

wyrysowanej obok skali wskazuje wysokość ciśnienia pod błoną. Górna część manometru ujęta jest w pudełko, zamknięte z wierzchu szkłem.

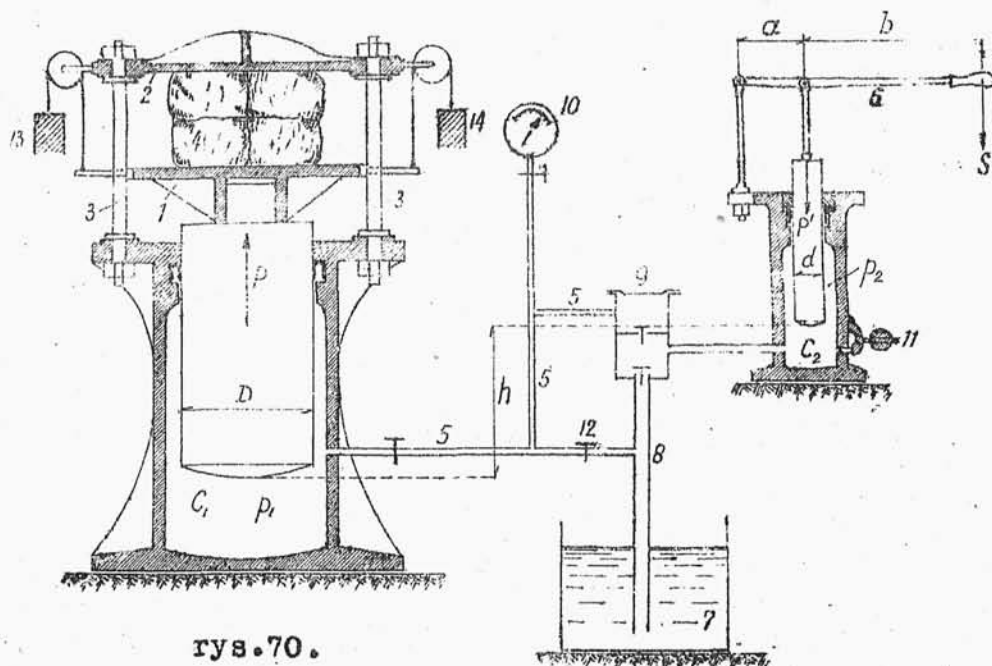
Skala jest wyrysowana na zasadzie porównania wskazań manometru opisanego ze wskazaniem manometru rtęciowego.

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

116. PRASA HYDRAULICZNA. Na zasadzie prawa Pascala jest urządzona t.zw. prasa hydrauliczna, przy której pomocy, możemy, korzystając z niewielkiego wysiłku, otrzymywać bardzo znaczne siły. Główne części prasy są następujące /rys.70/.

Nurnik o średnicy D i przekroju F , mogący poruszać się w nieruchomym cylindrze C_1 . Na górnym końcu nurnika na czopie 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 dwóch lub czterech śrub 3,3 jest nieruchomo połączona z cylindrem C_1 .

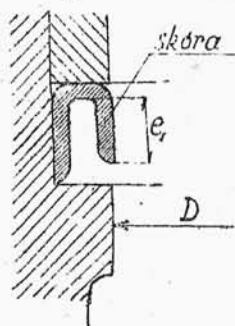
Jeżeli będziemy nurnik D wysuwali ku górze,



rys.70.

wówczas płyty 1 i 2 będą się zbliżały. Ciało 4, znajdujące się między płytami, dozna ściskania.

Do podnoszenia nurnika korzystamy z wody, włła-



rys. 71.

czanej przy pomocy małej pom-
pki do cylindra rurka 5.

Pompka składa się z tłoczka nurnikowego o średnicy d i przekroju f . Tłoczek może być poruszany w cylin-

drze C_2 do góry i na dół przy pomocy drążka 6 .

