

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселев В.Д., Максимов А.О. Формирование предвестника при распространении оптоакустических импульсов в приповерхностном слое океана // Письма в ЖТФ. 1991. Т. 18. № 22. С. 95–99.
2. Букин О.А., Ильичев В.И., Киселев В.Д. Исследование акустических сигналов, генерируемых CO<sub>2</sub> лазером в морской воде // ДАН СССР. 1990. Т. 315. № 1. С. 84–86.
3. Букин О.А., Ильичев В.И., Киселев В.Д. Обнаружение вторичной генерации звука в жидкости при объемном вскипании под действием лазера // Письма в ЖЭТФ. 1990. Т. 52. № 12. С. 1261–1263.
4. Егерев С.В., Наугольных К.А., Птишин А.Е., Участинов В.Н. Термооптический излучатель звука в двухфазной среде // Акуст. журн. 1984. Т. 30. № 3. С. 310–317.
5. Crawford G.B., Farmer D.M. On the spatial distribution of ocean bubbles // J. Geophys. Res. C. 1987. V. 92. NC8. P. 8231–8243.
6. Vagle S., Farmer D.M. The measurement of bubble size distribution by acoustical backscattering // Report of Institute of Ocean Sciences, Sydney, 1991.
7. Powell E. A survey of scattering, attenuation, and size spectra studies of bubble layers and plumes beneath the air-sea surface // Naval Research Laboratory Memorandum Report 6823, Wash, 1991.
8. Лямшев Л.М., Седов Л.В. Оптическая генерация звука в жидкости. Тепловой механизм // Акуст. журн. 1981. Т. 27. № 1. С. 5–29.
9. Божков А.И., Бункин Ф.В., Коломенский Ал.А., Лямшев Л.М., Маляровский А.И., Михалевич В.Г., Родин А.И. Переходное излучение звука термооптическим источником, реализуемым сканирующим лазерным пучком // Акуст. журн. 1982. Т. 28. № 4. С. 461–469.
10. Berthlot Y.H., Busch-Vishniac I.J. Laser induced thermoacoustic radiation // J. Acoust. Soc. Amer. 1985. V. 78. N 6. P. 2074–2082.
11. Элайсез М., Гарсиа-Молинер Ф. Распространение волновых пакетов // Физическая акустика. М.: Мир, 1973. С. 192–253.
12. Городецкий В.С., Егерев С.В., Есипов И.Б., Наугольных К.А. О генерации звука лазерными импульсами // Квантовая электроника. 1978. Т. 5. № 11. С. 2396–2401.
13. Дунина Т.А., Егерев С.В., Лямшев Л.М., Наугольных К.А. К нелинейной теории теплового механизма генерации звука лазерным излучением // Акуст. журн. 1979. Т. 25. № 4. С. 622–625.
14. Божко А.И., Бункин Ф.В., Коломенский Ал.А., Маляровский А.И., Михалевич В.Г. Лазерное возбуждение мощного звука // Тр. ФИАН. 1984. Т. 158. С. 123–176.
15. Sigrist M.W. Laser generation of acoustic waves in liquids and gases // J. Appl. Phys. 1986. V. 60. № 7. P. R83–R120.
16. Вайнштейн Л.А. Распространение импульсов // УФН. 1976. Т. 118. № 2. С. 339–367.
17. Кельберт М.Я., Чабан И.А. Релаксация и распространение импульсов в жидкостях // Изв. АН СССР. 1986. № 5. С. 153–160.

Тихоокеанский океанологический институт

ДВО Российской академии наук

Поступило в редакцию  
13.01.92

После исправления  
07.05.92

УДК 534.286.2

© 1993 г. Г.С. Толстов

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ШИРОКОПОЛОСНОГО ЗВУКА ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ С ВОДОВОЗДУШНЫМИ ПЕНАМИ

Увеличение уровня звукового давления до 130 и более дБ, а также широкополосность спектра волн приводят к качественным изменениям характера взаимодействия звуковых волн с пенами, что связано с включением в процесс рассеяния энергии нелинейных диссипативных механизмов, не проявляющихся во взаимодействии пен с монохроматическим звуком малой энергии [1–3].

