

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ СИСТЕМ С УПРУГИМИ ТЕЛАМИ

Магистрантка Щербина С.А.

Кандидат техн. наук, доцент Луговой В.П.

Белорусский национальный технический университет

Упругие тела могут служить накопителем энергии ультразвуковых (УЗ) систем. К упругим телам относятся пружины, кольца, сильфоны, камертоны и пр. Точный расчет собственных колебаний подобных элементов сопряжен с большими трудностями. При этом отсутствуют сведения и об экспериментальных исследованиях акустических свойств этих тел в диапазоне ультразвуковых частот.

Колебания пружин наиболее изучены. При расчетах пружину условно рассматривают как эквивалентный прямой брус, у которого возникают продольные и поперечные колебания, имеющий массу и податливость, равные массе и податливости пружины. Продольные колебания любой точки пружины определяется выражением:

$$x(x, t) = a_0 \frac{x}{H} + \frac{a_1}{\sin\left(\frac{\omega H}{\alpha}\right)} \sin \frac{\omega x}{\alpha} \sin(\omega t + \varphi_1) + \frac{a_2}{\sin\left(\frac{\omega H}{\alpha}\right)} \sin\left(2 \frac{\omega x}{\alpha}\right) \sin(2\omega t + \varphi_2) + \dots$$

Частота и форма собственных колебаний пружины определяется из уравнений $x(x, t) = u_1(x) \cos \omega t$; $v(x, t) = u_2(x) \cos \omega t$. Соответственно полученным значениям корней характеристического уравнения общие выражения для функций u_1, u_2 имеют следующий вид:

$$u_1 = C_1 \cos \alpha x + C_2 \sin \alpha x + C_3 \operatorname{ch} \beta x + C_4 \operatorname{sh} \beta x,$$

$$u_2 = \frac{\frac{1}{4} - \frac{\beta^2}{\alpha^2} \left[\frac{1}{\alpha} \left(\frac{\beta^2 m_0}{A_1} - \alpha^2 \right) (C_1 \sin \alpha x - C_2 \cos \alpha x) + \frac{1}{\beta} \left(\frac{\beta^2 m_0}{A_1} + \beta^2 \right) (C_3 \operatorname{sh} \beta x + C_4 \operatorname{ch} \beta x) \right]}$$

где C_1, \dots, C_4 – постоянные, определяемые из граничных условий.

Расчеты собственных колебаний замкнутых колец также изучены в достаточной мере и показывают, частные характеристики зависят во многом от геометрических параметров упругих тел. Расчет и выбор этих параметров, обеспечивающих совпадение с частотами вынужденных колебаний, позволит достигнуть резонанса ультразвуковой системы с целью промышленного применения в технологических системах.

Литература

1. Тимошенко, С.П. Колебания в инженерном деле. / С.П. Тимошенко. – М.: Физматгиз, 1959. - 439 с.
2. Бидерман, В.Л. Теория механических колебаний. / В.Л. Бидерман – М.: Высш. школа, 1980. - 408 с.