

Wysokość h_1 wyznaczymy z manometru wodnego

$$p_n = \gamma_2 h_1,$$

stąd

$$h_1 = \frac{p_n}{\gamma_2} = \frac{68}{1} = 68 \text{ cm} = 0,68 \text{ m}.$$

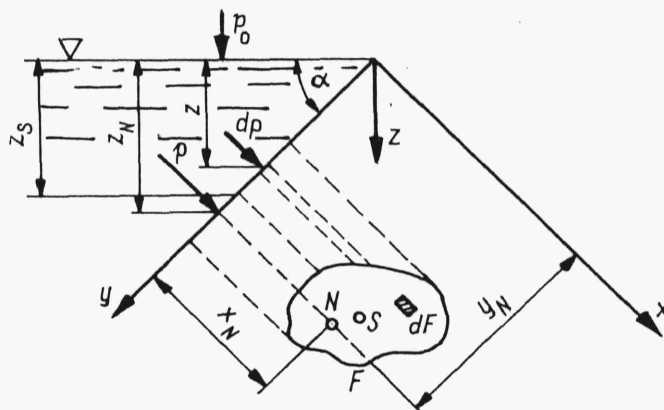
2.10. PARCIE CIECZY NA POWIERZCHNIĘ PŁASKIE

2.10.1. OBLICZANIE PARCIA

Parciem hydrostatycznym nazywamy siłę powierzchniową, jaką wywiera ciecz w stanie spoczynku na dowolnie zorientowaną w przestrzeni powierzchnię.

Parcie cieczy, jako wypadkowa parć elementarnych prostopadłych do elementów płaszczyzny, skierowane jest normalnie do rozpatrywanej płaszczyzny.

Rozważmy parcie cieczy na dowolną powierzchnię F na płaskiej ścianie, nachylonej do powierzchni swobodnej pod kątem α (rys.2.24).



Rys.2.24

Obierzmy ukośny układ współrzędnych w sposób następujący: oś x wzdłuż krawędzi przecięcia się ściany płaskiej z powierzchnią swobodną (zwierciadłem) cieczy, oś y prostopadle do osi x w płaszczyźnie

ściany oraz oś z pionowo w dół. Obracając ścianę płaską dookoła osi y wykonamy kład rozważanej powierzchni F na płaszczyznę rysunku. Zakładamy na powierzchni swobodnej cieczy ciśnienie hydrostatyczne p_0 . Bezwzględna wartość ciśnienia w dowolnym punkcie cieczy znajdującej się w spoczynku pod działaniem sił ciężenia (zgodnie z wykresem ciśnień) otrzymamy z zależności (2.17)

$$p = p_0 + \gamma z.$$

Elementarne parcie dP działające na element powierzchni dF o współrzędnych jego środka x, y, z

$$dP = p dF = (p_0 + \gamma z) dF.$$

Całkowite parcie hydrostatyczne na pole F wynosi

$$P = \int_F p dF = p_0 F + \gamma \int_F z dF.$$

Całkę $\int_F z dF$, która jest momentem statycznym pola F względem zwierciadła cieczy można wyrazić następująco

$$\int_F z dF = z_s F,$$

gdzie z_s - zagłębienie środka geometrycznego $S(x_s, y_s, z_s)$ pola F pod zwierciadłem cieczy.

Uwzględniając powyższe zależności otrzymamy wzór na obliczenie parcia całkowitego na dowolną powierzchnię płaską

$$P = (p_0 + \gamma z_s) F. \quad (2.33)$$

Parcie na powierzchnię płaską o dowolnym kształcie jest co do bezwzględnej wartości równe iloczynowi rozpatrywanej powierzchni oraz ciśnienia panującego w jej środku ciężkości.

Ze wzoru (2.33) wynika, że wartość bezwzględna parcia nie zależy od kąta α nachylenia ściany do zwierciadła cieczy.

Przyjmując, że ciśnienie na zewnątrz ściany jest równe p_0 , czyli rozpatrując parcie netto, otrzymamy z zależności (2.33)

$$P = \gamma \int_F z dF = \gamma z_s F. \quad (2.34)$$

Znając wielkość i prostopadły kierunek parcia na ścianę płaską wyznaczmy jeszcze współrzędne punktu przyłożenia wypadkowego parcia.

Punkt ten nazywamy środkiem parcia i oznaczamy literą N o współrzędnych x_N, y_N, z_N .

Współrzędne środka parcia wyznaczymy z prawa momentów sił. Dla określenia y_N odległości środka parcia od osi x przyrównamy moment wypadkowego parcia P do sumy momentów parć elementarnych ($dP = \gamma z dF$) względem osi x

$$P y_N = \gamma \int_F y z dF = y_N \gamma z_s F. \quad (2.35)$$

Uwzględniając zależności $z = y \sin \alpha$ oraz $z_s = y_s \sin \alpha$, otrzymujemy

$$y_N = \frac{\int_F y^2 dF}{y_s F}.$$

W wyrażeniu tym $\int_F y^2 dF = J_x$ jest momentem bezwładności pola F względem osi x. A zatem współrzędną środka parcia

$$y_N = \frac{J_x}{y_s F} \quad (2.36)$$

określamy jako stosunek momentu bezwładności do momentu statycznego pola F względem osi x.

Moment bezwładności J_x związany jest z momentem bezwładności J_s pola F względem osi przechodzącej przez środek ciężkości S i równoległej do osi x zależnością

$$J_x = J_s + y_s^2 F.$$

Podstawiając to wyrażenie do równania (2.36), otrzymujemy

$$y_N = y_s + \frac{J_s}{y_s F}. \quad (2.37)$$

Z zależności tej wynika, że środek parcia na ścianę pochyłą lub pionową leży zawsze poniżej środka ciężkości, gdyż $y_N > y_s$.

Zagłębienie środka parcia wyznaczmy z zależności geometrycznej

$$z_N = y_N \sin \alpha \quad (2.38)$$

lub

$$z_N = y_s \sin \alpha + \frac{J_s}{y_s F} \sin \alpha = z_s + \frac{J_s \sin^2 \alpha}{z_s F} . \quad (2.39)$$

Trzecią współrzędną x_N obliczymy analogicznie jak y_N z warunku momentów względem osi y

$$P x_N = \gamma \int_F x z dF = x_N \gamma z_s F .$$

Wyrażając z i z_s w zależności od y i y_s , otrzymamy

$$x_N = \frac{\int_F x y dF}{y_s F} .$$

gdzie $\int_F x y dF = J_{xy}$ jest momentem odśrodkowym pola F , czyli

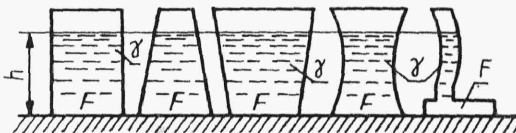
$$x_N = \frac{J_{xy}}{y_s F} . \quad (2.40)$$

2.10.2. PARCIE CIECZY NA DNO NACZYNIA

Przyjmijmy, że dno naczynia zawierającego ciecz jest płaszczyzną poziomą. Parcie cieczy na dno naczynia będzie równe

$$P = \gamma h F , \quad (2.41)$$

gdzie: h - oznacza wysokość napełnienia naczynia,
 F - powierzchni dna,
 γ - ciężar właściwy cieczy.



Rys.2.25

Rozważmy kilka naczyń o jednakowej powierzchni dna, napełnionych do tej samej wysokości h cieczą o tym samym ciężarze właściwym (rys.2.25). Naczynia te wyraźnie różnią się zarówno kształtem, jak i