

$$|\Delta_k| \leq 0,25 |\Delta_s| , \quad (3.38)$$

gdzie:

Δ_k - granica błędu dopuszczalnego przyrządu kontrolnego,

Δ_s - granica błędu dopuszczalnego przyrządu sprawdzanego.

3.5. SPRAWDZANIE CIŚNIENIOMIERZY SPRĘŻYNOWYCH

Ze względu na dokładność pomiaru ciśnieniomierze sprężynowe dzielą się na przemysłowe i kontrolne. Sposób sprawdzania ciśnieniomierzy w zależności od ich przeznaczenia i klasy dokładności ujmują przepisy wydane przez PKNiM [30], [31], [32]. W p.3.5.1 omówiono dokładnie sposób sprawdzania ciśnieniomierzy przemysłowych, zaś w p.3.5.2 - ciśnieniomierzy kontrolnych. Ponieważ w technice sanitarnej ciśnieniomierze z elementem sprężystym stosuje się zazwyczaj do pomiaru nadciśnienia, dlatego omówiono dokładnie sposób sprawdzania manometrów.

3.5.1. SPRAWDZANIE MANOMETRÓW PRZEMYSŁOWYCH (ZWYCZAJNYCH)

O KLASIE DOKŁADNOŚCI 1; 1,6; 2,5; 4 I ZAKRESIE POMIAROWYM OD 0,06 DO 6 MPa

W skład czynności wykonywanych podczas legalizacji wchodzi:

- oględziny zewnętrzne,
- sprawdzenie właściwości metrologicznych (wskazań),
- wykonanie protokołu sprawdzania,
- określenie wielkości błędów.

Oględziny zewnętrzne mają na celu sprawdzenie czy manometr jest wykonany zgodnie z obowiązującymi przepisami i aktami normalizacyjnymi. Jeżeli stwierdza się niezgodność, to przyrząd taki należy przeznaczyć do likwidacji (zbrakować).

Sprawdzenie wskazań wykonuje się drogą pomiaru tego samego ciśnienia przy użyciu dwóch przyrządów - manometru sprawdzanego i kontrolnego. Do wytwarzania określonego ciśnienia stosuje się prasy olejowe lub powietrzne. Temperatura otoczenia oraz płynu przekazującego impuls ciśnienia powinna wynosić $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ i w czasie pomiarów nie może ulegać zmianom o więcej niż $\pm 2\text{ K}$.

Odczyty ciśnienia na manometrach sprawdzanych wykonuje się z dokładnością $1/5$ działki elementarnej, zaś na manometrach kontrolnych z dokładnością $1/10$ działki elementarnej. Przed przystąpieniem do sprawdzania należy dobrać odpowiedni manometr kontrolny. Klasy dokładności manometrów kontrolnych wynoszą 0,25; 0,4 lub 0,6. Zasadą jest, aby granice dopuszczalnych błędów manometru kontrolnego były 4 razy mniejsze niż dopuszczalne granice błędów manometru sprawdzanego, tj. aby spełniona była zależność (3.38). Na podstawie tych wymagań opracowano tablicę 3.6, z której dobiera się odpowiednią klasę i zakres manometru kontrolnego.

Tablica 3.6

Zasada doboru zakresu wskazań (n) manometrów kontrolnych przy sprawdzaniu manometrów przemysłowych¹⁾

| Klasa dokładności manometru sprawdzanego | Klasa dokładności manometru kontrolnego | | |
|---|---|----------------|---------|
| | 0,6 | 0,4 | 0,25 |
| 1 | - | n | n |
| 1,6 | n | $n + 1$ n | $n + 1$ |
| 2,5 | $n + 1$ n | $n + 1$ | $n + 1$ |
| 4 | $n + 1$ | $n + 1$ | - |
| ¹⁾ n - zakres wskazań manometru kontrolnego taki sam, jak manometru sprawdzanego, $n + 1$ - zakres wskazań manometru kontrolnego sąsiedni, większy niż zakres wskazań manometru sprawdzanego. | | | |

Do wytwarzania ciśnienia wymaganego podczas sprawdzania stosuje się prasy manometryczne.

