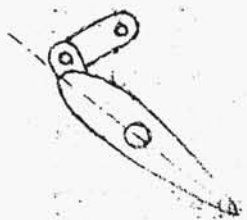


możemy wodę zostawić samej sobie w pierścieniu, a ona popłynie już po torze, który możemy matematycznie i całkiem pewnie określić. Niema więc żadnego niebezpieczeństwa w odsuwaniu łopatek kierowniczych od wirnika, co ma szczególnie ważne znaczenie dla turbin, budowanych na wielkie  $n_s$ , gdyż umożliwia rozszerzanie dolnego pierścienia wirnika bez doprowadzania doń łopatek kierowniczych.

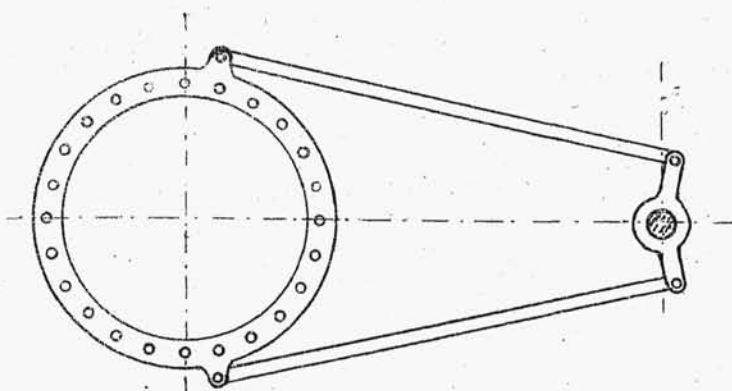
## § 20. Regulacja ilości wody.

Koło zasilające jest najlepszym miejscem, zaś łopatki kierownicze najlepszym środkiem do regulowania przepływu wody przez turbinę. W tym celu łopatki muszą być ruchome. Obracają się one około sworzni, umieszczonych w kole zasilającym i połączone są regulującym pierścieniem ruchomym w ten sposób, że wszystkie jednocześnie otwierają lub zamykają przekroje swobodne koła zasilającego. Poruszane są one za



pomocą dźwigni lub innych podobnych urządzeń, jak wskazuje rys. 48.

Naogół mamy rozmaite mechanizmy, poruszające łopatki. Jednym z najprostszych jest wskazany na rys. 49. Nazewnątr



Rys. 49.

koła zasilającego znajduje się pierścień ruchomy, posiadający tyle sworzni, ile

mamy łopatek. Uruchamianie pierścienia może być również rozmaicie konstrukcyjnie rozwiązane. Na rys. 49 widzimy wał regulujący, na którym osadzona jest dźwignia dwuramienna, od której prowadzą drążki do pierścienia regulującego. Obracając wał w jedną lub w drugą stronę otwieramy lub zamykamy łopatki koła kierowniczego.

Cały ten mechanizm trzeba przeliczyć oraz wyznaczyć siłę, potrzebną do otwierania lub zamykania łopatek. Obliczone siły mogą się często okazać niezwykle wielkie, tak, iż częstokroć wał regulacyjny bywa grubszy od wału samej turbiny. Przy obliczaniu tych sił trzeba być bardzo ostrożnym i skrupulatnym, głównie dlatego, że mamy tu do czynienia z szeregiem ramion i dźwigni, szczególnie zwodniczych przy liczeniu.

Źródłem tych sił jest działanie na łopatki wody

przepływającej między niemi, przeto obliczenie należy rozpoczynać od tych sił. Gdyby łopatką była zakrzywiona, mielibyśmy do czynienia z siłami hydrodynamicznymi. Naogół jednak łopatki są proste i siły występujące są hydrostatyczne. Wyznaczanie sił hydrodynamicznych rozważyliśmy już poprzednio i podaliśmy na nie sposób graficzny i matematyczny /teoria reakcji/. Przy łopatkach prostych siły pochodzą głównie od ciśnień statycznych.

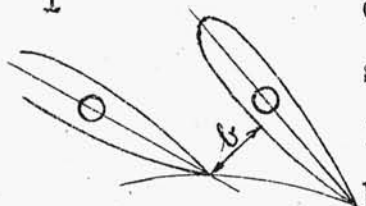
Wzdłuż łopatek koła kierowniczego przekrój swobodny, przez który woda płynie, zmienia się dość znacznie, a więc musi się zmieniać i prędkość, czyli że woda posiadać będzie przyśpieszenie. Wiadomo nam zaś z równania bilansu, że przy zmianie prędkości musi się odpowiednio zmienić ciśnienie, gdyż ogólna ilość energii nie ulega zmianie, nie biorąc pod uwagę strat. Łopatki kierownicze są zanurzone w tej wodzie przepływającej, a więc będzie na nie działać pewne ciśnienie, przyczem będzie ono zmienne od punktu do punktu wzdłuż łopatki.

