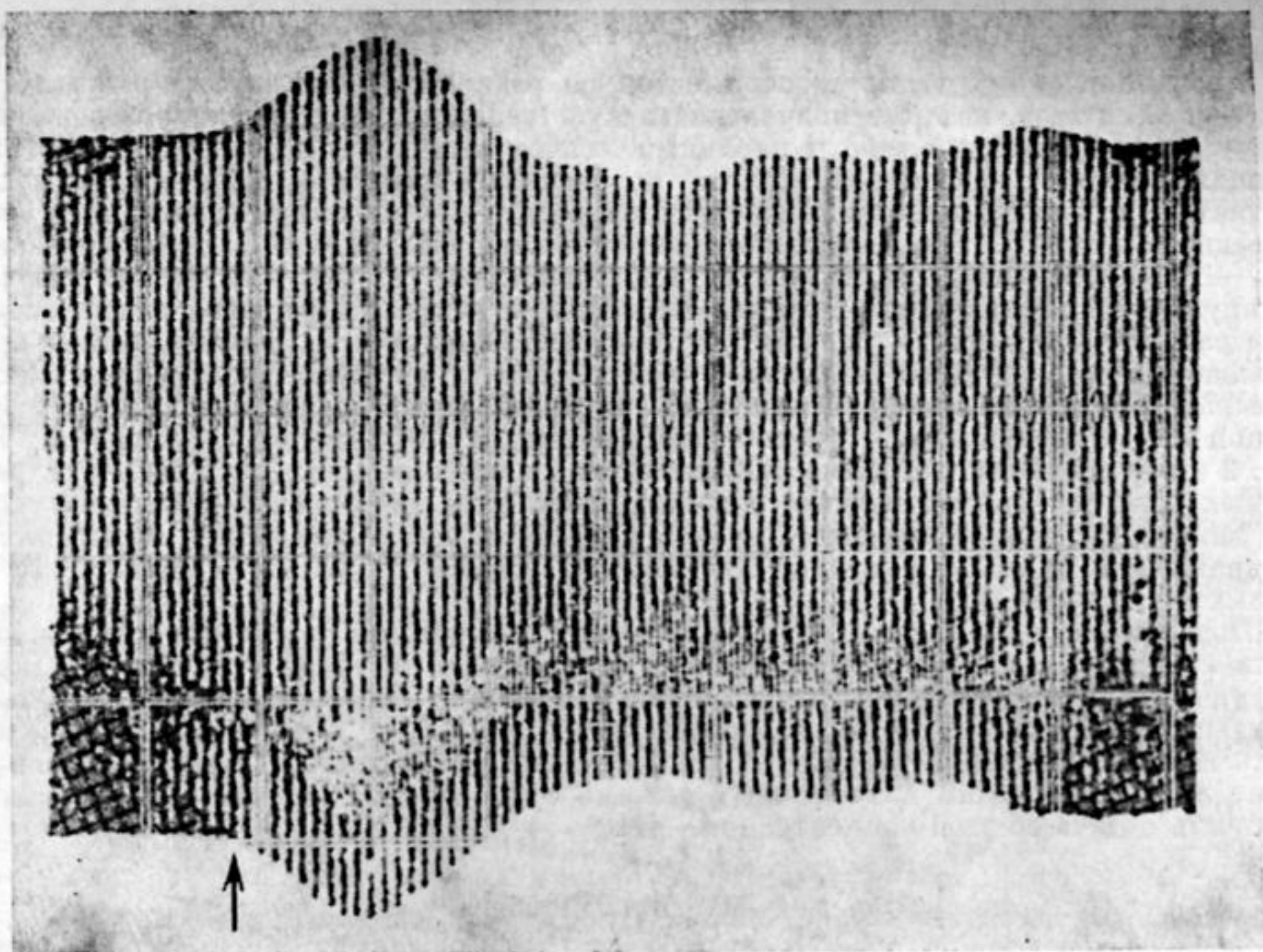
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ СВОБОДНОГО И РАСТВОРЕННОГО ГАЗА В ЖИДКОСТИ

Дружинин Г. А., Михайлов А. А., Токман А. С.

