

K . Na osi kółka K jest nasadzona strzałka S .

Jeżeli dolny otwór A manometru połączymy z przewodzeniem, której ciśnienie mamy zbadać, wówczas ciśnienie to, działając na błonę B z dołu, deformuje ją; skutkiem tego pręt BC się posuwa i porusza wycinek Z , kółko K i razem z nim strzałkę S . Strzałka na wyrysowanej obok skali wskazuje wysokość ciśnienia pod błoną. Górna część manometru ujęta jest w pudło, zamknięte z wierzchu szkłem.

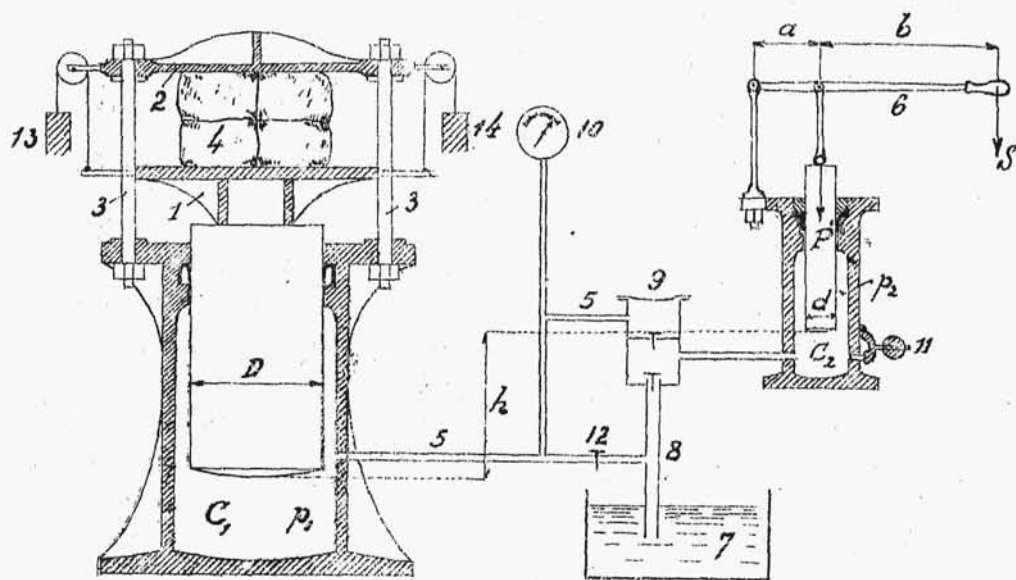
Skala jest wyrysowana na zasadzie porównania wskazań manometru opisanego ze wskazaniami manometru rtęciowego.

Manometr błonowy wymaga też periodycznego sprawdzenia przez porównanie z manometrem rtęciowym, gdyż sposób oddziaływania błony na ciśnienie z biegiem czasu się zmienia.

110. PRASA HYDRAULICZNA. Na zasadzie prawa Pascala jest urządzona t.zw. prasa hydrauliczna, przy której pomocy, możemy, korzystając z niewielkiego wysiłku, otrzymywać bardzo znaczne ciśnienia. Główne części prasy są następujące:

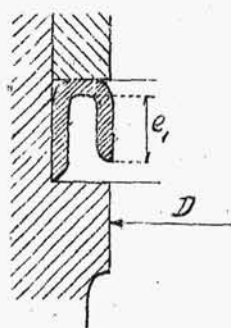
Nurnik o średnicy D i przekroju F , mogący poruszać się w nieruchomym cylindrze C . Na górnym

końcu nurnika jest osadzona mocna płyta 1. Płyta 1 może razem z nurnikiem odbywać ruchy na dół i do góry. Nad płytą 1 widzimy płytę 2, która przy pomocy



rys. 70.

dwóch lub czterech śrub 3,3 jest nieruchomo połączona z cylindrem C_1 .



rys. 71.

Jeżeli będziemy nurnik D wysuwali ku górze, wówczas płyty 1 i 2 będą się zbliżały. Ciało 4 znajdujące się między płytami, dozna ściskania.

Do podnoszenia nurnika korzystamy z wody, wciąganej przy pomocy małej pompki do cylindra rurką 5.

Pompka składa się z tłoczka nurnikowego o średni-

oy d i przekroju f . Tłoczek d może być poruszany w cylindrze C_2 do góry i na dół przy pomocy drążka 6.

