

тивная частота флюктуаций хорошо следует линейной зависимости. Однако на более высоких частотах она несколько спадает и остается примерно на одном уровне.

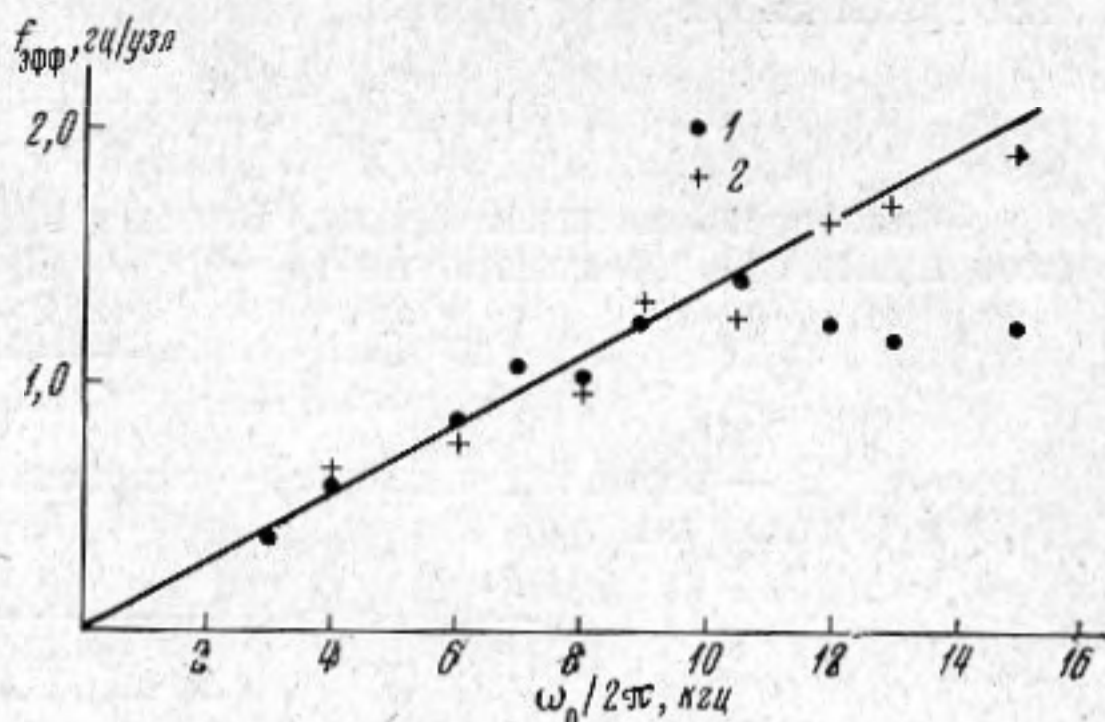
Такой ход зависимости объясняется тем, что приведенное выражение получено для широких диаграмм направленности, т. е. таких, ширина которых превышает угловой размер отражающей области дна, или ширину индикатрисы рассеяния звука дном. Именно поэтому в выражение не входят какие-либо величины, характеризующие ширину диаграммы приемно-излучающей системы.

В нашем опыте на всех частотах использовалась одна и та же приемно-излучающая система, и с ростом частоты ее диаграмма направленности сужалась. Начиная с некоторого значения частоты, она становилась уже индикатрисой рассеяния, и в силу этого диаграммой направленности «отсекалась» часть рассеянного сигнала, что и привело к отклонению зависимости от линейной.

Правильность такого объяснения подтверждается тем, что при параллельном приеме отраженных сигналов на другую приемную систему с более широкой диаграммой направленности (2) «насыщения» эффективной частоты флюктуаций не происходило.

Обнаруженное явление может быть использовано для оценки углового размера отражающей области дна, или индикатрисы рассеяния звука дном океана, наряду с другими тремя методами, предложенными в работе [2]. Как нетрудно убедиться, ширина диаграммы направленности приемно-излучающей системы, при которой наступает отклонение зависимости эффективной частоты флюктуаций от линейной, равна ширине индикатрисы.

В приведенном примере полуширина диаграммы направленности составляла $3,2^\circ$. Эта величина попадает в диапазон изменения угловых размеров отражающей области дна, определенный нами с помощью других методов для районов с выровненным и холмистым рельефом дна [2].



ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Воловов, Ю. П. Лысанов. Корреляция флюктуаций звуковых сигналов, отраженных от дна океана. Акуст. ж., 1969, 15, 2, 205—211.
2. В. И. Воловов. Об экспериментальном определении ширины индикатрисы рассеяния звука дном океана. Тр. Акустического ин-та АН СССР, 1970, 13, 53—59.

Акустический институт АН СССР
Москва

Поступило в редакцию
21 августа 1970 г

УДК 534.833.522.4

К ВОПРОСУ О ПРОХОЖДЕНИИ ЗВУКА ЧЕРЕЗ ТОНКОСТЕННУЮ СФЕРИЧЕСКУЮ ОБОЛОЧКУ

В. И. Гельфгат, Р. Н. Михайлов

Для уменьшения шума его источники часто окружают звукоизолирующим кожухом. Об эффективности такого кожуха иногда судят по отношению звуковых давлений вне и внутри кожуха. Ниже показывается, что даже в простейшем случае радиально симметричных колебаний упругой сферической оболочки эта величина может принимать значения как больше, так и меньше единицы.