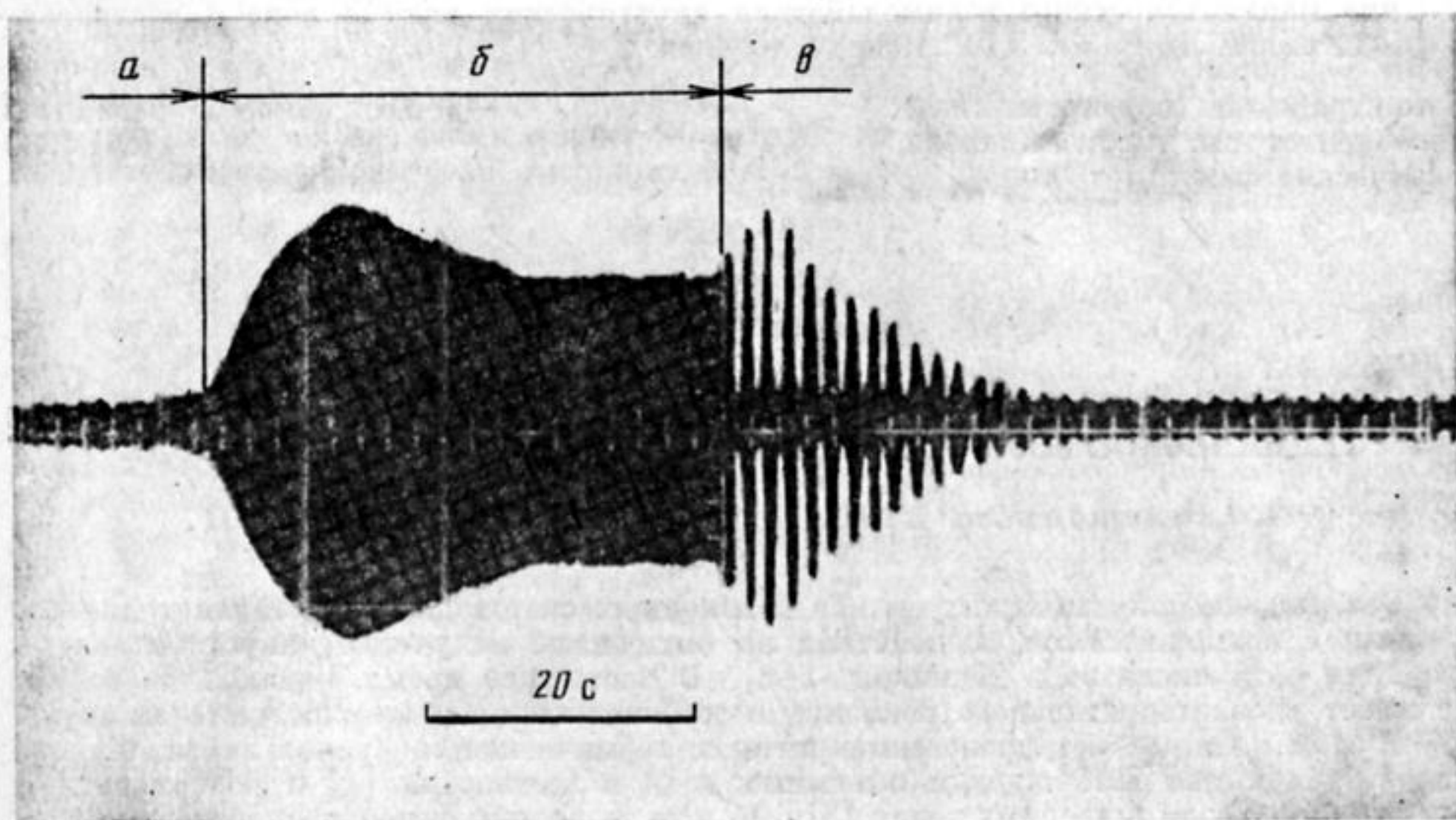
В настоящей работе приводятся результаты экспериментальных исследований по параметрическому взаимодействию акустических волн, показывающие возможность определения концентрации свободного и растворенного газа, функции распределения пузырьков по размерам, частотных зависимостей нелинейного параметра и коэффициента поглощения, доложенные 4 июня 1986 г. на выездной научной сессии по комплексной проблеме «Физическая и техническая акустика» в г. Таллине.

В первой серии опытов экспериментально исследовалось осевое распределение амплитуды волны разностной частоты (ВРЧ), в диапазоне от 20 до 50 кГц. Пьезо-керамический преобразователь излучал двухполосный сигнал со средней частотой волн накачки 1,3 МГц. На расстоянии 0,5 м от излучателя помещалась пелена всплывающих водородных пузырьков. Протяженность пелены в направлении распространения волны составляла 0,5 м. Для уменьшения влияния возникающих акустических течений параметрический излучатель работал в импульсном режиме. Было обнаружено, что амплитуда ВРЧ при входе в пелену резко возрастала [1], достигала максимума, затем экспоненциально спадала. По показателю экспоненты определялся коэффициент поглощения ВРЧ. Широкополосность параметрического излучателя позволила измерить поглощение на разных частотах и по частотной зависимости коэффициента поглощения определить распределение пузырьков по размерам. Суммарная объемная концентрация пузырьков составила величину порядка $4 \cdot 10^{-6}$, которая совпала со значением, рассчитанным по низкочастотной скорости звука.

Оценочный расчет осевого распределения амплитуды ВРЧ по формуле (6.17) из [2], учитывающий нелинейные и диссипативные свойства пелены пузырьков, показал хорошее качественное совпадение с результатами описанного выше эксперимента. Поэтому особенности поведения осевого распределения амплитуды ВРЧ мо-



Фиг. 1. Осциллограмма давления в акустической волне с частотой 160 кГц, распространяющейся в воде с пузырьками водорода. Амплитуда волны промодулирована мощным акустическим импульсом. Момент прихода импульса показан стрелкой



Фиг. 2. Осциллограмма давления в импульсах ВРЧ, следующих с различной скважностью: а – редкие импульсы, $Q=800$, б – $Q=8$. Масштаб по горизонтали 20 с на деление

гут быть использованы для определения частотных зависимостей коэффициента поглощения и параметра нелинейности такой среды.