Przy ruchu drążka do góry, podnosi się za nim tłoczek d ; wówczas zachodzi ssanie wody ze zbiornika 7 przy pomocy rurki 8. Podczas ruchu drążka 6 i tłoczka d na dół woda jest wtłaczana do rurki 5 i przez nią do cylindra C_1 . Do kierowania wody z naczynia 7 do cylindra C_2 , a następnie stąd do rurki 5 służą dwa zawory w skrzynce 9; zawór dolny podnosi się podczas ssania, zawór górny podczas tłoczenia. Pozatem pompka zaopatrzona jest w manometr 10, w klapę bezpieczeństwa 11, oraz w przewody spustowy 12 z kranikiem.

W prasie mamy dane: średnicę nurnika D , więc jego przekrój F , średnicę d tłoka i jego przekrój f . Niech następnie dane będą ramiona drążka 6, mianowicie a i b . Znaleźć należy, z jaką siłą P możemy ścisnąć ciało 4, pomieszczone między płytami 1 i 2, jeśli na koniec drążka 6 będziemy działali z siłą S .

Niech w cylindrze C_1 od spodu nurnika będzie ciśnienie p_1 , zaś w cylindrze C_2 - w takim samym miejscu - ciśnienie p_2 .

Niech w pewnej chwili odległość pionowa między spodem jednego i drugiego nurnika będzie h , wtedy $p_1 = p_2 + \gamma h$, gdzie γ oznacza ciężar właściwy cieczy, znajdującej się w rurkach 5 i w cylindrach C_1 i C_2 .

Przy działaniu na drążek 6 siłą S na dół, na tłok d z góry działamy z siłą P' , którą znajdziemy z równania:

$$P' \cdot a = S(a+b),$$

zatem

$$P' = \frac{S(a+b)}{a}$$

Siła P' dąży do wcisnięcia tłoka d do cylindra C_2 . Gdyby tłok d mógł posuwać się bez oporu, wtedy mielibyśmy następującą zależność między ciśnieniem p_2 , przekrojem tłoka f i siłą P'

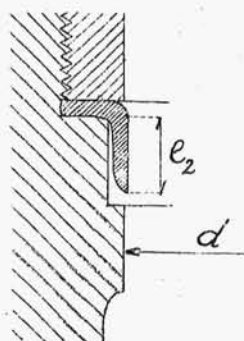
$$P' = p_2 f$$

Ponieważ, jednak, tłok d posuwa się w uszczelnieniu dławika, więc powstaje tu pewne tarcie, przeciwdziałające ruchowi w dół.

Znajdźmy to tarcie.

Tłok d w dławiku trze się o uszczelnienie skórzane, które dotyka tłoka na obwodzie πd na wysokości e_2 , a więc na powierzchni $\pi d e_2$. Ciecz podchodzi pod skórzane uszczelnienie; dzięki temu skóra

będzie w każdym miejscu dociskane do tłoka siłą $= p_2$



rys. 72.

kg. na każdy cm^2 powierzchni tłoka. Wobec tego tarcie, na tym cm^2 powstające, będzie $= \mu \cdot p_2$, gdzie μ oznacza współczynnik tarcia między skórą a gładką powierzchnią nurnika. Zatem na całej powierzchni dotyku tłoka do

uszczelnienia powstanie tarcie $= \mu p_2 \cdot \pi d \cdot e_2$. Siła P' powinna pokonać otrzymaną siłę tarcia oraz siłę, z którą nurnik d wytłaczać będzie ciecz z cylindra C_2 . Zatem

$$\frac{S(a+b)}{a} = \mu p_2 \pi d e_2 + p_2 f \dots (\alpha)$$

Jeśli byśmy chcieli być ściśli, należałoby przy obliczeniu siły tarcia brać ciśnienie mniejsze niż p_2 , a to dlatego, że dławik znajduje się cokolwiek wyżej, niż spód tłoka d . Jest to jednak różnica tak mała, o czym niżej będzie mowa, że nie warto tej różnicy uwzględniać.

Idźmy teraz dalej.

Z równania (α) możemy obliczyć ciśnienie p_2

które będziemy w stanie uzyskać w cylindrze C_2 , działając na koniec drążka 6 z siłą S' .

