

$+I_0\omega_n^2/T)^{-1/2}$ ,  $\omega_n(1+\rho_0/\rho)^{1/2}$ . Во втором случае диапазон записывания расширяется в сторону более высоких частот и имеет границы  $\omega_n$ ,  $\omega_k$ . Для практики очень важно расширять диапазон в сторону более низких частот, поэтому для гашения поперечных вибраций сильно натянутых стержней (тросов, кабелей и т. п.) выгодно использовать осцилляторы с равными резонансными частотами поступательных и крутильных колебаний.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Исакович М. А., Кашина В. И., Тютюкин В. В. Способ виброизоляции продольных и изгибных волн в стержнях: А.с. № 440509. 1972. кл. F16f15/00. Оpubл. Б. И. 1974. № 31.
2. Исакович М. А., Кашина В. И., Тютюкин В. В. Волноводная изоляция изгибных волн // VIII Всесоюзн. акуст. конф. М.: АКИН. 1973.
3. Исакович М. А., Кашина В. И., Тютюкин В. В. Экспериментальные исследования виброизоляции изгибных волн, создаваемой импедансными системами // Акуст. журн. 1982. Т. 28. № 4. С. 547-550.

Акустический институт  
им. Н. Н. Андреева  
Академии наук СССР

Поступило в редакцию  
30.IX.1986

УДК 534.222.2

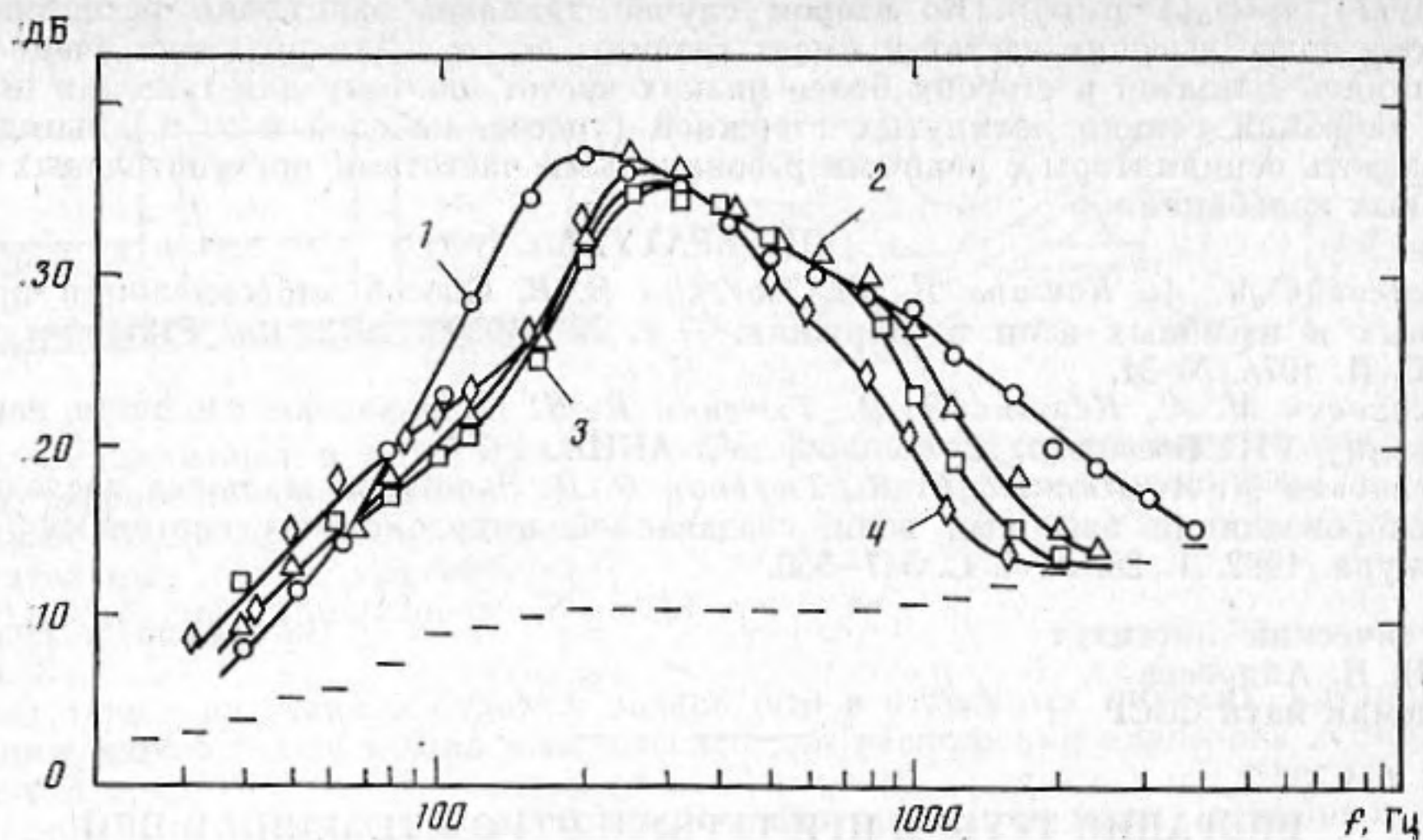
### ВИБРАЦИИ ТРУБКИ ПРИ ТУРБУЛЕНТНОМ ТЕЧЕНИИ В НЕЙ ПОЛИМЕРНЫХ РАСТВОРОВ РАЗЛИЧНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ

Гкаченко В. Г.

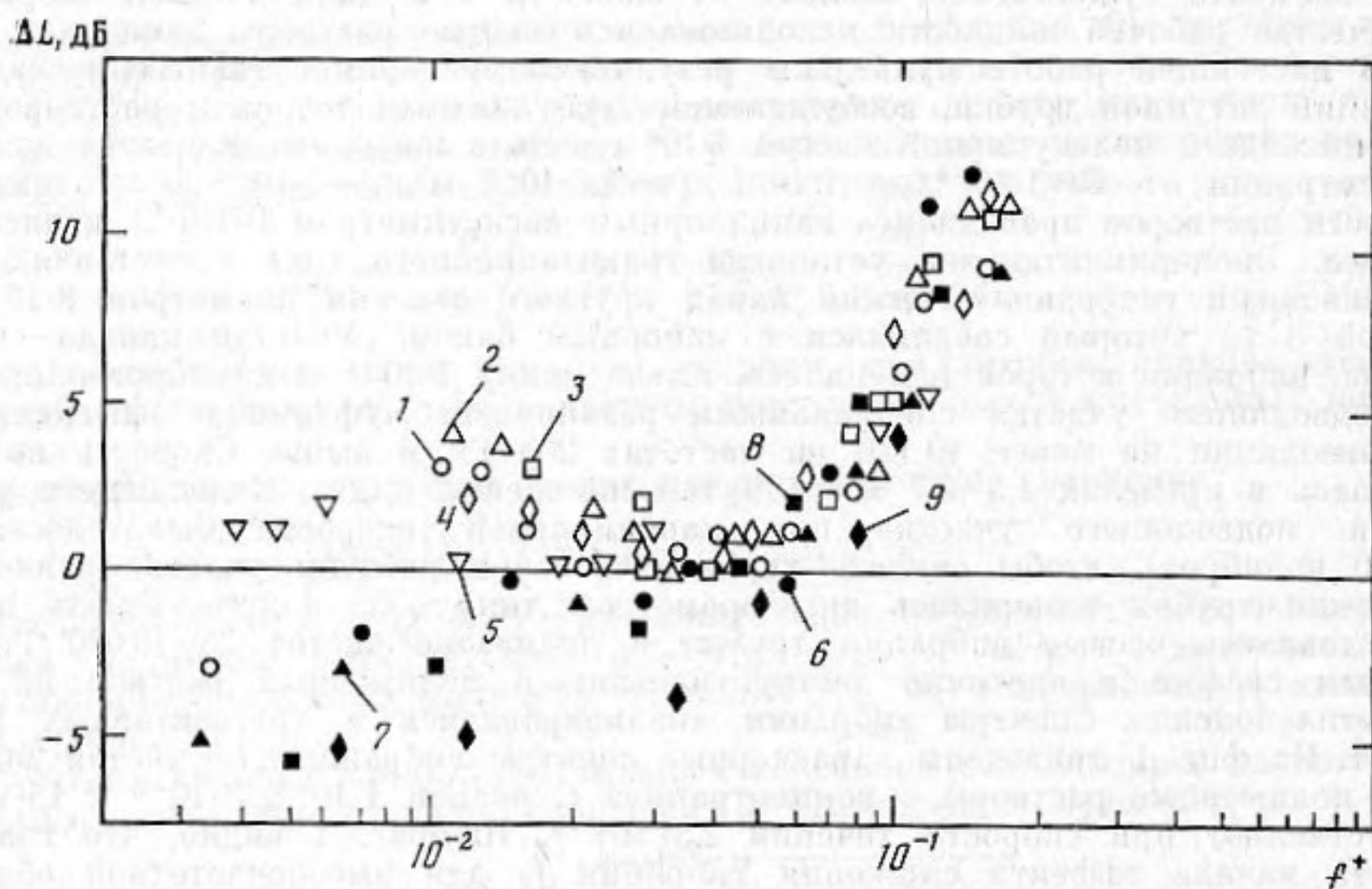
В работе [1] показано, что интенсивность высокочастотных вибраций обтекаемого элемента существенно зависит от вязкости  $\nu$  и динамической скорости  $u^*$ . В качестве рабочей жидкости использовались водные растворы глицерина.

