

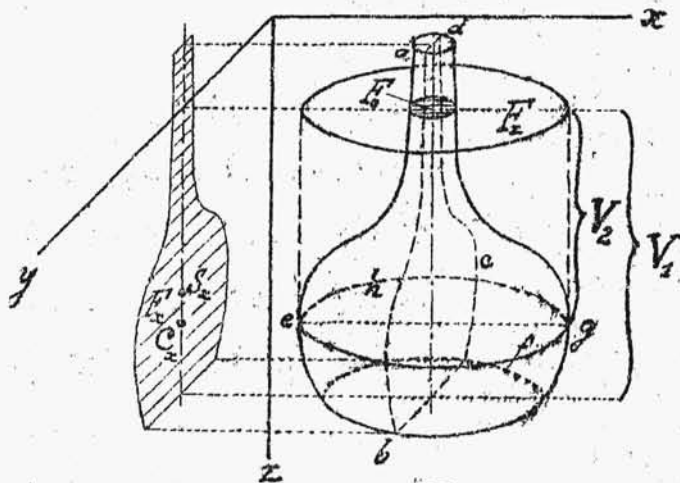
stanowią jedną  $V_F'$ , przypominającą bryłę o objętości  $V_F$ , lecz wydłużonej o wysokość  $\frac{\rho_a}{\rho}$ . Stąd też wnioskujemy, że rzut wypadkowej przejdzie przez środek ciężkości bryły  $V_F'$ , gdzie

$$V_F' = F_z \cdot \frac{\rho_a}{\rho} + V_F.$$

Takie same uwagi możemy zastosować i do równania /27/.

### 59. PRZYKŁAD 8.

Niech będzie jakiegokolwiek naczynie napełnione cieczą do pewnej wysokości. Znaleźć parcie cieczy na ścianki naczynia w kierunku poziomym. Obierzmy dowol-



rys. 27.

nie osi  $x, y$  tak jednak, aby znalazły się na swobodnej powierzchni cieczy. Jakie będzie parcie cieczy na naczynie w kierunku osi  $x$ ? Aby to

znaleźć, weźmy prostą równoległą do osi  $x$  i prowadźmy ją tak, aby stale dotykała powierzchni naczynia,

nie przestając być do osi  $x$  równoległą. Otrzymamy na powierzchni naczynia krzywą  $abcd$ , która podzieli powierzchnię naczynia na dwie części, prawą i lewą; jednocześnie owa prosta na płaszczyźnie  $yz$  narysuje rzut tej krzywej. Każda z powierzchni, czy prawa, czy lewa mają ten sam rzut  $F_x$  na płaszczyźnie  $yz$ . Parcie na prawą część  $P_{x1}$  określimy, zgodnie z równaniem /23/, /24/ lub /25/ - w zależności od warunków; weźmy dla przykładu /23/:

$$P_{x1} = p_a F_x + \gamma F_x z_{sx}.$$

Parcie to, skierowane jest na prawo - w stronę dodatnich  $x$ . Parcie na lewą część powierzchni naczynia  $P_{x2}$  znajdziemy z tegoż równania /23/:

$$P_{x2} = p_a F_x + \gamma F_x z_{sx};$$

znak tego parcia - ujemny.

Widzimy więc, że  $P_{x1}$  i  $P_{x2}$  mają jednakowe wartości i znaki różne. Należy jeszcze przekonać się, jakie są linie działania tych sił. Znajdziemy to z równania /19/. Zauważymy, że punkt  $C_x$  jest wspólny dla obydwóch sił  $P_{x1}$  i  $P_{x2}$ . Stąd wnioskujemy, że obie siły, działając na naczynie, wzajemnie się znoszą; żadnego więc zewnętrznego działania w kierunku poziomym na naczynie z powodu parcia cieczy nie otrzymamy. Tylko materiał

ścianki naczynia będzie rozciągany. Taki sam wynik otrzymamy, jeśli obierzemy oś  $y$  lub jakąkolwiek  $W$  byleby tylko oś była w płaszczyźnie poziomej.

60. PRZYKŁAD 9. Poprzednie naczynie, wewnątrz próżne, opuścimy do cieczy, zanurzając je do głębokości tej samej, co pierwszej. Znaleźć, jakie tym razem będzie działanie cieczy na naczynie. Postępując, jak w przykładzie 8, dzielimy powierzchnię naczynia na dwie części - prawą i lewą. Znajdujemy parcie na każdej z tych części działania cieczy w kierunku poziomym. - Otrzymamy parcie zupełnie takie same, jak poprzednio, z tą tylko różnicą, że parcie na prawą część powierzchni jest skierowane w stronę ujemnych  $x$ -ów, na prawą zaś część - w stronę dodatnich  $x$ -ów. W rezultacie obydwa parcia się zniosą, czyli, że ciecz nie wywrze żadnego działania na naczynie w kierunku poziomym; jedynie materiał ścianek naczynia będzie tym razem ściskany.