Ciśnienie p_2 - wywoła odpowiednie ciśnienie p_1 w cylindrze C_1 . Zależność między p_1 i p_2 jest, jak to wyżej zaznaczyliśmy:

$$p_1 = p_2 + \gamma h, \text{ stąd } p_2 = p_1 - \gamma h.$$

Jeżeli więc podstawimy w równanie (a) wartość ostatnią na p_2 , otrzymamy równanie:

$$\frac{S(a+b)}{a} = (p_1 - \gamma h)(f + \mu \cdot \pi \cdot d \cdot e_2)$$

Z tego równania możemy określić p_1 :

$$p_1 = \gamma h + \frac{S(a+b)}{a(f + \mu \cdot \pi \cdot d \cdot e_2)} \dots (b)$$

Ciśnienie to, działając na nurnik D , o przekroju F , wywiera siłę, podnoszącą nurnik wraz z płytą 1 ku górze; siła ta $= F \cdot p_1$.

Nie cała, jednak, siła $F \cdot p_1$ idzie na ściskanie ciała 4. Jeżeli przez P oznaczymy siłę ścisającą ciało 4, to siła ta $P = F \cdot p_1 - [\text{ciężar nurnika i płyty}] - [\text{siła tarcia w uszczelnieniu dławika w cylindrze } C_1]$. Oznaczmy ciężar nurnika, płyty 1 i ciała ściszanego przez G . Siłę tarcia znajdziemy w taki sam sposób, jak to zrobiliśmy, rozpatrując ruch tłoka w pompie.

Mianowicie: powierzchnia zetknięcia się uszczelnienia w dławiku z powierzchnią nurnika $= \pi \cdot D \cdot e$, .
 Ponieważ jeden cm^2 powierzchni skóry jest dociskany do nurnika z siłą p , kg/cm^2 , ., zatem powstałe tarcie na 1 cm^2 powierzchni dotyku jest równe $\mu \cdot p$, .
 całkowite zaś tarcie $= \mu \cdot p \cdot \pi \cdot D \cdot e$, .

Zatem mamy, że siła

$$P = F \cdot p - G - \mu \cdot p \cdot \pi \cdot D \cdot e,$$

Chcąc zwiększyć działanie prasy, można usunąć wpływ ciężaru G , stosując przeciwwagi 13,14, zawieszone na linkach stalowych, umocowanych do płyty 1.

Dajmy na to, że stosujemy przeciwwagi. W takim razie:

$$P = p \cdot (F - \mu \cdot \pi \cdot D \cdot e).$$

Wstawmy w to równanie wartość na p , z /b/, otrzymamy:

$$P = \left(\gamma h + \frac{S(a+b)}{\alpha(f + \mu \cdot \pi \cdot d e_2)} \right) (F - \mu \cdot \pi \cdot D \cdot e_2).$$

W ostatnim wzorze możemy wprowadzić pewne uproszczenie: prasy hydrauliczne działają zwykle przy znacznych ciśnieniach, dochodzących do 150 - 200, a nieraz 300 atmosfer. Wówczas wysokość h , którą wprowadziliśmy w równanie, stanowi wielkość nieznaczną w porównaniu z innemi; np.

$$p_1 = p_2 + \gamma h ;$$

niech

$p_2 = 20 \text{ atm.} = 20 \text{ kg/cm}^2 = 200000 \text{ kg/m}^2$
 γ dla wody $= 1000 \text{ kg/m}^3$; h niech będzie $0,5 \text{ m.}$,
 wtedy

$$p_1 = 200\ 000 + 1000 \cdot 0,5 = 200\ 000 + 500.$$

Stąd widzimy, że wysokość h nie wywiera prawie żadnego wpływu na różnicę między p_1 i p_2 . Ta sama uwaga dotyczy różnicy ciśnień w górze i w dole cylindrów C_1 i C_2 . Możemy więc, praktycznie mówiąc, wyraz z h opuścić.

Wówczas

$$P = \frac{S(a+b)(F - \mu \pi D e_1)}{a(f + \mu \pi d e_2)} \dots (c)$$

Z tego równania możemy obliczyć P , znając S lub możemy otrzymać potrzebne S , aby uzyskać żadaną siłę P .

Gdyby siła S przekraczała granicę rozporządzalną /naprz. siłę 1-2 ludzi/, można ramię b wydłużyć, nadając mu długość b_1 . Wtedy zamiast $\frac{S(a+b)}{a}$ wypadnie podstawić $\frac{S'(a+b_1)}{a}$, gdzie S' jest mniejszą siłą w porównaniu z S , potrzebną do wywołania ściskania ciała z siłą P .