Przy ruchu drążka 6 do góry, podnosi się za

nim tłoczek d' ; wówczas zachodzi ssanie wody ze zbiornika 7 przez rurkę 8 . Podczas ruchu drążka 6 i tłoczka d' na dół woda jest wtłaczana przez skrzynkę 9 do rurki 5 i przez nią do cylindra prasy 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. Poza tym pompka zaopatrzona jest w manometr 10 z kranikiem, w klapę bezpieczeństwa 11, oraz w przewód 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 mię-

dzy spodem jednego i drugiego murnika 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:

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

zatem

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

Siła P' dąży do wciśnięcia 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'

$$P' = p_2 \cdot f$$

Ponieważ, jednak, tłok d posuwa się w uszczelnieniu dławika /rys.72/, 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 Td na wysokości e_2 , a więc na powierzchni Tde_2 . Ciecz pod-

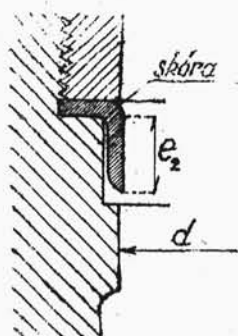
chodzi za skórzaną uszczelnienie; dzięki temu skóra będzie w każdym miejscu dociskana do tłoka siłą

$$= p_2 \text{ kg. na każdy cm}^2$$

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.



rys.72.

Zatem na całej powierzchni dotyku tłoka do uszczelnienia powstanie tarcie $= \mu p_2 \cdot \pi d e_2$. Siła P' powinna pokonać otrzymaną siłę tarcia oraz siłę, z którą nurnik d wytlaczać będzie ciecz z cylindra C_2 . Zatem

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

Jeśli byśmy chcieli być ścisli, 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 /a/ 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:

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

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

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

Z tego równania możemy określić p_1 :

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

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

Nie cała, jednak, siła $F p_1$ idzie na ściśnięcie ciała 4. Jeżeli przez P oznaczymy siłę ściskającą ciało 4, to siła ta $P = F p_1$ - [ciężar nurnika i płyty] - [siła tarcia w uszczelnieniu dławika w cylindrze C_1]. Oznaczmy ciężar nurnika, płyty 1 i ciała

ściiskanego 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 $= \pi D e_1$, /rys.71/. Ponieważ jeden cm^2 powierzchni skóry jest dociskany do nurnika z siłą p_1 kg/cm^2 , zatem powstałe tarcie na 1 cm^2 powierzchni dotyku jest równe μp_1 , całkowite zaś tarcie $= \mu p_1 \pi D e_1$.

Zatem mamy, że siła

$$P = F p_1 - G - \mu p_1 \pi D e_1.$$

Chcąc zwiększyć działanie prasy, można usunąć wpływ ciężaru G , stosując przeciwwagi 13,14/rys.70/, zawieszone na linkach stalowych, umocowanych do płyty 1.

Dajmy na to, że stosujemy przeciwwagi. W takim razie opuszczamy siłę G i piszemy:

$$P = p_1 (F - \mu \pi D e_1).$$

Wstawmy w to równanie wartość na p_1 z /b/, otrzymamy:

$$P = \left[\pi h + \frac{S(a+b)}{a(f + \mu \pi d e_2)} \right] (F - \mu \pi D e_1).$$

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 innymi; 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 kg/m^3 ; h niech będzie 0,5 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

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

Z tego równania możemy obliczyć P , znając S ; albo też możemy otrzymać potrzebną \tilde{S} , aby uzyskać żadaną siłę P .

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

117. We wzorze ostatnim /c/

$$P = \frac{S(\alpha+b)(F-\mu\pi De_1)}{\alpha(f+\mu\pi de_2)} \quad \text{wyraz } \frac{S(\alpha+b)}{\alpha}$$

oznacza tę siłę, którą przy pomocy drążka wywieramy bezpośrednio na tłok α . Tę siłę oznaczyliśmy pierwotnie przez P' : wprowadźmy to oznaczenie w poprzedni wzór:

$$P = P' \frac{F-\mu\pi De_1}{f+\mu\pi de_2}$$

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 utrzymać przy pomocy pra-
sy hydraulicznej, stosując siłę mniejszą. Oznaczmy
ten stosunek przez φ , wówczas:

$$\varphi = \frac{P}{P'} = \frac{F-\mu\pi De_1}{f+\mu\pi de_2} = \frac{D^2 \left(1 - \frac{4\mu e_1}{D}\right)}{d^2 \left(1 + \frac{4\mu e_2}{d}\right)} \quad /39/$$

