

УДК 678.5

І.Т. Ярема, канд. техн. наук; Ю.І. Наконечний

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, Україна

РОЗРАХУНОК РЕЗОНАНСНИХ ЧАСТОТ ЗГИНАЛЬНИХ КОЛИВАНЬ ПЛАСТМАСОВИХ ЛОПАТОК ХОЛОДНИХ ТУРБОДЕТАНДЕРІВ

I. Yarema, Ph.D., Assoc. Prof.; Y. Nakonetchnj

CALCULATION OF RESONANCE FREQUENCIES OF BENDING VIBRATIONS OF PLASTIC BLADES OF COLD TURBODETANDERS

При розрахунках на міцність лопаток турбомашин важливо знати частоту їх власних коливань, оскільки при деяких резонансних числах обертів ротора амплітуда коливань лопаток може зрости настільки, що це може привести до їх руйнування. Нижче розглянуті результати аналітичного розрахунку частоти власних згинальних коливань пластмасових лопаток, які застосовуються, наприклад, в пускових турбодетандерах деяких газових турбін.

Порядок розрахунку показаний на прикладі пластмасової лопатки першого робочого ряду. Для розрахункової схеми на рис. 1 при визначенні власних згинальних коливань використані рішення, приведені в [1].

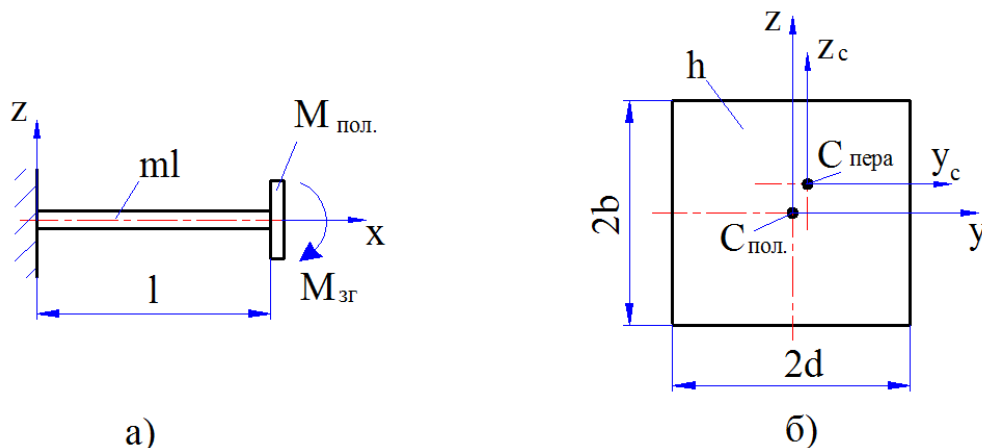


Рисунок 1 – Схема для визначення власної частоти згинальних коливань пластмасової лопатки (а) та центрального осьового моменту інерції (б)

Для цієї лопатки зосереджена маса (маса бандажної полицки, яка виливається заодно з робочою частиною пластмасової лопатки)

$$M_{пол.} = 2b \cdot 2d \cdot h \cdot \rho_m = 2 \cdot 7,5 \cdot 2 \cdot 5,8 \cdot 2 \cdot 10^{-9} \cdot 1350 = 46,98 \cdot 10^{-5} \text{ кг}$$

Тут ρ_m - питома вага матеріалу лопатки. Відомо, що маса одиниці довжини пера лопатки $m = 6,914 \cdot 10^{-2} \text{ кг} / \text{ м}$. Тоді загальна маса пера $ml = 131,37 \cdot 10^{-5} \text{ кг}$.

Якщо відношення $M_{пол.} \frac{M_{пол.}}{ml} = 0,3805$, то згідно з графіком [1, с.302] $\alpha l = 1,870$.

Поскільки $\alpha = \sqrt[4]{\frac{m\rho_{3z}^2}{EI_{yc}}} = \frac{1,870}{l}$ [1, с.294], то перша нижча частота власних згинальних коливань пера лопатки

$$\rho_{13z} = \frac{3,497}{l^2} \sqrt{\frac{EI_{yc}}{m}}$$

Тут $I_{yc} = 198,24 \text{ мм}^4$ - центральний осьовий момент інерції відносно осі U_c . Розрахунок осьових моментів інерції профілів із складною конфігурацією є досить трудомною задачею і в даному розрахунку не розглядається.

Для лопаток першого робочого ряду

$$\rho_{13z} = \frac{3,497}{(19 \cdot 10^{-3})^2} \sqrt{\frac{6 \cdot 10^9 \cdot 198,24 \cdot 10^{-12}}{6,914 \cdot 10^{-2}}} = 40179 \text{ с}^{-1}$$

Аналогічні розрахунки виконані для робочих лопаток другого ряду турбодетандера та напрямних лопаток. Результати розрахунку пластмасових лопаток, виконаного по такій методиці, приведені в табл.1.

Таблиця 1.

Найменування	Розмір-ність	Робочі лопатки		Напрямні лопатки
		1-а ступінь	2-а ступінь	
Швидкість обертання ротора, n	об/хв	9000	9000	0
Центральний осьовий момент інерції, I_{yc}	мм ⁴	198,24	100,1	135,2
Перша (нижча) частота власних згинальних коливань, ρ_{13z}	с ⁻¹	40179	17351	24496

Як видно з результатів розрахунків, нижчі власні (резонансні) частоти згинальних коливань пластмасових лопаток пускових турбодетандерів лежать за робочим діапазоном кутових швидкостей ротора. Отже, немає необхідності при визначенні напружень в матеріалі лопаток вводити коефіцієнт динамічності, який враховує динамічні явища.

Література

1. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник. т. 3 / Под ред. И.А. Биргера, Я.Г. Пановко – М.:Машиностроение, 1968. -567с.
2. Малинин, Н.Н. Прочность турбомашин. [Текст] / Н.Н. Малинин. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – 294с.