В настоящей работе приведены результаты экспериментальных исследований вибрации латунной трубки, возбуждаемой турбулентным течением растворов полиэтиленоксида с молекулярной массой  $4 \cdot 10^6$  г/моль в широком диапазоне изменения концентрации от  $C=1 \cdot 10^{-6}$  до  $1 \cdot 10^{-3}$  ( $\nu=2,6 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>с<sup>-1</sup>— $1 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>с<sup>-1</sup>, измерения вязкости растворов проводились капиллярным вискозиметром ВПЖ-2) и чисел Рейнольдса. Экспериментальная установка гравитационного типа представляла собой вертикальный гидродинамический канал круглого сечения диаметром  $8 \cdot 10^{-3}$  м и длиной 3 м, который соединялся с напорным баком. Участок канала — круглая трубка, вибрация которой измерялась, имела длину  $1 \cdot 10^{-1}$  м и виброизолировалась от подводящего участка специальными резиновыми муфтами с эффективностью виброизоляции не менее 10 дБ на частотах 200 Гц и выше. Скорость истечения менялась в пределах  $1,5-3,7$  м·с<sup>-1</sup> путем изменения длины подводящего участка. Длина подводящего участка при максимальной скорости была достаточной ( $\approx 150$  калибров), чтобы считать турбулентность в рабочем участке равновесной. Вибрации трубки измерялись акселерометром типа 4333 фирмы Брюль и Кьер. Исследовались осевые вибрации трубки в диапазоне частот 25-10 000 Гц. Применялся свежий и частично деструктурированный полимерный раствор на основе полиэтиленоксида. Спектры вибрации анализировались в третьоктавных полосах частот. На фиг. 1 приведены характерные спектры вибрации (1 — чистая вода, 2, 3 и 4 — полимерные растворы с концентрацией  $C$  равной  $1 \cdot 10^{-6}$ ,  $3 \cdot 10^{-6}$  и  $15 \cdot 10^{-6}$  соответственно) при скорости течения  $2,5$  м·с<sup>-1</sup>. Из фиг. 1 видно, что граничная частота начала эффекта снижения вибрации  $f_0$  для высокочастотной области с увеличением концентрации полимера понижается, тогда как для низкочастотной области порог начала эффекта снижения не зависит от концентрации. Характерно, что даже слабоконцентрированные свежие растворы полиэтиленоксида ( $C=1 \cdot 10^{-6}$ ) приводят к снижению низкочастотных вибраций на 5-6 дБ. По мере старения раствора для частично деструктурированных растворов эффект снижения вибрации отмечается только при концентрациях  $C=10 \cdot 10^{-6}$  и более. По мере увеличения концентрации раствора полимера до максимальной ( $C=1 \cdot 10^{-3}$ ) при фиксированной скорости течения в области низких частот имеет место даже повышение интенсивности вибрации до 5-8 дБ.