Jeżeli nie uwzględnimy tarcia w dławikach, otrzymamy:

$$\varphi_0 = \frac{F}{f} = \frac{D^2}{d^2} \quad /39a/$$

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

W razie jeśli uwzględnimy tarcie, przyjmując, że

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

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 %.

118. 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 sprawności tego mechanizmu.

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

$$= P' \cdot s'$$

Jenocześnie nurnik D wysunie się o s , wywiera-

jąc siłę P . Wówczas praca wykonana $= P \cdot s$.

Spółczynnik sprawności η

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

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

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

zatem

$$\eta = \frac{1 - 4\mu \frac{e_1}{D}}{1 + 4\mu \frac{e_2}{d}}$$

/40/

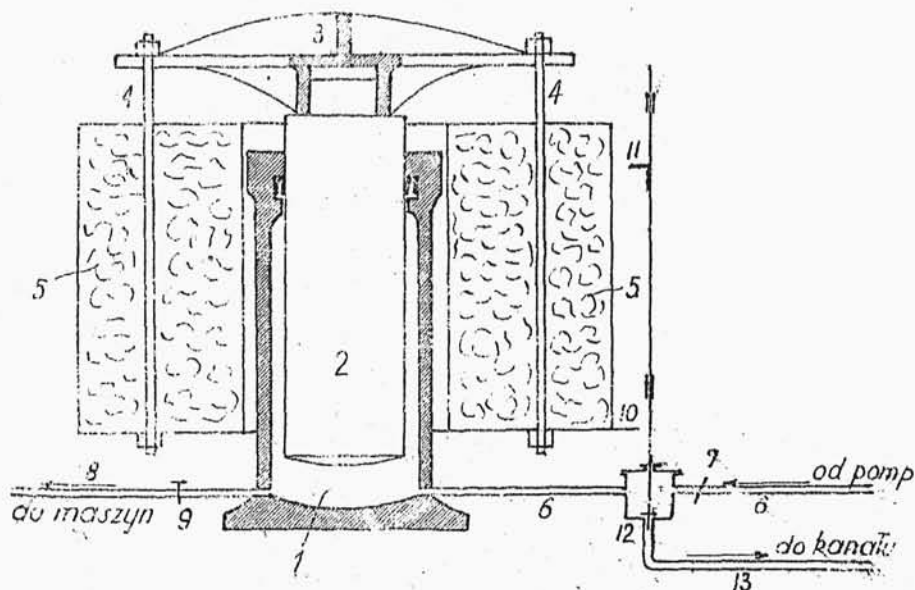
Jeśli przyjmiemy jak poprzednio, $\mu = 0.1$; $e_1 = 0.05D$ i $e_2 = 0.3d$ znajdziemy, że

$$\eta = 0.87$$

119. Poznajmy jeszcze budowę i działanie a - k u m u l a t o r a h y d r a u l i c z n e g o .

Akumulator składa się z następujących części

/rys. 73/:



rys. 73.

z cylindra 1, w którym znajduje się nurnik 2, mogący się poruszać do góry i na dół.

Na wierzchu nurnika mamy głowicę 3 trójdramienną lub czteroramienną nasadzoną na czop nurnika. Do głowicy przy pomocy prętów 4 jest zawieszony kosz 5. Kosz ten jest napełniony ciężkimi przedmiotami /kamienie, żelazne lub opłuki żelazne/.