61. PRZYKŁAD 10. Weźmy to samo naczynie i znajdziemy działanie cieczy, napełniającej naczynie, w kierunku pionowym.

Obierzmy tym razem prostą równoległą do osi  $Z$

i prowadźmy ją stycznie do powierzchni naczynia i równolegle do osi  $Z$ .

Na powierzchni otrzymamy krzywą zamkniętą  $efgh$ , która podzieli ściankę naczynia na części górną i dolną. Jednocześnie wspomniana prosta wytnie na płaszczyźnie  $xy$  - pole  $F_z$ .

Znajdźmy parcie cieczy na dolną część -  $P_{z1}$ . Zgodnie z równaniem /26/, /27/ lub /28/ - weźmy tu naprz. równanie /26/ - otrzymamy:

$$P_{z1} = p_a F_z + \gamma V_1$$

gdzie przez  $V_1$  oznaczamy objętość cieczy, zawartej w bryle cylindrycznej, opierającej się o dolną część ścianki naczynia i sięgającej do swobodnej powierzchni. Parcie to zwrócone jest pionowo w dół. Znajdźmy teraz parcie cieczy na górną część ścianki -  $P_{z2}$ . Na podstawie równania /26/, napiszemy:

$$P_{z2} = -[p_a (F_z - F_o) + \gamma V_2] \text{ gdzie } F_z - F_o$$

jest rzutem górnej części ścianki naczynia na płaszczyznę  $xy$  /  $F_o$  jest przekrojem otworu naczynia na poziomie swobodnej powierzchni/, zaś  $V_2$  jest

objętością bryły utworzonej przez górną część ścianki naczynia /wnętrze bryły/ i przez powierzchnię cylindryczną między krzywą  $efgh$  i swobodną powierzchnią. Parcie  $P_{z_2}$  jest zwrócone pionowo w górę a więc jest ujemne.

$$\text{Wypadkowe parcie: } P_z = P_{z_1} + P_{z_2} = \\ = p_a F_z' + \gamma V_1 - p_a (F_z' - F_o') - \gamma V_2 = p_a F_o' + \gamma (V_1 - V_2).$$

Z rysunku łatwo dostrzeżemy, że  $V_1 - V_2$  jest to objętość cieczy, zawartej w naczyniu; niech to będzie  $= V$ , zatem mamy ostatecznie:

$$P_z = p_a F_o' + \gamma V$$

Widzimy zatem, że parcie cieczy na naczynie w kierunku pionowym jest równe ciężarowi cieczy, zawartej w naczyniu, więcej ciśnienie zewnętrzne na swobodną powierzchnię cieczy.

Taki wynik otrzymaliśmy, przyjmując, że mamy tylko ciśnienie  $p_a$  na swobodną powierzchnię; czyli przez to przyjęliśmy, że na ściankę naczynia od zewnątrz nie ma żadnego ciśnienia.

Jeżeli nazewnątrz naczynia zewsząd będzie ciśnienie  $p_a$ , wtedy, stosując równanie /28/, znajdziemy

$$P_{z1} = \gamma \cdot V_1$$

$$P_{z2} = \gamma V_2$$


---

a stąd 
$$P_z = P_{z1} - P_{z2} = \gamma (V_1 - V_2) = \gamma V;$$

czyli, że parcie cieczy na naczynie w kierunku pionowym wyraża się tylko ciężarem cieczy, zawartej w naczyniu. - Linja działania tego parcia, oczywiście, przejdzie przez środek ciężkości bryły, której objętość oznaczyliśmy przez  $V$ .

## 62. PARCIE CIECZY NA POWIERZCHNIĘ KRZYWĄ W DOWOLNYM KIERUNKU.

Mamy powierzchnię, stanowiącą część ścianki naczynia, o polu  $F'$ ; dany jest kierunek  $u$ , który tworzy z poziomem kąt  $\alpha$ ; należy znaleźć parcie cieczy na powierzchnię  $F'$  w zadanym kierunku  $u$ .

Na powierzchni  $F'$  obieramy elementarne pole  $dF'$ , znajdujące się na głębokości  $Z$  pod swobodną powierzchnią. Niech w tem miejscu będzie ciśnienie  $p$ . Elementarne parcie cieczy na element  $dF'$  jest  $dP = p \cdot dF'$ . Rzut tego parcia na kierunek  $u$  oznaczmy przez  $dP_u$  i znajdziemy  $dP_u = p \cdot dF' \cos(p, u)$ .