111. W równaniu ostatniem /o/

$$P = \frac{S(a+b)(F - \mu \pi D e_1)}{a(f + \mu \pi d e_2)} \quad \text{wyraz} \quad \frac{S(a+b)}{a}$$

oznacza tę siłę, którą przy pomocy drążka wywieramy bezpośrednio na tłok d . Tę siłę oznaczyliśmy pierwotnie przez P' ; wprowadźmy to oznaczenie w poprzednie równanie:

$$P = P' \frac{F - \mu \pi D e_1}{f + \mu \pi d e_2}$$

Stosunek $\frac{P}{P'}$, który oznaczy t.zw. p r z e -
k ł a d n i ę prasy hydraulicznej wskaże nam,
ile razy większą siłę możemy otrzymać, stosując
siłę mniejszą przy pomocy prasy hydraulicznej.
Oznaczmy ten stosunek przez φ , wówczas:

$$\varphi = \frac{P}{P'} = \frac{F - \mu \pi D e_1}{f + \mu \pi d e_2} = \frac{D^2}{d^2} \frac{1 - \frac{4\mu e_1}{D}}{1 + \frac{4\mu e_2}{d}} \quad /50/$$

Jeżeli nie uwzględnimy tarcia w dławikach,
otrzymamy:

$$\varphi_0 = \frac{F'}{f} = \frac{D^2}{d^2}$$

czyli, że stosunek φ_0 jest wprost proporcjonalny
do kwadratów średnic tłoków.

W razie jeśli uwzględnimy tarcie, przyjmując,

że

$$\mu = 0,1 ; e_1 = 0,05 D ; e_2 = 0,3 d$$

otrzymamy:

$$\varphi = \frac{D^2}{d^2} \cdot \frac{1 - 4\mu \cdot \frac{e_1}{D}}{1 - 4\mu \cdot \frac{e_2}{d}} = \frac{D^2}{d^2} \cdot \frac{1 - 4 \cdot 0,1 \cdot 0,05}{1 + 4 \cdot 0,1 \cdot 0,3} = 0,87 \frac{D^2}{d^2}$$

albo inaczej: $\varphi = 0,87 \varphi_0$

Czyli tarcie zmniejsza przekładnię o 13 % .

112. Rozpatrując prasę hydrauliczną jako maszynę, która wykonywa pewną pracę podczas ściskania, na rachunek pracy wyłożonej przy opuszczaniu tłoka d , możemy zapytać się, jaki też będzie współczynnik skutku użytecznego.

Niech tłok d , na który działa siła P' , przesunie się o jakąś długość s' . Wówczas praca zużyta

$$= P' s'$$

Jednocześnie nurek D wysunie się o s , wywierając siłę P . Wówczas praca wykonana $= P s$.

Współczynnik skutku użytecznego η

$$\eta = \frac{P s}{P' s'}$$

Jeżeli przyjmiemy, że dławiki są doskonale szczelne i że nigdzie woda nie wycieka, wtedy na

skutek nieściśliwości cieczy napiszemy:

$$\frac{\pi D^2}{4} \cdot s = \frac{\pi d^2}{4} \cdot s', \text{ albo } \frac{s}{s'} = \frac{d^2}{D^2}.$$

Zatem

$$\eta = \frac{P}{P'} \cdot \frac{d^2}{D^2}.$$

Z poprzedniego artykułu wiemy, że

$$\frac{P}{P'} = \frac{D^2}{d^2} \cdot \frac{1 - 4\mu \cdot \frac{e_1}{D}}{1 + 4\mu \cdot \frac{e_2}{d}}$$

zatem

$$\eta = \frac{1 - 4\mu \cdot \frac{e_1}{D}}{1 + 4\mu \cdot \frac{e_2}{d}} \quad \dots \dots \dots /51/.$$

Jeśli przyjmiemy, jak poprzednio, $\mu = 0,1$; $e_1 = 0,05D$ i $e_2 = 0,3d$ znajdziemy, że

$$\eta = 0,87.$$

113. Na tej samej zasadzie co i prasa hydrauliczna zbudowany jest **a k u m u l a t o r h y d - r a u l i c z n y**.

Akumulator składa się z następujących części: z cylindra 1, w którym znajduje się nurnik 2 mogący się poruszać do góry i na dół.

Na wierzchu nurnika mamy głowicę 3 trójramienną lub czteroramienną, do niej przy pomocy prętów