Przewodem 6-6 wtlaczamy pompami wodę do akumulatora pod dostatecznie dużym ciśnieniem; na skutek tego nurnik wraz z obciążonym koszem podnosi się do góry. Na przewodzie 6 ustawiony jest zawór zwrotny 7,

który nie pozwala cofnąć się wodzie do pomp, w razie, jeśli te będą zatrzymane. Od cylindra akumulatora wyprowadzony jest przewód 8, który zasila maszyny, poruszane wodą pod wysokim ciśnieniem. Na przewodzie 8 mamy zawór 9; przy pomocy tego zaworu możemy akumulator wyłączyć. Działanie akumulatora polega na tym: szereg maszyn i mechanizmów /naprz. maszyny do nitowania, dźwigi, żórawie hydrauliczne, maszyny do otwierania i zamykania wrót śluzowych i t.d./, które są wprowadzane w ruch przy pomocy wody o wysokim ciśnieniu, przyłączone są do przewodu 8.- Przewód ten jest połączony z przewodem, idącym od pomp tłoczących wodę, za pośrednictwem akumulatora. Niech pompy pracują stale; ponieważ maszyny i mechanizmy pracują z przerwami, wymaganymi potrzebą, więc, póki zapotrzebowanie wody jest takie samo, jak i dopływ wody od pomp, wówczas woda przepływa od pomp bezpośrednio do maszyn. Jeśli jedna lub druga maszyna będzie zatrzymana, pompa zaś tłoczyć będzie dalej, woda, która nie zostanie użyta, może się pomieścić tylko w cylindrze 1 akumulatora, podnosząc nurnik ku górze. W ten sposób w akumulatorze tworzy się za-

pas wody pod ciśnieniem; inaczej tworzy się zapas energii. Jeśli po pewnym czasie którakolwiek ze stojących maszyn będzie puszczona w ruch, wymagając odpowiedniej ilości wody, wówczas nurnik zacznie się albo wolniej podnosić, albo stanie w miejscu, albo nawet zacznie opadać pod działaniem obciążonego kośca, w zależności od tego, czy puszczone w ruch mechanizmy potrzebują mniej, czy tyleż, czy więcej wody, niż stale średnio dostarczają pompy.

W ten sposób, posiadając akumulator odpowiednich wymiarów, oraz pompy o wydajności dostosowanej do zapotrzebowania wody przez poruszane mechanizmy, możemy otrzymać pracę pomp jednostajną i skutkiem tego bardziej ekonomiczną i łatwiejszą do obsługi, niż gdyby to było w razie dostarczenia wody bezpośrednio do mechanizmów, często i z różnymi przerwami zatrzymywanych.

Możliwy jest jednak następujący przypadek.

Wszystkie mechanizmy, potrzebujące wody albo pewna ich część jest zatrzymana; pompy zaś nie zostały wstrzymane we właściwym czasie.

Wówczas groziłoby podniesienie nurnika do koń-

ca skoku i wtedy mogłoby zajść, przy zwiększonym ciśnieniu, uszkodzenie akumulatora /rozsadzenie cylindra, rozerwanie przewodów, wysunięcie nurnika i t.d./. Aby tego uniknąć, stosuje się sygnalizacja, wzywająca do zatrzymania pomp, kiedy nurnik dochodzi już do granicy skoku. Gdyby, jednak, mimo to ostrzeżenie pomp nie zatrzymano, nurnik podnosi się jeszcze więcej i wtedy szpona 10 zawadza o wystający ksiuk 11 i podnosi zawór 12; wówczas nadmiar dopływającej wody zostaje odprowadzony do spustu 13, tak długo, dopóki pompy nie zostaną zatrzymane, lub dopóki nie będzie puszczona większa liczba mechanizmów.

Akumulatory są budowane na ciśnienie do 50 atm. Trafiają się i większe do 300, nawet do 1000 atmosfer ciśnienia. Znając ciśnienie, przy którym ma akumulator pracować możemy określić, jaki ciężar powinien być zawieszony w koszu 5.

HYDRODYNAMIKA.

120. Dotychczas badaliśmy zachowanie się cieczy znajdującej się w spoczynku. Wyniki otrzymane w hydrostatyce odpowiadają ściśle temu, co obserwujemy w rzeczywistości. Pochodzi to stąd, że, jakkolwiek