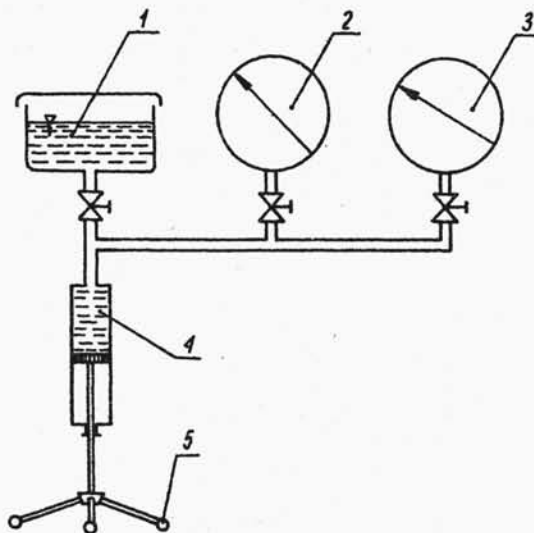
Prasy manometryczne

Prasy te wykonane są w zależności od wytwarzanego ciśnienia jako:

- prasy powietrzne jednostopniowe, dla zakresu pracy od -0,1 do 0,25 MPa,

- prasy olejowe jednostopniowe, dla zakresu pracy od -0,1 do 6 MPa.

Schemat ideowy prasy olejowej pokazano na rys.3.26. Prasa składa się ze zbiornika oleju 1 połączonego za pomocą kolektora z cylindrem 4 i ciśnieniomierzami - kontrolnym 2 i sprawdzanym 3. Do poruszania tłoka znajdującego się w cylindrze używa się pokrętła 5. Sposób obsługi prasy manometrycznej omówiono na podstawie rys.3.27. Przed zamontowaniem manometrów należy napełnić zbiornik prasy 4 olejem wrzecionowym WZ-4 lub turbinowym TU-20, a następnie dokładnie odpowietrzyć układ. Do przyłączenia manometrów używa się specjalnych nakrętek "rzymskich" z gwintem prawym i lewym. Gwint prawy, najczęściej M 20 x 1,5 stosuje się do połączenia z manometrem, zaś lewy z gniazdem prasy manometrycznej. W celu zamocowania manometru wkręca się najpierw nakrętkę do połowy wysokości na króciec przyłączy



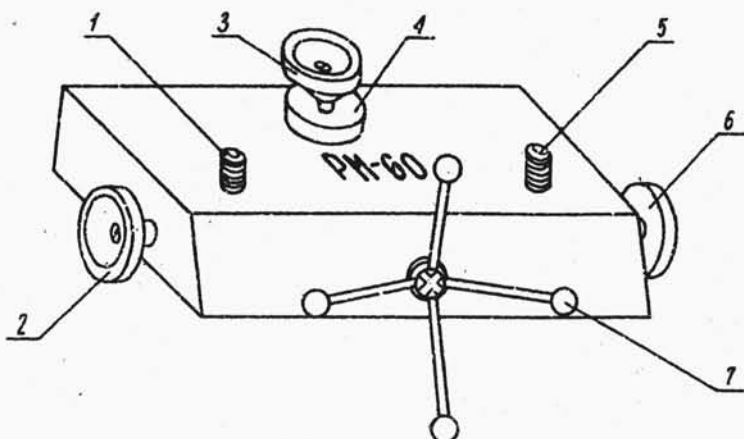
Rys.3.26. Schemat ideowy olejowej prasy manometrycznej PM-60

prasy, następnie wkłada uszczelkę gumową lub fibrową i wreszcie wkręca ręką manometr, przytrzymując nakrętkę rzymską. Po uzyskaniu pierwszego oporu ustawia się tarczę manometru w dogodnym położeniu i przytrzymując jednym kluczem króciec manometru dokręcamy drugim nakrętkę rzymską.

Przy obsłudze prasy manometrycznej należy przestrzegać następujących zasad zapewniających poprawną i bezpieczną pracę:

- przed użyciem należy dokładnie odpowietrzyć układ,
- wszelkie zmiany ciśnienia należy dokonywać powoli,
- w przypadku stwierdzenia nieszczelności nie próbować manipulować łącznikami, gdy prasa jest pod ciśnieniem, a czynności te wykonywać dopiero po obniżeniu nadciśnienia do wartości bliskiej zeru,

- obniżanie ciśnienia dokonywać jedynie przez obrót pokrętła 7 w lewo, a po osiągnięciu niewielkiej wartości nadciśnienia - przez otwarcie zaworu 3 i połączenie układu z atmosferą.



