

Parametry pracy i charakterystyki pomp

4

4.1. Wysokość podnoszenia pompy

Wysokością ssania pompy nazywamy wysokość ciśnienia w przekroju króćca ssawnego pompy

$$H_s = \frac{p_s}{\gamma} = \frac{p_d}{\gamma} - H_{sz} - \frac{c_s^2 - c_d^2}{2g} - \sum \Delta h_s \quad (4.1)$$

gdzie: c_s — średnia prędkość cieczy w przekroju króćca ssawnego, $\sum \Delta h_s$ — suma wysokości strat przepływu w rurociągu ssawnym (rys. 3.1, rozdz. 3) od zbiornika dolnego do pompy.

W przypadku otwartego zbiornika dolnego ($p_d = p_b$) otrzymamy

$$H_s = \frac{p_s}{\gamma} = \frac{p_b}{\gamma} - H_{sz} - \frac{c_s^2 - c_d^2}{2g} - \sum \Delta h_s \quad (4.2)$$

Przy badaniach i eksploatacji pomp stosuje się pomiar ciśnienia w przekroju króćca ssawnego za pomocą manometru (gdy $p_s > p_b$) lub wakuometru (gdy $p_s < p_b$). Wtedy *manometryczna wysokość ssania* H_{ms} jest różnicą między wysokością ciśnienia p_s w tym przekroju a wysokością ciśnienia atmosferycznego

$$H_{ms} = \frac{p_s - p_b}{\gamma} \quad (4.3)$$

Po podstawieniu wartości p_s ze wzoru (4.1) otrzymamy

$$H_{ms} = \frac{p_d - p_b}{\gamma} - H_{sz} - \frac{c_s^2 - c_d^2}{2g} - \sum \Delta h_s \quad (4.4)$$

W przypadku zbiornika dolnego otwartego wstawiając p_s ze wzoru (4.2) do wzoru (4.3) otrzymamy

$$H_{ms} = -H_{sz} - \frac{c_s^2 - c_d^2}{2g} - \sum \Delta h_s \quad (4.5)$$

W przypadku pracy pompy „ze ssaniem”, tzn. posadowionej powyżej poziomu cieczy w zbiorniku dolnym, H_{ms} będzie ujemne, czyli wystąpi podciśnienie w przekroju króćca ssawnego (do pomiaru należy zastosować wakuometr).

W przypadku pracy pompy „z napływem” H_{ms} może przybierać wartości dodatnie i ujemne, zależnie od wysokości napływu $H'_{sz} = -H_{sz}$.

Wysokością tłoczenia pompy H_t nazywamy wysokość ciśnienia w przekroju króćca tłocznego

$$H_t = \frac{p_t}{\gamma} = \frac{p_g}{\gamma} + H_{tz} + \frac{c_g^2 - c_t^2}{2g} + \sum \Delta h_t \quad (4.6)$$

gdzie: c_t — średnia prędkość przepływu cieczy w przekroju króćca tłocznego, $\sum \Delta h_t$ — suma wysokości strat przepływu cieczy na drodze od pompy do zbiornika górnego.

Jeżeli zbiornik górny jest otwarty ($p_g = p_b$), wtedy

$$H_t = \frac{p_b}{\gamma} + H_{tz} + \frac{c_g^2 - c_t^2}{2g} + \sum \Delta h_t \quad (4.7)$$

Manometryczną wysokość tłoczenia H_{mt} stanowi nadwyżka wysokości tłoczenia H_t ponad wysokość ciśnienia atmosferycznego mierzoną za pomocą manometru

$$H_{mt} = \frac{p_t - p_b}{\gamma} = \frac{p_{mt}}{\gamma} \quad (4.8)$$

Po podstawieniu wyrażenia p_t ze wzoru (4.6) otrzymamy

$$H_{mt} = \frac{p_g - p_b}{\gamma} + H_{tz} + \frac{c_g^2 - c_t^2}{2g} + \sum \Delta h_t \quad (4.9)$$

