

ВЛИЯНИЕ ОПЕРТОЙ КРОМКИ НА ПОДАТЛИВОСТЬ ПЛАСТИНЫ, ПОДКРЕПЛЕННОЙ РЕБРОМ ЖЕСТКОСТИ

С. И. Ковинская, В. С. Коневалов

Рассмотрим податливость структуры, состоящей из полубесконечной пластины с опертой кромкой при подкреплении пластины полубесконечным ребром жесткости, перпендикулярным кромке (фиг. 1). Пусть конструкция возбуждается сосредоточенной, гармонически зависящей от времени силой, действующей на ребро жесткости на расстоянии y_0 от кромки; при том предположении, что ширина ребра меньше длины изгибных волн в пластине, краевая задача описывается классическими уравнениями изгибных колебаний ребра и пластины при выполнении граничных условий контакта при $x=0$ и условий опирания при $y=0$. Граничные условия на кромке позволяют воспользоваться методом изображения, так как из работы [1] известна функция Грина для бесконечной структуры.

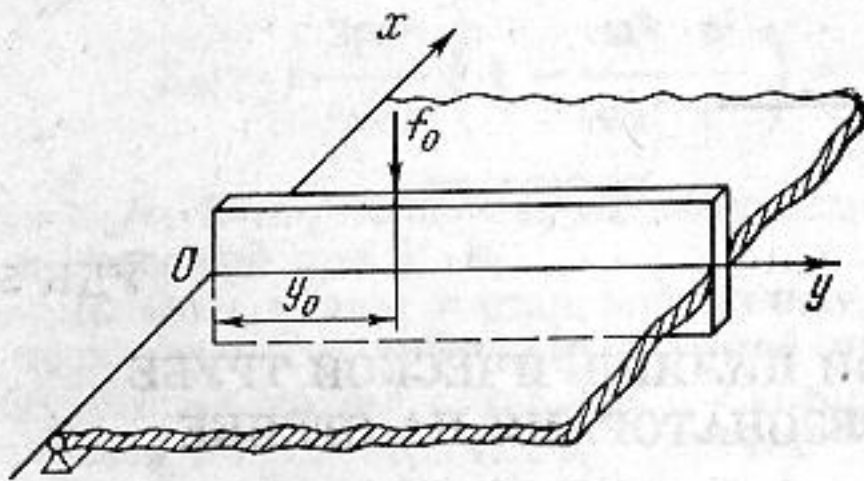
Решение, таким образом, можно представить в виде

$$\eta(y) = G(y, y_0) - G(y, -y_0); \quad G(y, y_0) = \frac{f_0}{2\pi D_b} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{i\alpha(y-y_0)}}{F(\alpha)} d\alpha,$$

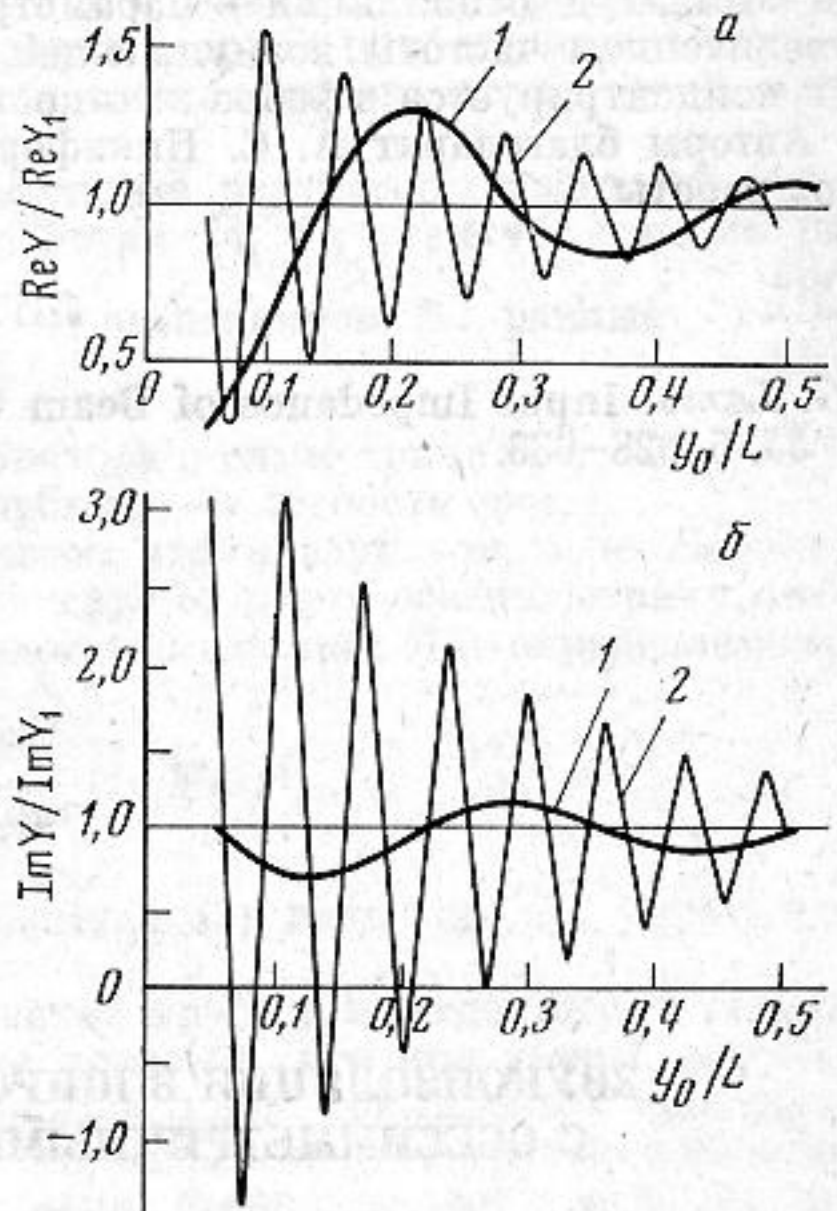
где $F(\alpha) = \alpha^4 - k_b^4 - \frac{2i}{L} (k_p^4 - \alpha^4) [(k_p^2 - \alpha^2)^{-1/2} - i(k_p^2 + \alpha^2)^{-1/2}]$. Выражения для податливости, следовательно, имеют вид $Y = Y_1 + I_1$, где Y_1 — податливость бесконечного ребра, соединенного с пластиной [1], а $I_1 = \frac{i\omega}{2\pi D_b} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{2i\alpha y_0}}{F(\alpha)} d\alpha$. При вычислении ин-

