

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСА

Чаленко Д., студент,
Малєєв В.Б., докт. техн. наук, проф., Скоринін М.Й., канд.
техн. наук, проф., Кудрявцев О.О. ас.
Донецький національний технічний університет

Розглянуто основні безрозмірні показники роботи відцентрових насосів

При узагальненні великої кількості експериментальних даних виникає необхідність в отриманні безрозмірних характеристик, які можуть використовуватися для порівняння і оцінки різних типів насосів.

При розгляді динамічних насосів, коли можна нехтувати стисливістю рідини, слід виділити наступні параметри [1]:

D - середній діаметр виходу з колеса, м; ω - кутова швидкість, рад/с;
 Q - подача, м³/с; E - масовий напір $E = gH$, м²/с²; ρ – щільність, кг/м³;
 ν – кінематична в'язкість, м²/с; M – момент приводу, кг·м/с² (Н·м);
 Δe – масовий надкавітаційний напір, м²/с²; P_r – гідродинамічна потужність, кг·м²/с³ (Вт).

Таким чином, кількість основних величин дорівнює 8. Кількість основних одиниць вимірювань рівне 3, але її можна звести до 2, якщо розглядати такий ряд параметрів: D , ω , Q , E (Δe), ν , M/ρ , P_r/ρ . Ці параметри можуть утворювати наступні безрозмірні комбінації [2]:

питома подача насоса $\lambda_Q = Q/\omega D^3$; питомий напір $\lambda_E = E/\omega^2 D^2$;
питомий надкавітаційний напір $\lambda_{\Delta e} = \Delta e/\omega^2 D^2$; питома потужність і момент $\lambda_p = P_r/\rho \omega^3 D^5$; показник антикавітаційної досконалості – коефіцієнт Руднева; гідравлічний ККД $\eta = \rho E Q / P_r$.

Кількість основних величин, необхідних для опису роботи відцентрового насоса дорівнює шести: Q , $E = H \cdot g$, n , D , ρ , μ . Залежність між цими величинами може бути виражена загальним функціональним рівнянням:

$$f(Q, E, n, D, \rho, \mu) = 0$$

Всі ці величини можуть бути виміряні за допомогою трьох основних одиниць вимірювання: довжини L , часу T і маси M .

Згідно основній теоремі аналізу розмірностей повне рівняння, що описує залежність між 6 величинами, які мають розмірності, що визначаються 3 величинами, може бути приведено до вигляду:

$$f(\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3) = 0$$

$$\Pi_1 \cdot \Pi_2 \cdot \Pi_3 = Q^a \cdot E^b \cdot n^c \cdot D^d \cdot \rho^e \cdot \mu^g$$

$$M^0 L^0 T^0 = [L^3 T^{-1}]^a \cdot [L^2 T^{-2}]^b \cdot [T^{-1}]^c \cdot [L]^d \cdot [M \cdot L^{-3}]^e \cdot [M \cdot L^{-1} T^{-1}]^g$$

Для M: $0 = e + g$

L: $0 = 3a + 2b + d - 3e - g$

T: $0 = -a - 2b - c - g = 0$

Залишимо як незалежні наступні показники: a, b, e і вирішимо систему з трьох рівнянь:

$$\begin{cases} g = -e \\ d = -3a - 2b + e \\ c = -a - 2b + e \end{cases}$$

$$\Pi_1 \cdot \Pi_2 \cdot \Pi_3 = Q^a \cdot E^b \cdot n^{-a-2b+e} \cdot D^{-3a-2b+e} \cdot \rho^e \cdot \mu^{-e}$$

$$\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 = \left(\frac{Q}{nD^3} \right)^a \left(\frac{E}{n^2 D^2} \right)^b \left(\frac{nD^2 \rho}{\mu} \right)^e$$

Перший критерій подоби $\Pi_1 = \left(\frac{Q}{nD^3} \right)$ є питомою подачею насоса,

другий $-\Pi_2 = \frac{E}{n^2 D^2}$ - питомий напір насоса. Якщо з першого критерію

подоби величину $nD^2 = \frac{Q}{D}$ підставити у вираз третього критерію, то останнє прийме вигляд:

$$\Pi_3 = \frac{\rho \cdot Q}{\mu \cdot D} = \frac{Q}{\nu D} = Re - \text{число Рейнольдса.}$$

Важливо розуміти, що однакові числа Рейнольдса не свідчать про подібний розподіл швидкостей або про наявність однакового режиму, оскільки зміна картини течії може відбуватися в різних частинах насоса при відмінних швидкостях, тоді як в залежність для Π_3 входить лише один лінійний розмір машини (вихідний діаметр). Однакові числа Рейнольдса можуть мати місце в насосах різних конфігурацій або з різними коефіцієнтами швидкохідності.

Список джерел:

1. Степанов А.И. Центробежные и осевые насосы. (Пер. с англ.) М.: Машгиз, 1960. – 462с.
2. Яременко В.А. Испытания насосов. М.: Машгиз, 1962. – 232с.