Во второй серии опытов пелена всплывающих водородных пузырьков зондировалась акустической волной малой амплитуды частотой 160 кГц. В поперечном направлении на пелену воздействовал мощный низкочастотный акустический импульс. Максимум спектральной плотности этого импульса приходился на частоту 6 кГц. Было экспериментально зарегистрировано появление модуляции зондирующей волны (фиг. 1), связанное с изменением размеров пузырьков и смещением кривой коэффициента поглощения относительно неизменной частоты зондирующей волны. В среде без пузырьков этот эффект не наблюдался. Предварительные оценки показывают, что при специальном подборе частот, участвующих в параметрическом

взаимодействии волн, с помощью этого эффекта можно обнаружить пузырьки газа и определять их размеры.

Кроме описанных выше экспериментов по распространению звука в жидкости с пузырьками газа, которые получались искусственным путем, были проведены исследования особенностей работы параметрического излучателя в режимах, сопровождающихся газовой кавитацией. Обычно интенсивная кавитация наблюдалась, когда излучатель работал в свежей водопроводной воде с повышенным содержанием растворенного газа [3]. Средняя частота волн накачки была 320 кГц, разностная частота — 5 кГц. Амплитуда взаимодействующих волн около 10^5 Па. Излучатель работал в импульсном двухполосном режиме. Переходя от режима с большой скважностью (длительность пауз много больше длительности импульса) к режиму с меньшей скважностью, можно было вызвать в области взаимодействия газовую кавитацию. Пузырьки газа увеличивали нелинейный параметр этой области среды, что, в конечном счете, приводило к увеличению амплитуды ВРЧ на оси излучателя. На фиг. 2 приведена осциллограмма, показывающая поведение амплитуды ВРЧ при различных режимах работы излучателя. Рост амплитуды ВРЧ связан с началом газовой кавитации и появлением пузырьков в области взаимодействия, уменьшение — прекращением кавитации (при увеличении скважности импульсов волн накачек) и всплытием пузырьков.

Подбирая режим работы параметрического излучателя, можно вызывать в области взаимодействия газовую кавитацию, о наличии и интенсивности которой можно судить по поведению амплитуды ВРЧ. В опытах после возникновения газовой кавитации амплитуда ВРЧ обычно возрастала в несколько раз. Так как интенсивность газовой кавитации зависит от концентрации растворенного газа, то использование параметрического излучателя в режиме с изменяемой скважностью дает возможность судить об этой концентрации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Островский Л. А., Сутин А. М.* Нелинейные акустические методы диагностики газовых пузырьков в жидкости // Ультразвуковая диагностика. Горький: ИПФ АН СССР, 1983. С. 139—150.
2. *Новиков Б. К., Руденко О. В., Тимошенко В. И.* Нелинейная гидроакустика. Л.: Судостроение, 1981. С. 82.
3. *Владимиров Ю. М., Дружинин Г. А., Михайлов А. А., Токман А. С.* Самоусиление параметрического взаимодействия акустических волн в воде с растворенным газом. Л.: Вестн. ЛГУ. 1984. № 10. Вып. 2. С. 113—114.

Ленинградский государственный университет им. А. А. Жданова, физический факультет

Поступило в редакцию 25.XI.1986

УДК 534.232

ТЕРМИЧЕСКОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ ЗВУКА В ВОЛОКОННОМ СВЕТОВОДЕ

Жамалетдинова Е. В., Козлов А. И., Плесский В. П.

Возбуждение акустических волн в волоконных световодах представляет интерес в связи с возможностями воздействия на оптическое излучение (акустооптика) и создания различного рода датчиков [1—3]. В настоящее время, однако, эта задача не имеет удовлетворительного решения, в особенности при высоких частотах звука.

В этом плане может представить интерес термическая генерация звука, широко используемая для возбуждения объемных волн в жидкостях [4] и поверхностных акустических волн в твердых телах [5]. Об использовании фотоакустического метода при исследовании волоконных световодов сообщалось в работе [6].

Рассмотрим однородный упругий стержень (волокно), участок которого длиной $2L \gg d$ (d — диаметр волокна) подвергается нестационарному нагреву. Пусть $W(z, t)$ (в Вт/м) — линейная плотность источников тепла. Нагрев считаем однородным по сечению волокна, рассматриваем одномерный случай в пренебрежении теплопроводностью.

Тогда механические смещения u в волокне (вдоль оси OZ его) и распределение температуры описываются уравнениями:

$$\frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} - \alpha \frac{\partial T}{\partial z} \quad (1)$$

$$S \rho c \frac{\partial T}{\partial t} = W(z, t) \quad (2)$$

где v , ρ , c , α — соответственно скорость продольных волн в стержне, плотность,