Фиг. 1. Исследуемая структура

Фиг. 2. Зависимость реальной (а) и мнимой (б) составляющих податливости структуры от параметра y_0/L при $k_b L = 20$ (кривая 1) и $k_b L = 100$ (кривая 2)



Фиг. 1



Фиг. 2

теграла I_1 были сделаны следующие предположения: 1) $k_b L \gg 1$, что, как показано в работе [1], выполняется для массивных ребер, начиная с частоты в несколько десятков герц; 2) $k_p y_0 \gg 0,5$ точка действия силы отстоит от кромки $y=0$ достаточно далеко (в терминах длины волны в пластине), что удовлетворяется вполне при $y_0 \geq 0,6\lambda_p$. Сделанные предположения сводят процедуру интегрирования к вычислению значений подынтегральной функции в полюсах:

$$k_1 = k_b \left\{ 1 + \frac{i}{2k_b L r^3} \sqrt{1-r^4} [\sqrt{1+r^2} - i\sqrt{1-r^2}] \right\}$$

и

$$k_2 = ik_b \left\{ 1 + \frac{i}{2k_b L r^3} \sqrt{1-r^2} [\sqrt{1-r^2} - i \sqrt{1+r^2}] \right\},$$

где $r = \frac{k_b}{k_p}$.

В результате мы получаем значение податливости для этого случая в виде $Y = Y_1 - Y_2 - Y_3$, где

$$(1) \quad Y_2 = \frac{\omega}{4k_b^3 D_b} e^{2ik_b y_0} \left[1 + \frac{i}{2k_b L r^3} (\sqrt{1+r^2} - i \sqrt{1-r^2}) \right] \times \\ \times \left\{ 1 + \frac{i}{2k_b L r^3} \left[\frac{r^2-3}{\sqrt{1-r^2}} + i \frac{r^2+3}{\sqrt{1-r^2}} \right] \right\},$$

$$(2) \quad Y_3 = \frac{\omega}{4k_b^3 D_b} e^{-2ik_b y_0} \left[1 + \frac{i}{2k_b L r^3} (\sqrt{1-r^2} - i \sqrt{1+r^2}) \right] \times \\ \times \left\{ 1 - \frac{i}{2k_b L r^3} \left[\frac{r^2+3}{\sqrt{1+r^2}} + i \frac{r^2-3}{\sqrt{1-r^2}} \right] \right\}.$$

Выражения (1) и (2) описывают влияние на податливость Y отраженных от границы бегущих и неоднородных волн как в ребре, так и в пластине. Это влияние тем существеннее, чем меньше расстояние до опертой кромки y_0 и больше отношение D_b/D_p . На фиг. 2 изображены зависимости реальной (а) и мнимой (б) составляющих податливости Y от параметра y_0/L , нормированные относительно Y_1 при $r=0,5$. Видно, что реальная и мнимая составляющие Y при изменении параметра y_0/L осциллируют относительно соответственных составляющих Y_1 . Частота этих осцилляций определяется параметром $k_b L$, т. е. частотой возмущающей силы, а огибающая амплитуд осцилляций — параметром y_0/L . Последнее объясняется тем, что с увеличением частоты возмущающей силы колебательная энергия в большей степени концентрируется в ребре жесткости, подкрепляющем пластину.

Авторы благодарят А. С. Никифорова за ценные советы и обсуждение результатов работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. G. Lamb. Input Impedance of Beam Coupled to Plate. J. Acoust. Soc. America, 1961, 33, 5, 628-633.

Поступила
23 декабря 1974 г.
После исправления
25 августа 1975 г.

УДК 534.833

ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ В ШИРОКОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ТРУБЕ С ОСЕСИММЕТРИЧНЫМИ РЕЗОНАТОРАМИ НА СТЕНКЕ

А. Д. Ланни

В работе [1] была рассчитана звукоизоляция в широкой (по сравнению с длиной волны) цилиндрической трубе, имеющей близко расположенные друг от друга резонаторы Гельмгольца на стенке. Этот расчет был выполнен в предположении, что стенку с резонаторами можно охарактеризовать эффективным нормальным импедансом, не зависящим от структуры звукового поля в трубе. Представляет интерес исследовать звукоизоляцию в цилиндрической трубе с осесимметричными резонаторами на стенке. На практике такие резонаторы часто применяют в качестве отражателей звука в трубах [2, 3].

Определим звукоизоляцию цепочки близко расположенных друг от друга осесимметричных резонаторов в широкой цилиндрической трубе, допустив, что в звуковом поле заданной симметрии (например, порядка m) стенку с осесимметричными