

23.3. Wielkości charakterystyczne podlegające pomiarom przy badaniach hydraulicznych

Charakterystyczne wielkości fizyczne podlegające pomiarom można podzielić na trzy grupy:

- wielkości charakteryzujące układ badawczy (stanowisko), warunki badań oraz otoczenie, będą to m. in. wielkości liniowe (np. geometryczna wysokość ssania i tłoczenia, wymiary króćców pompy), natężenie przepływu w układzie pomiarowym równe zwykle wydajności pompy, temperatura otoczenia i ciśnienie barometryczne;

- wielkości określające ciecz przepływającą przez pompę, a więc jej temperatura, gęstość, lepkość oraz ewentualne zanieczyszczenie, niekiedy nawet kwasowość (wartość pH);

- wielkości charakterystyczne dla samej badanej pompy, czyli jej parametry: wydajność, wysokość ssania, wysokość tłoczenia, moc pobierana oraz prędkość obrotowa względnie liczba suwów lub cykli w jednostce czasu.

W dalszym ciągu, jako najważniejsze, są omówione pomiary wielkości charakteryzujących pompy oraz stosowane przyrządy pomiarowe, przy czym zostaną podane tylko ich typy lub systemy, bez szczegółowych opisów działania, które można znaleźć w literaturze technicznej [16].

W pierwszej kolejności omówiono pomiary parametrów pracy pomp wirowych jako częściej stosowanych, przy czym w wielu przypadkach pomiary są jednakowe dla obu rodzajów pomp.

23.4. Pomiary parametrów pracy pomp wirowych

23.4.1. Pomiary wydajności pompy Q

Wydajność pompy jest określona pośrednio przez pomiar natężenia przepływu w układzie (ciągu) pomiarowym, znajdującym się z reguły po stronie tłocznej pompy. W większości przypadków wydajność badanej pompy Q jest równa natężeniu przepływu w układzie.

Pomiary natężenia przepływu (ciągle lub bezpośrednie) są przeprowadzane za pomocą:

- zwężek pomiarowych (kryz, dysz lub zwężek Venturiego oraz manometrów różnicowych); są to pomiary średnio dokładne — do $\pm 2\%$; stosowane są w obiegach otwartych i zamkniętych,

- przepływomierzy otwartych, do których należą przelewy prostokątne lub trójkątne stosowane w układach otwartych przy dużych i bardzo dużych natężeniach przepływu (błąd pomiarowy tych pomiarów jest nie mniejszy niż $\pm 5\%$); do mierników otwartych tego samego typu należą danaidy, rzadko stosowane i do nieco mniejszych natężeń przepływu:

- wodomierzy skrzydełkowych lub młynkowych z jednoczesnym pomiarem czasu, stosowanych przy małych natężeniach przepływu w ciągach pomiarowych (błąd pomiaru wynosi ok. $\pm 2\%$);

— prędkościomierzy piętujących lub młynków hydrometrycznych, stosowanych w obiegach otwartych i zamkniętych przy dużych natężeniach przepływu (błąd pomiarowy wynosi powyżej $\pm 5\%$).

Drugi, pośredni sposób pomiaru natężenia przepływu jest stosowany do jedno-razowego określenia wartości natężenia. Polega on na pomiarze objętości cieczy („metoda objętościowa”) wpływającej do zbiornika pomiarowego w określonym czasie t . W niektórych zautomatyzowanych urządzeniach ciecz wpływa do zbiornika pomiarowego, umieszczonego na wadze („metoda wagowa”), i jest ważona. Obie metody należą do najwygodniejszych i najdokładniejszych (błąd pomiarowy jest zawarty w granicach $\pm 1\%$).

23.4.2. Pomiary wysokości podnoszenia H pompy

Wysokość podnoszenia pompy określa się metodą pośrednią na podstawie pomiaru ciśnienia p_t w przekroju króćca tłocznego i ciśnienia p_s w króćcu ssawnym, przy uwzględnieniu różnicy położenia m obu króćców oraz przyrostu wysokości prędkości między króćcami (z uwzględnieniem różnicy poziomów manometrów i króćców)

$$H = \frac{p_t - p_s}{\gamma} + m + \frac{c_t^2 - c_s^2}{2g} \quad (23.1)$$

gdzie c_t i c_s — prędkości cieczy w wymienionych przekrojach.