Если придерживаться гипотезы о влиянии вязкости рабочей жидкости на вибрацию обтекаемой поверхности [1] и нормировать частоту  $f$  по параметрам кинематической вязкости  $\nu$  раствора и динамической скорости  $u^*$ , то безразмерная частота  $f^+$  запишется в виде  $f^+ = (f \cdot \nu) / u^{*2}$ . Полученный в экспериментах массив спектральных зависимостей снижения интенсивности вибрации по отношению к вибрациям, возбуждаемым течением воды, при различных концентрациях полимера на фиг. 2 представлен в виде зависимости  $\Delta L$  от  $f^+$ . Из рис. 2 видно, что кривые снижения вибрации на высоких частотах в широком диапазоне изменения концентраций полимерного раствора ( $C=1 \cdot 10^{-6}-1 \cdot 10^{-3}$ ) удовлетворительно ложатся на единую кривую, а начало эффекта снижения вибрации соответствует частоте  $f^+ = f_0^+ = 5 \cdot 10^{-2} - 7 \cdot 10^{-2}$ . Примечательно, что по мере уменьшения  $f^+$  эффект снижения падает, а далее — при малых концентрациях — имеется незначительное снижение, а для больших концентраций полимерного раствора отмечается даже некоторое увеличение интенсивности вибрации. Здесь следует отметить, что подобная зависимость описывает и эффект снижения уровней турбулентных пульсаций давления в потоках раствора полимера [2], что говорит в пользу единого механизма генерации вибрации и псевдозвука.



Фиг. 1. Спектры осевых вибраций трубки при течении чистой воды — 1 и слабых растворов полимера с концентрациями: 2 —  $C=1 \cdot 10^{-6}$ ; 3 —  $C=3 \cdot 10^{-6}$ ; 4 —  $C=15 \cdot 10^{-6}$



Фиг. 2. Сводные данные по эффекту снижения вибрации при турбулентном течении полимерных растворов различной концентрации  $C$ : 1 —  $1 \cdot 10^{-6}$ ; 2 —  $3 \cdot 10^{-6}$ ; 3 —  $7 \cdot 10^{-6}$ ; 4 —  $1,5 \cdot 10^{-5}$ ; 5 —  $2,5 \cdot 10^{-5}$ ; 6 —  $5 \cdot 10^{-5}$ ; 7 —  $1 \cdot 10^{-4}$ ; 8 —  $5 \cdot 10^{-4}$ ; 9 —  $1 \cdot 10^{-3}$

Таким образом, можно заключить, что источником вибрации, возбуждаемой турбулентным течением полимерных растворов, является существенно пристенная область, а интенсивность их в значительной степени зависит от вязкости; при этом снижение вибраций в области высоких частот связано не только с уменьшением коэффициента трения при добавлении полимера, но и с увеличением вязкости раствора.

Выражаю благодарность Лямшеву Л. М., Грешилову Е. М. и Миронову М. А. за полезные замечания и внимание к работе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Грешилов Е. М., Миронов М. А. Влияние вязкости на спектр вибрации трубки, возбуждаемой турбулентным течением // Тр. X Всесоюз. акуст. конф. М.: Наука. 1983. С. 9–11.
2. Грешилов Е. М., Лямшев Л. М., Ткаченко В. Г., Широкова Н. Л. Структура высокочастотных флуктуаций давления в потоках воды и растворов полимеров // Акуст. журн. 1982. Т. 28. № 4. С. 474–485.

Акустический институт  
им. Н. Н. Андреева  
Академии наук СССР

Поступило в редакцию  
15.VIII.1986