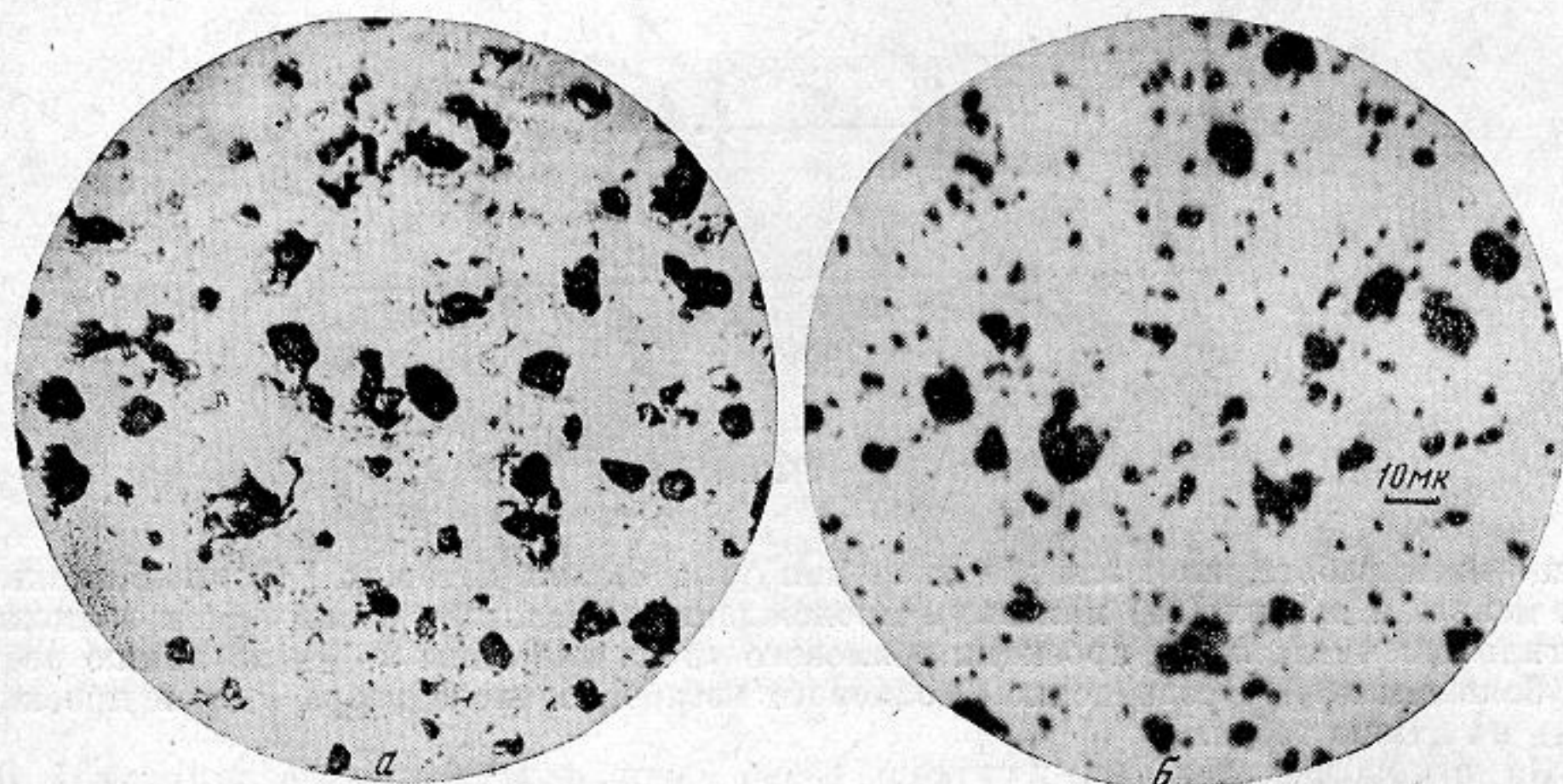


зали, что максимальная скорость звука наблюдается в образцах, которые имеют не только малую пористость ($\leq 0,3\%$), но и небольшой диаметр пор, не превышающий 5 мк (фиг. 1), микрошлифы пьезокерамики $(\text{Ba}_{0,8}\text{Pb}_{0,12}\text{Ca}_{0,08})\text{TiO}_3$, $\eta = 0,3\%$, $c = 5$ км/сек. Высокая скорость распространения звука ($\approx 98-99\%$ от максимальной величины) сохраняется и при большем содержании пор в объеме образца, если они равномерно распределены по объему и максимальный диаметр пор не превышает 12 мк (фиг. 2, микрошлифы пьезокерамики: а — $(\text{Ba}_{0,8}\text{Pb}_{0,12}\text{Ca}_{0,08})\text{TiO}_3$, $c = 4,90$ км/сек, $\eta = 3,5\%$; б — $(\text{Pb}_{0,6}\text{Ba}_{0,4})\text{Nb}_2\text{O}_6$, $c = 3,96$ км/сек, $\eta = 2,0\%$).



Фиг. 2

В случае неравномерного распределения органического пластификатора в порошке, а также при наличии примеси углекислых солей Ва и Са в твердом растворе (при содержании связанного CO_2 0,02%) керамические образцы имеют отдельные включения крупных пор. При наличии пор диаметром ≥ 50 мк скорость распространения звука заметно снижается даже в том случае, если содержание пор в объеме керамики не превышает 0,2% (фиг. 3, микрошлиф пьезокерамики $(\text{Ba}_{0,8}\text{Pb}_{0,12}\text{Ca}_{0,08})\text{TiO}_3$, $\eta = 0,2\%$, $c = 4,5$ км/сек).

С увеличением пористости скорость распространения звуковых волн заметно снижается, если среди основной массы мелких пор встречаются включения пор $\varnothing \approx 20-25$ мк.

Из изложенного выше следует, что чем больше размер пор, тем при меньшем содержании их в объеме образца наблюдается снижение скорости звука в пьезокерамике. Чем больше пористость керамики, тем при меньшем размере пор наблюдается снижение скорости распространения звуковых волн.

Всесоюзный н.-и. институт химических реактивов
и особо чистых химических веществ
г Донецк

Поступило в редакцию
25 апреля 1966 г.