W przypadku otwartego zbiornika górnego ($p_g = p_b$) wzór (4.9) przyjmie postać uproszczoną

$$H_{mt} = H_{tz} + \frac{c_g^2 - c_t^2}{2g} + \sum \Delta h_t \quad (4.10)$$

Użyteczna (efektywna) wysokość podnoszenia H_e , jako suma przyrostów wysokości (jednostkowej energii) między przekrojami króćca wlotowego i wylotowego pompy, wyrażana jest wzorem

$$H_e = \frac{p_t - p_s}{\gamma} + m + \frac{c_t^2 - c_s^2}{2g} \quad (4.11)$$

Po podstawieniu wartości p_s ze wzoru (4.1) i p_t ze wzoru (4.6) oraz po przekształceniu otrzymamy

$$H_e = \frac{p_g - p_d}{\gamma} + H_z + \frac{c_g^2 - c_d^2}{2g} + \sum \Delta h_s + \sum \Delta h_t \quad (4.12)$$

Jest to jednocześnie wysokość podnoszenia układu pompowego. Najczęściej użyteczną wysokość określamy symbolem H .

Manometryczna wysokość podnoszenia pompy H_m wyraża się przyrostem wysokości manometrycznej na króćcach ssawnym i tłocznym

$$H_m = H_{mt} - H_{ms} + m = \frac{p_t - p_s}{\gamma} + m \quad (4.13)$$

Po podstawieniu wartości ze wzorów (4.4) i (4.9) i zgrupowaniu wyrazów otrzymamy

$$H_m = \frac{p_g - p_d}{\gamma} + H_z + \frac{c_g^2 - c_d^2}{2g} + \sum \Delta h_s + \sum \Delta h_t - \frac{c_t^2 - c_s^2}{2g} = H_e - \frac{c_t^2 - c_s^2}{2g} \quad (4.14)$$

lub inaczej

$$H_e = H_m + \frac{c_t^2 - c_s^2}{2g} = \frac{p_t - p_s}{\gamma} + m + \frac{c_t^2 - c_s^2}{2g} \quad (4.15)$$

Wyrażenie (4.15) wskazuje, iż w celu określenia całkowitej wysokości podnoszenia pompy należy do manometrycznej wysokości podnoszenia H_m , obliczonej za pomocą wzoru (4.13), dodać wysokość przyrostu prędkości na wlocie i wylocie z pompy.

Teoretyczną wysokością podnoszenia pompy H_{th} nazywamy sumę użytecznej wysokości podnoszenia H_e i oporów hydraulicznych Δh_p w pompie, spowodowanych tarcieniem cieczy o ścianki kanałów przepływowych, zawirowaniami itp.

$$H_{th} = H_e + \Delta h_p \quad (4.16)$$

W pompach wyporowych stosuje się równoważne pojęcie wewnętrznej wysokości podnoszenia $H_i = H_{th}$.

4.2. Wydajność

Wydajność teoretyczna pompy Q_{th} jest to natężenie przepływu w pompie idealnie szczelnej, bez odprowadzenia i użytkowania cieczy pompowanej poza króćcem tłocznym i przy teoretycznej wysokości podnoszenia H_{th} .

Wydajnością rzeczywistą pompy Q_r nazywamy sumę natężenia przepływu w przekroju króćca wylotowego i cieczy odprowadzanej (również przed króćcem tłocznym) na własne potrzeby pompy, np. chłodzenie łożysk, dławnic itp.; najczęściej wydajność rzeczywistą Q_r oznacza się symbolem Q .

Wydajność nominalna pompy Q_n jest to wydajność wyznaczona przez producenta, przy której należy pompę eksploatować i która powinna być określona na tabliczce znamionowej. Wydajność nominalna Q_n występuje przy nominalnej wysokości podnoszenia H_n i nominalnej prędkości obrotowej n pompy.

Wydajność optymalna pompy Q_{opt} jest to wydajność, przy której pompa osiąga maksymalną sprawność całkowitą η_{max} . W dobrze skonstruowanej pompie optymalna wydajność pokrywa się z wydajnością obliczeniową oraz nominalną.

Wydajnością wewnętrzną pompy Q_i nazywamy natężenie przepływu przez wirnik pompy wirowej, zaś w pompach wyporowych natężenie przepływu wywołane przez organ roboczy (rotor, tłok). W pompach wirowych

$$Q_i = Q_r + Q_s + Q_o + Q_f \approx Q_{th} \quad (4.17)$$

gdzie: Q_s — straty przepływu powrotnego do wirnika przez szczeliny między pierścieniami uszczelniającymi, Q_o — straty wypływu przez szczeliny tarczy obciążającej, Q_f — straty wypływu przez nieszczelności w dławnicach.

Wydajność wewnętrzną Q_i jest równa w przybliżeniu wydajności teoretycznej pompy Q_{th} .