Rys.3.27. Olejowa prasa manometryczna PM-60: 1 - miejsce zamontowania manometru kontrolnego, 2 - zawór odcinający manometr kontrolny, 3 - zawór odcinający zbiornik oleju, 4 - zbiornik oleju, 5 - miejsce zamontowania manometru sprawdzanego, 6 - zawór odcinający manometr sprawdzany, 7 - pokrętło

Po przygotowaniu prasy należy wypełnić wstępnie protokół kontroli (rubryki określające dane manometru sprawdzanego i kontrolnego). Sprawdzenie wskazań rozpoczyna się od określenia ciśnienia rozruchu, a następnie wskazań dla pięciu wartości ciśnienia, w równomiernie rozłożonych punktach podzielnicy - przy ciśnieniach wzrastających i malejących. Jednym z tych

punktów powinna być górna granica zakresu pomiarowego. W celu wytworzenia ciśnienia zamyka się zawór 3 (rys.3.27), a otwiera zawory 2 i 6, następnie powoli obraca pokrętkę 7 w prawo. W momencie kiedy wskazówka ciśnieniomierza sprawdzonego oderwie się od kołka oporowego odczytujemy wskazanie manometru kontrolnego. Wskazanie to określa wartość rozruchu. Następnie wytwarzamy ciśnienie odpowiadające pierwszemu punktowi sprawdzanemu. Wskazanie manometru kontrolnego odpowiadające ciśnieniu p oblicza się na podstawie świadectwa legalizacji tego manometru przez interpolację liniową

$$I = I_n + \frac{I_{n+1} - I_n}{p_{n+1} - p_n} (p - p_n), \quad (3.39)$$

dla

$$p_n < p < p_{n+1},$$

gdzie:

- I - wskazanie manometru odpowiadające ciśnieniu p ,
- I_n - wskazanie manometru odpowiadające ciśnieniu p_n ,
- I_{n+1} - wskazanie manometru odpowiadające ciśnieniu p_{n+1} ,
- p - wymagane ciśnienie,
- p_n - najbliższe sąsiednie ciśnienie znajdujące się w świadectwie legalizacji mniejsze od ciśnienia p ,
- p_{n+1} - najbliższe sąsiednie ciśnienie znajdujące się w świadectwie legalizacji większe od ciśnienia p .

Jeżeli $p = p_n$, to wzór upraszcza się i otrzymujemy

$$I = I_n,$$

a wartość tę można odczytać bezpośrednio ze świadectwa legalizacji. W przypadku, gdy granice dopuszczalnych błędów ciśnieniomierza kontrolnego spełniają w całym zakresie warunek (3.38), wówczas wskazanie manometru kontrolnego przyjmuje się jako wartość wytworzonego ciśnienia p bez uwzględnienia poprawek wskazań. Wskazania manometru sprawdzanego odpowiadające ciśnieniu p wpisuje się w rubryce p_r (protokółu sprawdzania). Po lekkim opukaniu obudowy manometru sprawdzanego (ręką), zapisuje się wskazania odpowiadające temu samemu ciśnieniu, lecz w rubryce p_o . Opukiwanie manometru ma na celu określenie bezwładności wskazań spowodowanej tarciem w mechanizmach wewnętrznych przyrządu. Wskazania w pozostałych

punktach rejestruje się przy zwiększaniu ciśnienia do górnej granicy zakresu pomiarowego manometru.

W celu określenia histerezy pomiarowej pozostawia się manometr sprawdzany pod działaniem ciśnienia, odpowiadającym górnej granicy zakresu pomiarowego przez okres 5 minut. W tym czasie należy odciążyć manometr kontrolny, zamykając zawór 6 i sprowadzić nadciśnienie w prasie do wartości bliskiej zeru. Po pięciu minutach należy ponownie podwyższyć ciśnienie do wartości odpowiadającej górnej granicy zakresu pomiarowego. Po otwarciu zaworu 6 dokonuje się ponownego sprawdzenia w tym punkcie. Zmniejszając ciśnienie do poprzednio ustalonych wartości, wykonuje się odczyty wskazań p_r i p_o dla ciśnień malejących.

Określenia wielkości błędów dokonuje się przez pomiar tego samego ciśnienia za pomocą dwóch manometrów: sprawdzanego i kontrolnego. Różnica pomiędzy wskazaniem manometru sprawdzanego a ciśnieniem p , wskazywanym przez manometr kontrolny, nazywa się błędem. Wartości liczbowe granic dopuszczalnych błędów podano w tablicy 3.7.

W czasie sprawdzania określa się kilka rodzajów błędów, które omówiono poniżej.

Błąd rozruchu jest to wartość ciśnienia wskazywanego przez manometr kontrolny w momencie oderwania się wskazówki manometru sprawdzanego od kołka oporowego. W manometrach bez kołka oporowego obserwujemy początek ruchu wskazówki. Rozruch nie może przekraczać wartości dopuszczalnych błędów wskazań (tablica 3.7).