Исследование выполнено на размещенной в акустически заглушенном боксе экспериментальной установке, в которой в качестве источника звука использовалась сверхзвуковая горячая газовая струя с числом Маха 2,4 и степенью нерасчетности 0,8, распространяющаяся в объеме, ограниченном горизонтально расположенной цилиндрической оболочкой. К этой оболочке примыкает вертикально расположенный цилиндрический контейнер для пены внутренним диаметром 250 мм, высотой 500 мм, проходное сечение которого в нижней части перекрыто металлической сеткой с ячейками 4 мм и лежащей на ней мембраной из полиэтиленовой пленки, предназначенных для удержания пены в контейнере. Для удаления выделяемой из пены воды сетка и мембрана установлены с наклоном к горизонту в 7°, а в основании контейнера предусмотрена дренажная щель. Над верхним срезом контейнера расположен датчик пульсаций давления



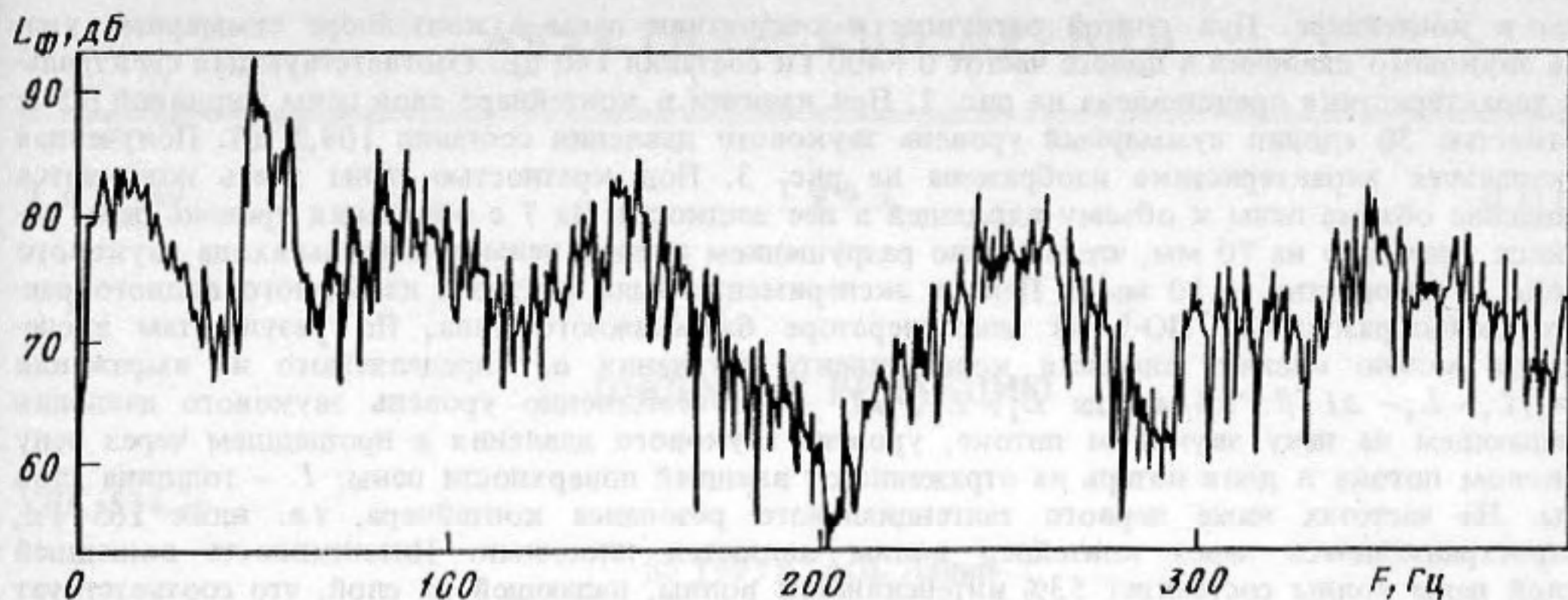


Рис. 1. Спектральная характеристика фонового звукового потока

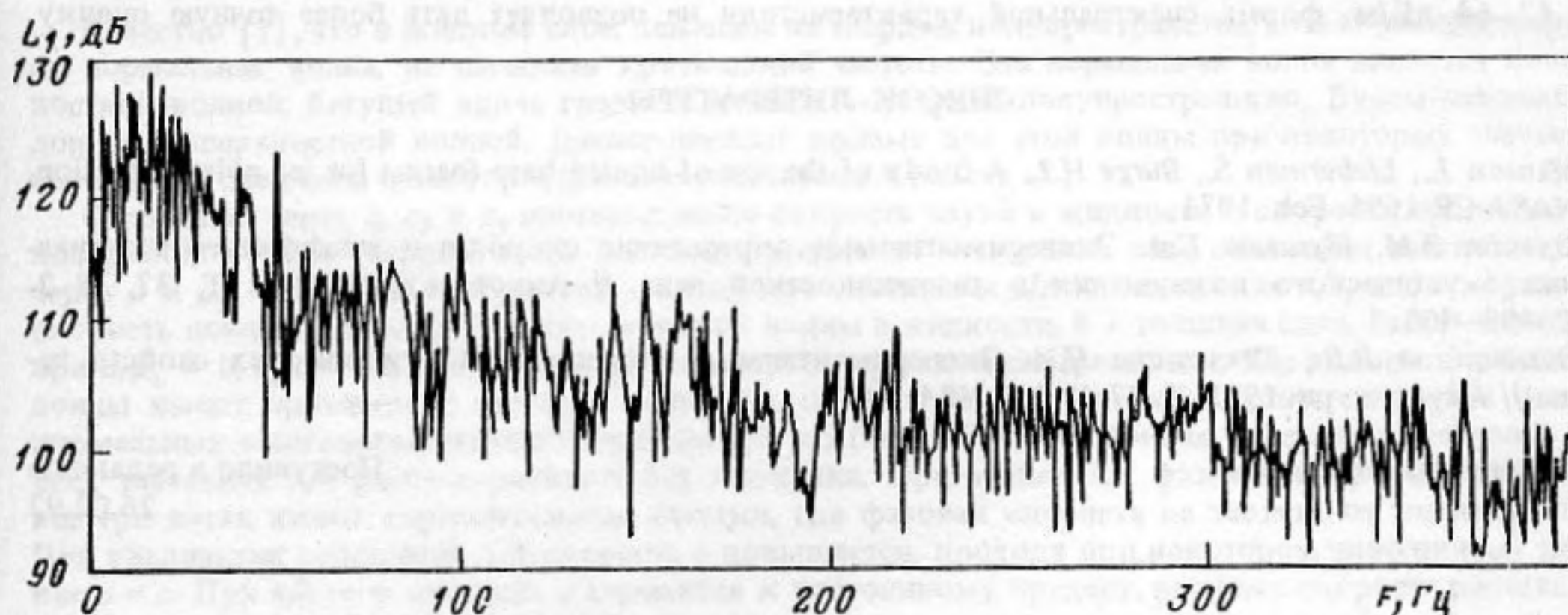


Рис. 2. Спектральная характеристика входящего в слой пены звукового потока

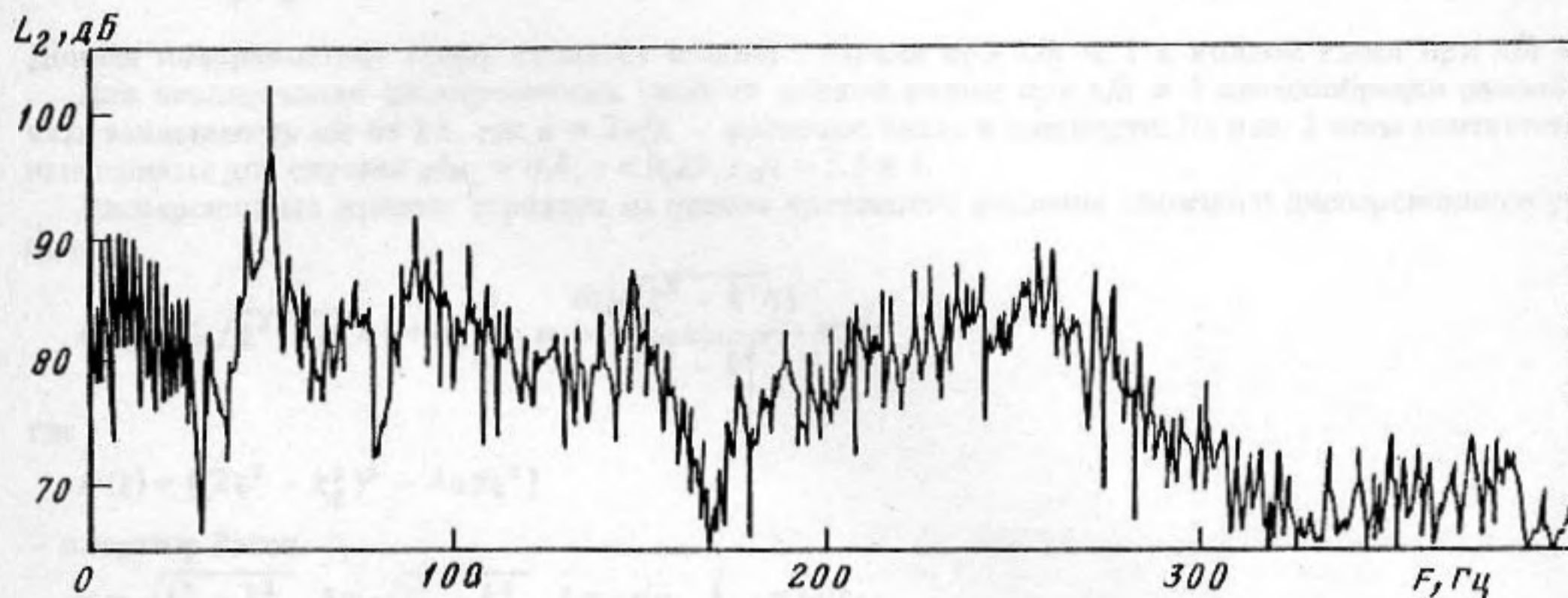


Рис. 3. Спектральная характеристика прошедшего через слой пены звукового потока

фирмы "Брюль и Кьер" диаметром  $\frac{1}{4}$  дюйма, соединенный с усилителем и магнитным регистратором типа SE 7000 фирмы EMI. Длительность облучения пены во всех экспериментах составляла 7 с.