Рассмотрим тонкостенную сферическую оболочку, совершающую радиально симметричные колебания под действием разности внутреннего p_1 и внешнего p_2 давлений. Такой случай может встретиться при возбуждении оболочки звуковым полем точечного ненаправленного источника, помещенного в ее центре. Поскольку ниже определяется только отношение давлений, то характеристики источника (как-то объемная скорость или излучаемая мощность) выпадают из рассмотрения. Уравнение радиальных колебаний сферической оболочки имеет вид [1]

$$\frac{\rho c^2 h}{R^2} W + \rho h \frac{d^2 W}{dt^2} = p_1 - p_2, \quad (1)$$

где ρ — плотность материала оболочки, $c^2 = 2E / \rho(1 - \sigma)$, E — модуль Юнга, σ — коэффициент Пуассона, h и R — толщина и радиус оболочки, W — радиальное смещение. Зависимость от времени примем в виде $\exp(-i\omega t)$ (ω — круговая частота) и этот множитель в дальнейшем будем опускать.

В силу непрерывности смещений на границе среды и оболочки и уравнения движения среды имеем

$$\rho_0 \omega^2 W = \left. \frac{dp_2}{dr} \right|_{r=R}, \quad (2)$$

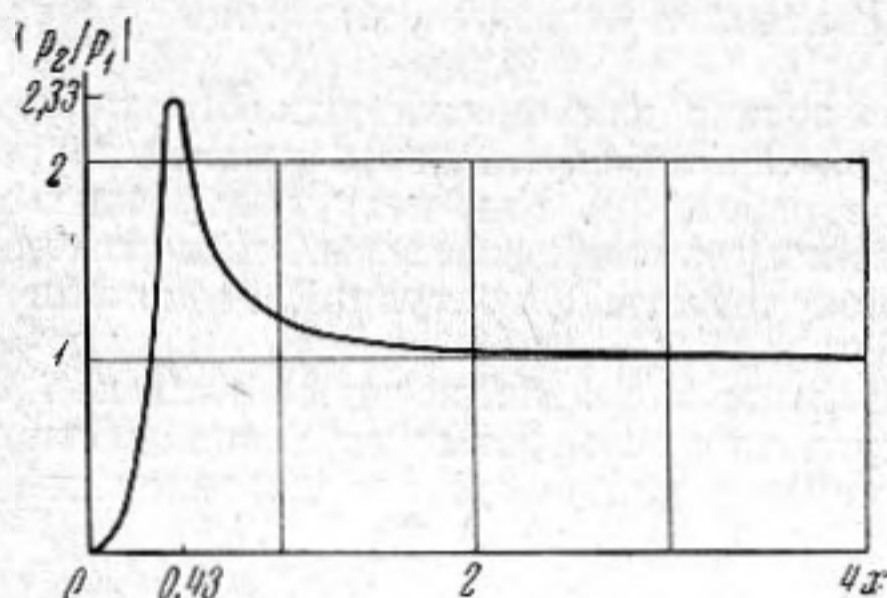
где ρ_0 — плотность внешней среды. Так как вне оболочки звуковое поле имеет вид расходящейся сферической волны ($p_2 \sim e^{ik_0 r} / R$), то

$$\left. \frac{dp_2}{dr} \right|_{r=R} = \frac{ik_0 R - 1}{R} p_2, \quad (3)$$

где $k_0 = \omega / c_0$ — волновое число, c_0 — скорость звука вне оболочки. Из уравнений (1), (2) и (3) получим

$$\left. \frac{p_2}{p_1} \right|_{r=R} = \frac{1}{1 + \frac{ix - 1}{x^2} (1 - n^2 x^2) \zeta}, \quad (4)$$

где $x = k_0 R$ — безразмерная частота, $n = c_0 / c$, $\zeta = \rho c^2 h / \rho_0 c_0^2 R$ — безразмерный параметр, характеризующий относительную сжимаемость наружной среды и оболочки.



Модуль отношения давлений будет больше единицы, если знаменатель выражения (4) станет по модулю меньше единицы. Приравняв знаменатель правой части (4) единице, найдем границы областей, где $|p_2/p_1| < 1$ и $|p_2/p_1| \geq 1$. Границы второй области определяются неравенством

$$\left[\frac{-\left(1 + \frac{\alpha}{n^2}\right) + \left(1 + 2\frac{\alpha + 2}{n^2} + \frac{\alpha^2}{n^4}\right)^{1/2}}{2} \right] \leq x \leq \frac{1}{n}, \quad (5)$$

где $\alpha = 2 / \zeta - 1$. Внутри области, определяемой неравенством (5), отношение давлений может быть существенно больше единицы. Например, для $n = 0,3$, $\zeta = 0,2$ оно достигает 2,33 на частоте $x = 0,43$. Общий ход кривой в зависимости от частоты показан на фигуре. Резонансный характер кривой объясняется компенсацией присоединенной массы наружной среды упругостью оболочки.

Как видно из выражения (4), отношение давлений не зависит от параметров среды внутри оболочки. Изменение параметров среды внутри оболочки влияет на общий уровень звукового давления и на распределение давления внутри оболочки.

В заключение отметим, что аналогичная картина наблюдается и для цилиндрического осесимметричного источника (пульсирующая нить), расположенного на оси цилиндрической оболочки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник «Прочность. Устойчивость. Колебания», т. 3. М., Машиностроение, 1968.

Акустический институт АН СССР
Москва

Поступило в редакцию
1 октября 1969 г.

УДК 534.833.522.2:621.643

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗВУКОВОГО ПОЛЯ В КАНАЛАХ СО ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИМИ СТЕНКАМИ

Н. Ф. Егоров

Прямолинейные участки воздуховодов, внутренние поверхности которых имеют звукопоглощающую облицовку (так называемые трубчатые глушители [1] или глушители типа звукопоглощающего патрубка [2]), широко применяются для снижения шума в системах вентиляции зданий и судов.