Błąd podstawowy e jest to maksymalna różnica wskazań manometru sprawdzanego oraz wartości ciśnienia p określonego za pomocą manometru kontrolnego w warunkach odniesienia. Uwzględnia się wskazania manometru sprawdzanego zarówno przed (p_r), jak i po opukaniu (p_o) dla ciśnień rosnących i malejących. Błąd ten nie powinien przekraczać granicy dopuszczalnych błędów wskazań.

Błąd tarcowy ΔI_t jest to różnica wskazań manometru sprawdzanego przed (p_r) i po opukaniu obudowy ręką (p_o), przy tym samym ciśnieniu. Błąd wywołany tarciem nie powinien przekraczać połowy granicy dopuszczalnych błędów wskazań.

Tablica 3.7

Wartości liczbowe granic dopuszczalnych błędów wskazań dla manometrów przemysłowych MPa(kg/cm²)¹⁾

| Wartości liczbowe granic wskazań MPa (kg/cm ²) | Przy legalizacji | | | | W użytkowaniu | | | |
|--|-------------------|--------|--------|--------|-------------------|--------|--------|--------|
| | Klasa dokładności | | | | Klasa dokładności | | | |
| | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 |
| 0 ÷ 0,25 | ±0,002 | ±0,003 | ±0,005 | ±0,008 | ±0,0025 | ±0,004 | ±0,006 | ±0,010 |
| 0 ÷ 0,4 | ±0,003 | ±0,005 | ±0,008 | ±0,013 | ±0,004 | ±0,006 | ±0,010 | ±0,016 |
| 0 ÷ 0,6 | ±0,005 | ±0,008 | ±0,012 | ±0,02 | ±0,006 | ±0,010 | ±0,015 | ±0,024 |
| 0 ÷ 1 | ±0,008 | ±0,013 | ±0,02 | ±0,03 | ±0,010 | ±0,016 | ±0,025 | ±0,04 |
| 0 ÷ 1,6 | ±0,013 | ±0,02 | ±0,03 | ±0,05 | ±0,016 | ±0,025 | ±0,04 | ±0,06 |
| 0 ÷ 2,5 | ±0,02 | ±0,03 | ±0,05 | ±0,08 | ±0,025 | ±0,04 | ±0,06 | ±0,10 |
| 0 ÷ 4 | ±0,03 | ±0,05 | ±0,08 | ±0,13 | ±0,04 | ±0,06 | ±0,10 | ±0,16 |
| 0 ÷ 6 | ±0,05 | ±0,08 | ±0,12 | ±0,2 | ±0,06 | ±0,10 | ±0,15 | ±0,24 |
| 0 ÷ 10 | ±0,08 | ±0,13 | ±0,2 | ±0,3 | ±0,10 | ±0,16 | ±0,25 | ±0,4 |
| 0 ÷ 16 | ±0,13 | ±0,2 | ±0,3 | ±0,5 | ±0,16 | ±0,25 | ±0,4 | ±0,6 |
| 0 ÷ 25 | ±0,2 | ±0,3 | ±0,5 | ±0,8 | ±0,25 | ±0,4 | ±0,6 | ±1,0 |
| 0 ÷ 40 | ±0,3 | ±0,5 | ±0,8 | ±1,3 | ±0,4 | ±0,6 | ±1,0 | ±1,6 |
| 0 ÷ 60 | ±0,5 | ±0,8 | ±1,2 | ±2 | ±0,6 | ±1,0 | ±1,5 | ±2,4 |

1) W tablicy jako jednostkę ciśnienia podano również kg/cm² ponieważ w chwili obecnej większość manometrów ma podziałkę opisaną w tych jednostkach.

Błąd histerezy ΔT_h jest to różnica wskazań manometru, odczytywanych bez opukania obudowy (p_r), które odpowiadają tej samej wartości ciśnienia p przy serii pomiarów dla ciśnień wzrastających, a następnie malejących. Błąd histerezy nie powinien przekraczać bezwzględnej granicy dopuszczalnych błędów wskazań.

Należy pamiętać, że manometr kontrolny i sprawdzany wskazuje ciśnienia na określonym poziomie odniesienia. Poziomym tym jest środek powierzchni czołowej króćca manometru (rys. 3.15). W przypadku niezgodności poziomów odniesienia manometrów w czasie sprawdzania, należy określić błąd wynikający z różnicy ciśnień hydrostatycznych na tych poziomach. Jeśli błąd ten przekracza $1/5$ granic dopuszczalnych błędów, wielkość tę uwzględnia się przy obliczeniu ciśnienia. W czasie sprawdzania należy kontrolować czy wskazówka przesuwają się płynnie w całym zakresie pomiarowym, a jej odległość od podzielnicy nie przekracza wielkości:

0,01 l + 1 mm dla manometrów klasy 0,6,

0,02 l + 1 mm dla manometrów pozostałych klas,

gdzie l - długość wskazówki od osi do jej końca.