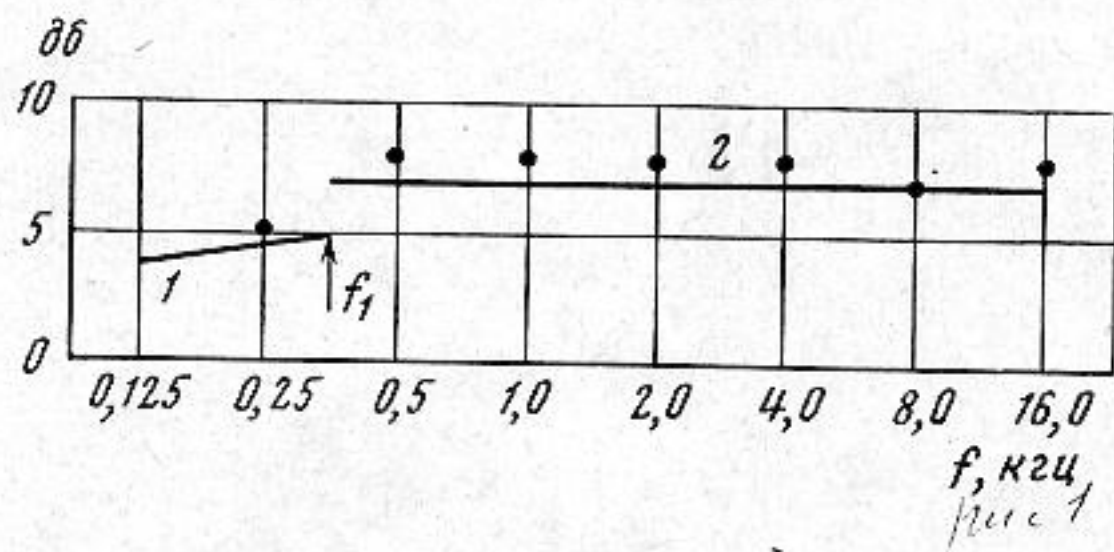
УДК 534.833.524.2

О ВИБРОИЗОЛЯЦИИ ОДИНОЧНОГО РЕБРА ЖЕСТКОСТИ

А. С. Никифоров

Оболочки многих современных инженерных конструкций (судов, самолетов и тому подобное) обычно бывают подкреплены многочисленными ребрами. Для изгибных волн, распространяющихся по такой оболочке, ребра представляют некоторое препятствие. Виброизоляция их исследована, например, в работах [1, 2], в предположении недеформируемости формы поперечного сечения ребер. В ребре с вытянутой формой поперечного сечения на достаточно высоких частотах становится возможным распространение изгибных волн в направлении его высоты [3]. Представляется интересным оценить виброизоляцию ребра по отношению к диффузному полю изгибных волн в подкрепляемой пластине с учетом указанных волновых эффектов.

Рассмотрим конструкцию, состоящую из бесконечной пластины с бесконечным ребром прямоугольного сечения, высоту которого обозначим H_p , а толщину — h_p . В пластине по одну сторону от ребра имеется диффузное вибрационное поле в виде совокупности плоских изгибных волн с одинаковыми амплитудами, направления распространения которых равномерно распределены в плоскости пластины. Виброизоляцию ребра по отношению к такому полю можно определить, проинтегрировав по углу θ квадрат модуля коэффициента прохождения плоской изгибной волны $T(\theta)$. Величина $T(\theta)$ может быть определена на основании работы [2]. Напомним, что, со-



Фиг. 1

гласно этой работе, имеются два значения угла θ , при которых $T(\theta)$ максимальна. При меньшем из них (θ_k) максимум прохождения обусловлен совпадением волнового крутильного числа $k_{кр}$ и проекции волнового числа пластины $k_{и.пл}$ на линию ребра, при большем (θ_n) — совпадением волнового изгибного числа ребра $k_{и.р}$ и проекции $k_{и.пл}$ на линию ребра.

На низких частотах форму сечения ребра можно полагать недеформируемой. Эти частоты лежат ниже частоты

$$f_1 \approx \frac{0,12c_p h_p}{H_p^2}, \quad (1)$$

что соответствует равенству $H_p \approx \lambda_n / 4$ ($\lambda_n = 1,38 [c_p h_p / f]^{1/2}$, c_p — скорость продольных волн в ребре, f — частота). На частотах $f < f_1$ значение $T(\theta)$ может быть взято непосредственно из работы [2]. Усредненную по углу θ величину $T(\theta)$ для указанных частот получим в следующем виде (полагая $\cos \theta_k \approx \cos \theta_n \approx 1$, $\sin \theta_k \approx \theta_k$, $\sin \theta_n \approx \theta_n$ и пренебрегая влиянием инерции вращения сечения ребра):

$$\langle T^2 \rangle = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} |T(\theta)|^2 \cos \theta d\theta \approx \frac{k_{и.р}}{k_{и.пл}} \left[\frac{1}{a_n \left(1 + \frac{2}{a_n}\right)^{3/4}} + \frac{1}{a_k} \right], \quad (2)$$

где $a_n = m_p k_{и.пл} m_{пл}^{-1}$, $a_k = k_{и.пл}^3 r_p^2 m_p m_{пл}^{-1}$. Здесь m_p — погонная масса ребра, $m_{пл}$ — поверхностная плотность массы пластины; r_p — полярный радиус инерции сечения ребра. Первый член в формуле (2) определяет прохождение колебательной энергии вблизи угла θ_n , второй — вблизи угла θ_k . При $a_n \ll a_k$ и $a_n \gg 2$ формула (2) принимает вид

$$\langle T^2 \rangle \approx \frac{k_{и.р} m_{пл}}{k_{и.пл}^2 m_p}, \quad (3)$$

что совпадает с результатом, полученным в работе [1] при таких же значениях a_n и a_k для ребер конечной длины. Таким образом, виброизоляция бесконечного и конечного ребра по отношению к диффузному вибрационному полю одинакова.