Спектральная характеристика фонового звукового потока, достигающего датчика пульсаций, минуя контейнер для пены в полосе частот  $0 \div 400$  Гц, представлена на рис. 1. Суммарный уровень звукового давления в этой полосе составил 103,7 дБ. Измерения выполнены при наличии на срезе контейнера массивной стальной, практически звуконепроницаемой заглушки, без



пены в контейнере. При снятой заглушке и отсутствии пены в контейнере суммарный уровень звукового давления в полосе частот  $0 \div 400$  Гц составил 140 дБ. Соответствующая спектральная характеристика представлена на рис. 2. При наличии в контейнере слоя пены толщиной 0,5 м кратностью 30 единиц суммарный уровень звукового давления составил 109,3 дБ. Полученная спектральная характеристика изображена на рис. 3. Под кратностью пены здесь понимается отношение объема пены к объему входящей в нее жидкости. За 7 с облучения уровень пены понизился примерно на 70 мм, что вызвано разрушением пленок пены со стороны входа звукового потока со скоростью  $\sim 10$  мм/с. Пена в эксперименте была получена из 5%-ного водного раствора пенообразователя ПО-1 на пеногенераторе барботажного типа. По результатам эксперимента можно оценить значения коэффициента затухания  $\alpha$ , определяемого из выражения  $\alpha = (L_1 - L_2 - \Delta L)/l$ , дБ/м, где  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $\Delta L$  — соответственно уровень звукового давления в падающем на пену звуковом потоке, уровень звукового давления в прошедшем через пену звуковом потоке и доля потерь на отражение от внешней поверхности пены;  $l$  — толщина слоя пены. На частотах ниже первого тангенциального резонанса контейнера, т.е. ниже 165 Гц, распространяющиеся через контейнер волны являются плоскими. Интенсивность вошедшей в слой пены волны составляет 53% интенсивности волны, падающей на слой, что соответствует  $\Delta L = 2,8$  дБ (согласно упрощенному расчету для отражения от полубесконечной среды, в которой скорость звука в пене определяется по адиабатической сжимаемости). Полученные значения коэффициента затухания для спектральных составляющих частотой ниже 160 Гц составляют 42–64 дБ/м, форма спектральной характеристики не позволяет дать более точную оценку.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Manson L., Lieberman S., Burge H.L.* A Study of the use of liquied base foarms for jet noise reduction, NASA CR-1695. Feb. 1971.
2. *Оренбах З.М., Шушков Г.А.* Экспериментальное определение скорости и коэффициента затухания акустического возмущения в газожидкостной пене // Акуст. журн. 1991. Т. 37. № 2. С. 403–405.
3. *Замашиков В.В., Какуткина Н.А.* Экспериментальные исследования акустических свойств пены // Акуст. журн. 1991. Т. 37. № 3. С. 484–489.

НИИ тепловых процессов

Поступило в редакцию  
26.02.92