Wskazówka w całym zakresie pomiarowym powinna przesłaniać nie mniej niż $1/3$ i nie więcej niż $2/3$ najkrótszej kreski na podzielnicy. Manometry, które spełniają wszystkie wyżej podane wymagania, a ich błędy nie przekraczają dopuszczalnych wielkości, zostają zalegalizowane. Świadectwo legalizacji określa jedynie klasę manometru przemysłowego. Ważność świadectwa legalizacji wynosi 3 lata, wliczając w to rok, w którym dokonano legalizację. Pozostałe manometry, które nie spełniają wszystkich wymagań, należy wycofać z eksploatacji. Niektóre manometry mogą być poddane remontowi i obniżeniu klasy, po czym ewentualnie znowu zalegalizowane.

3.5.2. SPRAWDZANIE MANOMETRÓW WSKAZÓWKOWYCH KONTROLNYCH (PRECYZYJNYCH) Z ELEMENTEM SPRĘŻYSTYM O KLASIE DOKŁADNOŚCI 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6

Instrukcja dotyczy sprawdzania manometrów o zakresie wskazań do 1000 MPa. Jako narzędzia pomiarowe kontrolne stosuje

się manometry obciążnikowo-tłokowe, w których płynem przekazującym impuls ciśnienia może być powietrze - do 0,25 MPa lub oleje mineralne dla ciśnień wyższych.

Na podstawie równania (3.38) określono w tablicy 3.8 rodzaj wymaganego narzędzia kontrolnego w zależności od klasy dokładności manometrów sprawdzanych.

Górna granica zakresu wskazań narzędzia pomiarowego kontrolnego powinna być nie mniejsza niż górna granica zakresu wskazań manometru sprawdzanego.

Warunki sprawdzania określają temperaturę i wilgotność oraz dopuszczalne drgania w miejscu sprawdzania. Temperatura powinna wynosić $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ i nie ulegać zmianie w czasie sprawdzania o więcej niż 2 K. Wilgotność względna powietrza nie powinna przekraczać $\varphi = 80\%$.

Tablica 3.8

Rodzaje kontrolnych narzędzi pomiarowych
używanych do sprawdzania manometrów precyzyjnych

| Lp. | Narzędzia pomiarowe kontrolne | Klasy dokładności manometrów sprawdzanych |
|-----|---|---|
| 1 | Manometry kontrolne obciążnikowo-tłokowe, klasa dokładności 0,02 | 0,1; 0,16 |
| 2 | Manometry kontrolne obciążnikowo-tłokowe, klasa dokładności 0,05 | 0,25; 0,4; 0,6 |
| 3 | Manometry kontrolne hydrostatyczne i obciążnikowo-tłokowe, klasa dokładności 0,05 | 0,25; 0,4; 0,6 |

Sprawdzanie manometrów obejmuje:

- oględziny zewnętrzne i sprawdzenie wstępne,
- sprawdzenie właściwości metrologicznych.

Oględziny zewnętrzne i sprawdzenie wstępne polega na porównaniu wykonania manometru z odpowiednimi przepisami PKNiM oraz Polskimi Normami.

Sprawdzenie właściwości metrologicznych obejmuje następujące czynności:

- 1) sprawdzenie dokładności wskazania zerowego,
- 2) sprawdzenie wskazań manometru odpowiadających wybranym wartościom ciśnienia i określenie błędu podstawowego,
- 3) sprawdzenie histerezy pomiarowej,
- 4) sprawdzenie błędu wywołanego tarciem,
- 5) sprawdzenie rozrzutu wskazań,
- 6) dokonanie analizy wyników sprawdzenia.

Przed sprawdzeniem manometry (sprawdzany i kontrolny) powinny być przetrzymane co najmniej 24 godziny w warunkach wymaganych przy sprawdzaniu.

W przypadku, gdy poziomy odniesienia manometru kontrolnego i sprawdzanego nie są równe, należy obliczyć poprawkę

$$\delta = \Delta h \rho g, \quad \text{Pa}, \quad (3.40)$$

gdzie:

Δh - różnica poziomów odniesienia, m,

ρ - gęstość cieczy wypełniającej układ, kg/m^3 ,

g - przyspieszenie ziemskie, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

$\delta > 0$, gdy poziom odniesienia manometru sprawdzanego znajduje się powyżej poziomu odniesienia manometru kontrolnego. Poprawkę δ można pominąć, gdy jest mniejsza od 0,1 granicy dopuszczalnych błędów manometru sprawdzanego przy legalizacji.