Do pomiarów ciśnienia służą manometry prężne, rurkowe, mieszkowe i przeponowe oraz manometry cieczowe otwarte i różnicowe.

Przy instalowaniu manometrów należy przestrzegać następujących zasad:

- manometry powinny być umieszczone możliwie najbliżej miejsca pomiaru,
- między manometrem a miejscem pomiaru powinien być włączony trójdrożny kurek do sprawdzania drożności przewodów oraz wyłączania miernika,
- miejsce pomiaru powinno znajdować się w przekroju króćca ssawnego lub tłocznego, albo w miejscu możliwie blisko położonym od takiego przekroju,
- otwory piezometryczne do odbioru ciśnienia powinny mieć średnicę d większą od 5 mm oraz kierunek prostopadły do ściany kanału w miejscu pomiaru,
- w przypadku dokładnych pomiarów należy stosować kilka otworów piezometrycznych na obwodzie, połączonych wspólnym obwodowym przewodem i złączonym z miernikiem ciśnienia.

Do pomiarów wysokości ciśnienia oraz różnicy wysokości ciśnienia stosuje się manometry cieczowe otwarte i różnicowe. Przed ich używaniem należy dokładnie zapoznać się z instrukcją ich obsługi, zalecaną przez producenta. Dotyczy to zwłaszcza sposobu napełniania cieczą, wysokości słupów cieczy, odpowietrzania itp.

23.4.3. Pomiary mocy pobieranej przez pompę

Przy napędzie pompy za pomocą silnika elektrycznego asynchronicznego (najczęściej stosowanego) do pomiaru mocy stosuje się metodę jednego lub, lepiej, dwóch watomierzy. W przypadku jednofazowego silnika prądu przemiennego moc mierzy się

jednym watomierzem lub pośrednio, przez pomiar natężenia I i napięcia U prądu zasilającego. Podobnie — przez pomiar natężenia i napięcia prądu określa się moc silnika prądu stałego.

Należy pamiętać o tym, iż za pomocą wyszczególnionych metod określa się moc pobieraną przez silnik P_s . Moc pobierana przez pompę, tzw. *moc na wale pompy*, jest mniejsza od mocy P_s

$$P_w = P_s \eta_s \quad (23.2)$$

W celu wyeliminowania z pomiaru mocy pobieranej przez pompę wpływu sprawności silnika, często trudnej do dokładnego określenia, stosuje się pomiar momentu obrotowego M napędzającego pompę, z jednoczesnym pomiarem prędkości obrotowej n . Przy zastosowaniu urządzenia hamulcowego, w którym siła ciężkości F działa na ramieniu r lub ramię to naciska na szalkę wagi z siłą F , moment obrotowy wyniesie

$$M = Fr \quad (23.3)$$

Do pomiaru momentu jest stosowany również układ „kołyskowy”, polegający na wahliwym ułożyskowaniu napędowego silnika elektrycznego. Wtedy moment obliczymy z zależności

$$M = (F - F_0) r \quad (23.4)$$

gdzie: F — nacisk ramienia „kołyski” o długości r na szalkę wagi w czasie pracy pompy, F_0 — nacisk przy pompie nieruchomej.

Za pomocą układu kołyskowego jest mierzony moment reakcyjny stojana silnika równy co do wartości momentowi przekazywanemu pompie, lecz o przeciwnym kierunku.

Do pomiaru momentu jest stosowany również dynamometr torsyjny (skrętny), przy którym wartość momentu oblicza się z zależności

$$M = k\alpha \quad (23.5)$$

gdzie: k — doświadczalny współczynnik proporcjonalności określony dla danego dynamometru, α — zmierzony kąt skrętu.

Mając określony moment obrotowy można obliczyć moc pobieraną przez pompę

$$P_w = \frac{Mn}{9549} \text{ kW} \quad (23.6)$$

gdzie: M — w $\text{N} \cdot \text{m}$, n — prędkość obrotowa w obr/min.

23.4.4. Pomiar prędkości obrotowej

Do bezpośredniego pomiaru chwilowej prędkości obrotowej n służą prędkościomierze (tachometry) mechaniczne i elektryczne. Średnią prędkość obrotową wyznaczamy mierząc liczbę obrotów wału pompy za pomocą licznika obrotów w przedziale czasu mierzonym sekundomierzem.

Obecnie coraz częściej stosuje się przyrządy elektroniczne zliczające, wskazujące automatycznie prędkość obrotową badanej maszyny.