На частоте выше f_1 в ребрах становятся возможным изгибные волновые эффекты в направлении H_p . Сопротивление ребра по отношению к изгибающему моменту, действующему на него со стороны подкрепляемой пластины, резко уменьшается, а сопротивление по отношению к силе остается большим. С учетом этих предположений из работы [2] имеем

$$|T(\theta)|^2 \approx \frac{1}{2} \cos^2 \theta. \quad (4)$$

Соответственно получаем

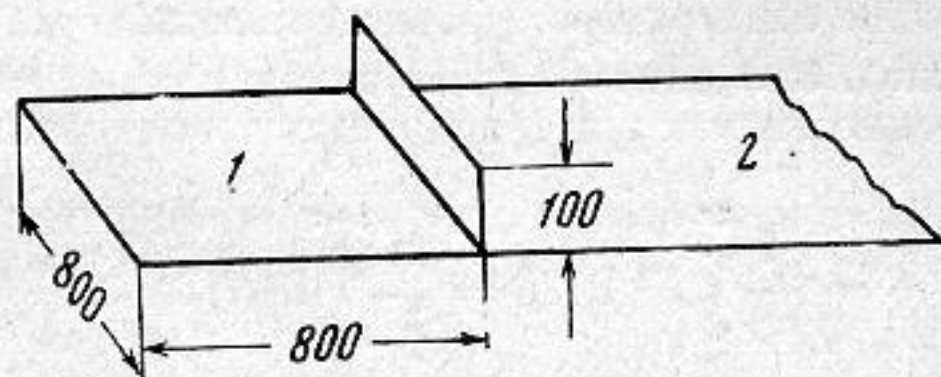
$$\langle T^2 \rangle = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \cos^3 \theta d\theta = \frac{2}{3\pi} \approx 0,2. \quad (5)$$

Виброизоляция ребра может быть вычислена по формуле

$$ВИ = 10 \lg \frac{1}{\langle T^2 \rangle}, \quad (6)$$

где $\langle T^2 \rangle$ определяется в зависимости от частоты с помощью (2) или (5).

На фиг. 1 представлены результаты измерений виброизоляции ребра в конструкции, изображенной на фиг. 2, при $h_{пл} = h_p = 0,6$ см. Конец пластины 2 погружается



Фиг. 2

в песок. Вибрация пластины 1 возбуждалась молоточковым вибратором; измерения производились с применением октавного анализатора. Там же приведены результаты расчета виброизоляции исследуемого ребра по формулам (6) и (2) (кривая 1), по формулам (6) и (5) (кривая 2). Видно, что результаты расчета и эксперимента хорошо согласуются.

ЛИТЕРАТУРА

1. M. Neckl. Wave-propagation on beam-plate systems. J. Acoust. Soc. America, 1961, 33, 5, 640.
2. E. Ungar. Transmission of plate flexural waves through reinforcing beams. J. Acoust. Soc. America, 1961, 33, 5, 633.
3. А. С. Никифоров. Виброизоляция ребер жесткости. Доклад на IV Всес. акуст. конференции, Киев, 1961.

Ленинград

Поступило в редакцию
14 июля 1967 г.

УДК 534.62

ОБ ИЗМЕРЕНИИ ДИФFUЗНОСТИ ЗВУКОВОГО ПОЛЯ МЕТОДОМ НАПРАВЛЕННОГО МИКРОФОНА

Г. Пенков

В 1960 г. Фурдеевым [1] был предложен сравнительно простой метод оценки и измерения степени диффузности звукового поля в закрытых помещениях. Согласно этому методу диффузность поля в той или иной точке определяется степенью приближения полярной диаграммы направленного микрофона, снятой в выбранной точке помещения, к окружности. Количественная мера диффузности определяется по формуле

$$d = \frac{S_R - S_D}{S_0 - S_D}, \quad (1)$$

где S_D — площадь нормированной характеристики направленности микрофона в поле бегущей плоской волны, S_R — площадь его характеристики, снятой в исследуемой точке поля в помещении, $S_0 = \pi$ — площадь круга единичного радиуса. Измерения по этому методу оказываются, однако, довольно трудоемкими из-за необходимости снятия и нормирования характеристик направленности как в условиях неограниченного пространства, так и в помещении, с последующим определением площадей S_D и S_R тем или иным способом (планиметрирование, графическое интегрирование, вырезание и взвешивание и тому подобное). При измерениях в большом числе точек поля и в различных областях частот затрата времени оказывается очень значительной, что и препятствует широкому применению метода.

Для сокращения времени, затрачиваемого на измерения, нами разработаны методика и измерительная схема, представленная на фиг. 1. Направленный микрофон 1