Skorygowane wskazanie manometru sprawdzanego I wynosi

$$I = I_s + \delta, \quad (3.41)$$

gdzie: I_s - odczytane wskazanie manometru sprawdzanego.

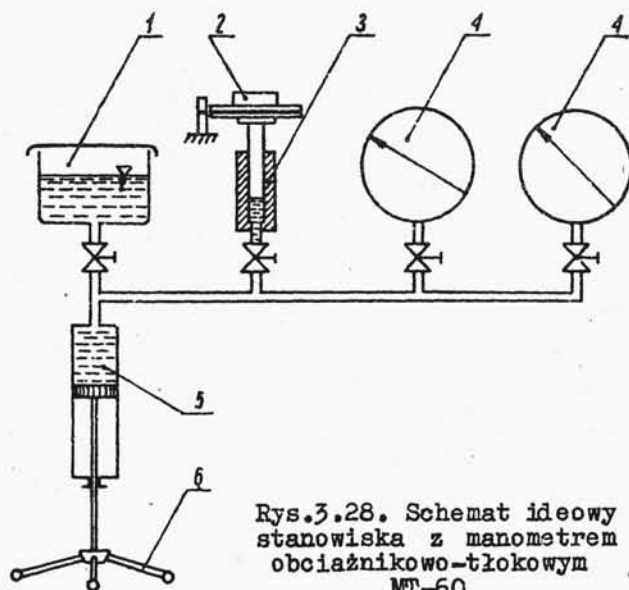
Błąd wskazań manometru sprawdzanego Δ wyraża się wzorem

$$\Delta = I - p = (I_s - p) + \delta, \quad (3.42)$$

gdzie: p - ciśnienie na poziomie odniesienia manometru kontrolnego.

Manometr obciążnikowo-tłokowy, którego schemat ideowy pokazano na rys.3.28 składa się ze zbiornika oleju 1, zespołu

tłok-cylinder 3 z nałożonym obciążnikiem 2 oraz cylindra 5 z tłokiem poruszającym pokrętkę 6. Do stanowiska przyłącza się jeden lub dwa manometry sprawdzane 4. Poziomą odniesie-

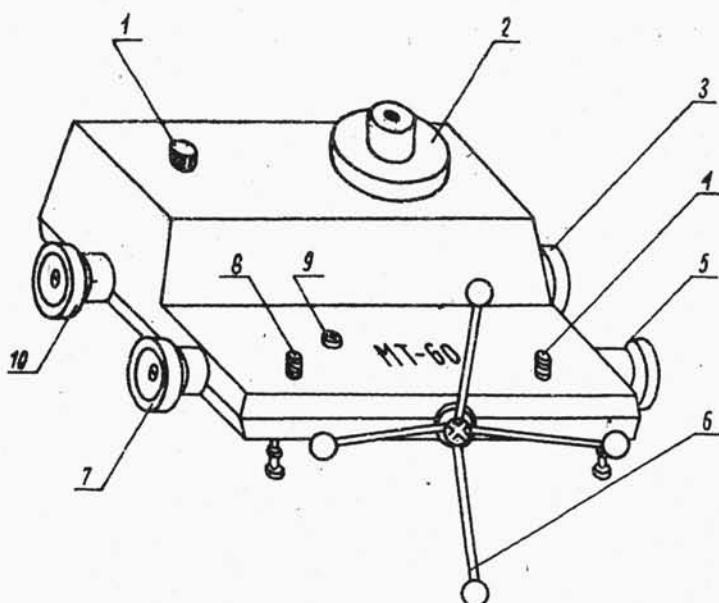


Rys.3.28. Schemat ideowy stanowiska z manometrem obciążnikowo-tłokowym MT-60

nia manometru obciążnikowo-tłokowego jest płaszczyzna pozioma przechodząca przez powierzchnię czołową tłoka oraz przez płaszczyznę czołową króćców przyłączeniowych. Warunek ten jest spełniony wówczas, gdy znak umieszczony na obciążniku podstawowym manometru znajduje się na wysokości środkowej kreski wskaźnika. Dodatkowe dane dotyczące działania manometrów obciążnikowo-tłokowych znajdują się w p.3.2.4.

