

Ю. Н. ГРИЗОДУБ

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАТУХАНИЯ КОЛЕБАНИЙ СТОЛБА ЖИДКОСТИ ВСЛЕДСТВИЕ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ В МАТЕРИАЛЕ СТенок ТРУБОПРОВОДА

[(Представлено академиком А. И. Некрасовым 25 III 1950)]

При распространении упругих возмущений в жидкости, наполняющей нежесткий трубопровод, имеют место совместные колебания стенок трубопровода и столба жидкости. В случае, если порядок величины ρc жидкости сравним с ρc материала трубопровода, указанные совместные колебания вызывают, кроме общеизвестного уменьшения скорости распространения звука в жидкости, еще и затухание колебаний вследствие внутреннего трения (гистерезиса) в материале стенок трубопровода.

Получим выражение для определения коэффициента затухания колебаний в жидкости вследствие внутреннего трения в материале стенок трубопровода. Запишем в несколько видоизмененном виде формулу Н. Е. Жуковского ⁽¹⁾ для определения скорости распространения звука в жидкости, заключенной в трубу:

$$c_r = \sqrt{\frac{1}{\left(\rho \frac{1}{E_{ж}} + \frac{1}{E_{мп}} \frac{D}{a}\right)}} = \frac{c_0}{\sqrt{1 + \frac{c_0^2 \rho D}{E_{мп} a}}}. \quad (1)$$

Здесь: c_r — скорость звука в жидкости, заключенной в трубу; c_0 — скорость звука в свободной жидкости; ρ — плотность жидкости; $E_{ж}$ — модуль жесткости жидкости; $E_{мп}$ — модуль жесткости материала трубопровода; D — внутренний диаметр трубы; a — толщина стенок трубы.

Положим, как и в ⁽²⁾, что

$$E'_{мп} = E_{мп} (1 + j\eta), \quad (2)$$

где η — коэффициент потерь энергии в материале трубы.

После преобразований, аналогичных выполненным в ⁽²⁾, получим

$$\beta_z = \frac{\pi c_0 \rho \frac{D}{a E_{мп}} \eta}{\sqrt{1 + \rho c_0^2 \frac{D}{a E_{мп}}}} f. \quad (3)$$

Настоящая формула пригодна для оценки порядка величины коэффициента затухания колебаний в жидкости вследствие гистерезиса в стенках как толстостенных, так и тонкостенных трубопроводов.

Заметим, что в ⁽²⁾ формула для β_3 получена в виде

$$\beta_3 = \frac{2\pi c_0 \xi_n N \eta}{\sqrt{1 + 2\xi_n c_0^2 N}} f, \quad (4)$$

где $\xi_n = \frac{\rho}{1 - 5a/6R}$, $N = \frac{R}{aE_{mp}}$, R — внутренний радиус трубопровода.

Так как при выводе формулы (4) в ⁽²⁾ в качестве исходной взята не формула Н. Е. Жуковского, а формула Кортвега ⁽³⁾, дающая ошибочные предельные результаты, то, согласно (4),

$$\lim_{a/R \rightarrow 6/5} \beta_3 \rightarrow \infty,$$

что противоречит опытным данным и физическому смыслу.

Поступило
26 XII 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Н. Е. Жуковский, Собр. соч., 7, М.—Л., 1937, стр. 58. ² E. Ganitta, Akustische Zs., 5, 2, 87 (1940). ³ D. J. Korteweg, Ann. Phys., Lpz., 5, 525 (1878).