Przygotowanie manometru obciążnikowo-tłokowego pokazanego na rys.3.29 polega na napełnieniu olejem i odpowietrzeniu układu przed zamontowaniem manometrów. Do napełniania używa się olej, którego lepkość dynamiczna $\eta \leq 0,03 \text{ Pa}\cdot\text{s} = 0,3 \text{ P}$. W praktyce warunek ten spełnia olej transformatorowy (wg PN/C-96058), olej turbinowy TU-20 (PN-74/C-96059). W celu odpowietrzenia zamyka się zawory 3, 5 i 7 (rys.3.29), natomiast otwiera się zawór 10. Obracając powoli pokrętkę 6 w lewo wprowadza się olej ze zbiornika do cylindra. Następnie zamyka się zawór 10, a otwiera zawór 3. Po bardzo ostrożnym wyjęciu tłocz-

ka manometru obciążnikowo-tłokowego z cylindra, obraca się pokrętką 6 powoli w prawo tak długo, aż z otworu zacznie wypływać czysty olej bez pęcherzyków powietrza. Wprowadzamy wówczas tłoczek z powrotem do cylindra i nakładamy obciążnik podstawowy. Podobnie odpowietrzamy kolejno gniazda zaworów 4 i 8.



Rys.3.29. Stanowisko z manometrem obciążnikowo-tłokowym MT-60; 1 - wlew zbiornika oleju, 2 - obciążnik podstawowy manometru tłokowego, 3 - zawór odcinający manometr tłokowy, 4, 8 - króćce przyłączne manometrów sprawdzanych, 5, 7 - zawory odcinające manometry sprawdzane, 6 - pokrętło, 9 - poziomnica pudełkowa, 10 - zawór odcinający zbiornik oleju -

Po prawidłowym ustawieniu przyrządu (przy użyciu poziomnicy pudełkowej 9) i odpowietrzeniu układu, montuje się manometry w gniazdach zaworów za pomocą nakrętek, "rzymskich". Prawidłowy sposób wykonania tej czynności podano przy omawianiu obsługi prasy manometrycznej PM-60 (p.3.5.1). Sprawdzenie wskazań manometru wykonuje się w 10 punktach równomiernie rozłożonych w całym zakresie pomiarowym. Jednym z tych punktów powinna być górna granica zakresu pomiarowego manometru sprawdzanego. W celu wytworzenia ciśnienia nakłada się na manometr

tłokowy obciążniki tak, aby ich liczba łącznie z obciążnikiem podstawowym odpowiadała wymaganemu ciśnieniu. Obciążniki są opisane w jednostkach ciśnienia, najczęściej przy założeniu, że w miejscu pomiaru panuje przyspieszenie normalne $g_n = 9,80665 \text{ m/s}^2$. Jeżeli rzeczywiste przyspieszenie ziemskie ma inną wartość, to ciśnienie wytwarzane przez manometr obciążnikowo-tłokowy oblicza się za pomocą wzoru (3.29). W czasie pomiaru tłok wraz z obciążnikami powinien być wprowadzony w ruch obrotowy. W tym celu należy obracając lekko pokręteł 6 w prawo unieść nieznacznie tłok z obciążnikami, a następnie oburącz wprowadzić go w ruch obrotowy z prędkością od 1,5 do 2 obr/s. Pokręcając pokręteł dalej w prawo podnosi się tłok na taką wysokość, aby kreska na obciążniku podstawowym manometru znalazła się na wysokości środkowej kreski wskaźnika przymocowanego do obudowy. Po tych czynnościach można przystąpić do odczytów, które wykonuje się na manometrze kontrolnym z dokładnością $1/10$ działki elementarnej. Na wstępie należy określić dokładność wskazania zerowego. W celu określenia błędu tarcowego w każdym sprawdzanym punkcie wykonuje się dwa odczyty przed (p_r) i po lekkim opukaniu obudowy manometru sprawdzanego ręką (p_o). Po osiągnięciu górnej granicy zakresu pomiarowego manometr sprawdzany przetrzymuje się w tym położeniu przez 5 minut w celu sprawdzenia histerezy pomiarowej. Ciśnienie w manometrze obciążnikowo-tłokowym sprowadza się w tym czasie do wartości bliskiej zeru, po uprzednim zamknięciu zaworu odcinającego manometr sprawdzany. Po 5 minutach ponownie podnosi się ciśnienie w układzie do wartości odpowiadającej górnej granicy zakresu pomiarowego i otwiera powoli zawór odcinający manometr sprawdzany.

Sprawdzenie obejmuje 3 serie pomiarowe przy ciśnieniach rosnących, a następnie malejących. Drugą serię wykonuje się nie wcześniej niż po 24 godzinach od zakończenia pierwszej, trzecią zaś bezpośrednio po drugiej.

Wyniki sprawdzania wraz z danymi technicznymi sprawdzanych manometrów wpisujemy do protokołu kontroli.

Opracowanie wyników sprawdzania obejmuje określenie:

- błędu wskazania zerowego,
- błędu podstawowego (e),

- histerezy pomiarowej (ΔI_h),
- błędu tarciovego (ΔI_t),
- zakresu rozrzutu wskazań (ΔI_R).

Błędy wskazań manometrów nie powinny przekraczać granic błędów dopuszczalnych podanych w tablicy 3.9.

Tablica 3.9

Granice dopuszczalnych błędów wskazań dla manometrów wskazówkowych kontrolnych w % górnej granicy zakresu wskazań

| Klasa dokładności | Przy legalizacji | | W użytkowaniu | |
|-------------------|--------------------------------|--------------|--------------------------------|--------------|
| | e, ΔI_h , ΔI_R | ΔI_t | e, ΔI_h , ΔI_R | ΔI_t |
| 0,1 | $\pm 0,08$ | $\pm 0,04$ | $\pm 0,1$ | $\pm 0,05$ |
| 0,16 | $\pm 0,13$ | $\pm 0,06$ | $\pm 0,16$ | $\pm 0,08$ |
| 0,25 | $\pm 0,2$ | $\pm 0,1$ | $\pm 0,25$ | $\pm 0,12$ |
| 0,4 | $\pm 0,3$ | $\pm 0,15$ | $\pm 0,4$ | $\pm 0,2$ |
| 0,6 | $\pm 0,5$ | $\pm 0,25$ | $\pm 0,6$ | $\pm 0,3$ |

Błąd wskazania zerowego ciśnieniomierzy nie powinien przekraczać 0,5 granicy dopuszczalnego błędu podstawowego.

Definicję oraz sposób obliczania błędu podstawowego (e), histerezy pomiarowej (ΔI_h) oraz błędu tarciovego (ΔI_t) podano przy omawianiu sprawdzania manometrów przemysłowych (p.3.5.1). Maksymalne wartości tych błędów nie powinny przekraczać wielkości błędów dopuszczalnych podanych w tablicy 3.9.

Zakres rozrzutu wskazań ΔI_R określa się na podstawie danych odnotowanych w protokole sprawdzania. Jest to maksymalna różnica wyników przy danej wartości ciśnienia z trzech serii pomiarowych (12 odczytów). Maksymalny zakres rozrzutu wskazań nie powinien przekraczać wartości błędów dopuszczalnych (tablica 3.9).

Manometry, które spełniają wszystkie wymagania, a ich błędy nie przekraczają granic błędów dopuszczalnych, zostają zalegalizowane. Pozostałe manometry należy przeznaczyć do re-

montu lub likwidacji. Po remoncie manometry powinny być powtórnie legalizowane.

W świadectwie legalizacji wybranym wartościom ciśnienia sprawdzenia przypisuje się średnią arytmetyczną z dwunastu wskazań (przy ciśnieniach wzrastających i malejących) uzyskanych w trzech seriach pomiarowych.

Okres ważności świadectwa sprawdzenia wynosi 13 miesięcy, wliczając w to miesiąc, w którym dokonano legalizacji.

4. KALORYMETRIA PALIW STAŁYCH

4.1. CHARAKTERYSTYKA PALIW

Paliwa stosowane w energetyce można podzielić na naturalne i sztuczne, a z punktu widzenia stanu skupienia - na paliwa: gazowe, ciekłe i stałe.

Paliwa gazowe i ciekłe - paliwa płynne

Paliwa płynne mają wiele istotnych zalet, w porównaniu z paliwami stałymi np. łatwe, szybkie i tanie przesyłanie rurociągami na duże odległości, dużą wartość opałową, możliwość łatwej całkowitej automatyzacji procesów spalania, całkowite i zupełne spalanie przy niewielkim nadmiarze powietrza (współczynnik nadmiaru powietrza przy spalaniu gazów wynosi $\lambda = 1,05 \div 1,3$, natomiast przy spalaniu paliw stałych w paleniskach mechanicznych $\lambda = 1,5 \div 1,7$). Poza tym do zalet należy zaliczyć spalanie bez pozostałości stałych, jak: żużel, lotny popiół lub koksik, wskutek czego powierzchnie ogrzewalne i komory spalania kotłów są na ogół zawsze czyste.

Paliwa stałe

Podstawowym surowcem energetycznym w krajowej gospodarce energetycznej jest węgiel kamienny. Węgiel stanowi również ważny surowiec dla innych gałęzi przemysłu; zaistniała więc