Rozumowanie prowadzimy w ten sposób: w punkcie, w którym woda opuszcza łopatki kierownicze mamy

$C_0 \approx C_1$ , która to szybkość zależy od kątów  $\alpha_1$  i  $\beta_1$ . Mając obliczony wirnik turbiny znany tem samem pręd-

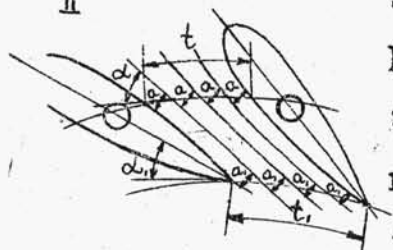
kość  $C_a$  co do wielkości i kierunku. Co do przekrojów swobodnych mamy pewną różnicę zdań w literaturze technicznej: jedni mierzą kalibrem swobodny przekrój między łopatkami /rys.50/, wymiar  $b$  (I), my zaś uważać będziemy za swobodny przekrój rzut po-

I



działki na prostopadłą do kierunku szybkości wody czyli  $\Sigma a_i = t_i \sin \alpha_i$  i  $\Sigma a = t \sin \alpha$  (II). Analogicznie obliczać będziemy inne przekroje mimo, iż tak

II



jedna jak i druga metoda nie są zupełnie ścisłe. Postępować będziemy w następujący sposób: Mając wyliczone w poszczególnych punktach przekroje, możemy stosując prawo ciągłości strugi wyznaczyć szybkości według równań

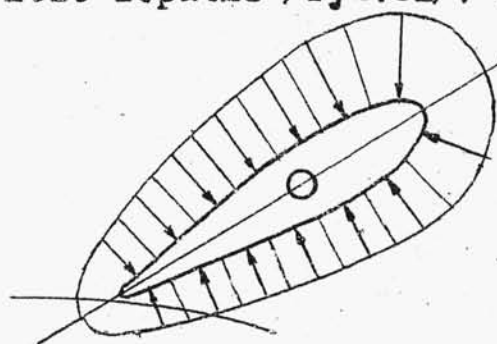
Rys. 50.

$$C_o \cdot a_o = C_a = \text{const.}$$

Nie jest to oczywiście metoda ścisła, ale wystarczająca do rozwiązywania zagadnień praktycznych. Cały wogóle sposób liczenia oparty jest na tem założeniu, że woda w tych przekrojach przesuwa się równolegle ku wirnikowi, co jest znacznie prawdopodobniejsze niż to, że woda płynie warstwami prostopadłymi do szybkości w każdym punkcie. Naogół woda płynie

w inny, pośredni sposób.

Mając prędkości wody w każdym punkcie, możemy dla nich wyliczyć odpowiednie ciśnienie według wzoru:  $\frac{P}{\gamma} = H_a + H_i - H_f - \frac{C^2}{2g}$  i graficznie je przedstawić, jako działające na łopatkę z każdej strony. W ten sposób poprowadzić możemy krzywą ciśnień wokoło łopatkki /rys:51/. Dzielać teraz obwód łopatkki



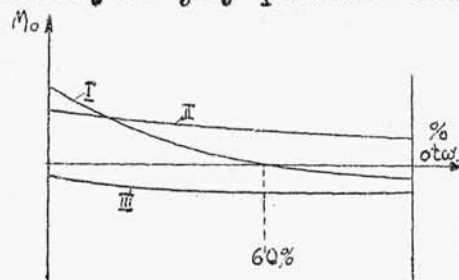
Rys. 51.

na równe części, mielibyśmy już siły, działające w środkach tych części łopatek. Teraz już łatwo możemy wyliczyć ostateczny moment, działający na

łopatkę, względnie jej punkt obrotu. Moment ten może być otwierającym lub zamykającym, zależnie od długości i kształtu łopatkki, jak również od sposobu, w jaki się zmienia prędkość  $C_o$  na  $C_a$ . Badanie tego rodzaju należy przeprowadzić dla kilku położeń łopatkki, jak również dla całkowicie zamkniętych. - Można by np. tak ustawić oś obrotu łopatkki, aby działanie wody na nie, kiedy one są zamknięte, przyczyniało się do ich tem silniejszego zamknięcia /łopatkki samozamykające/.

Wyniki badania sił, działających na łopatkę w roz-

małych jej położeniach, możemy zestawić w wykres.



Rys. 52.

Odkładając na osi rzędnych moment, a na osi odciętych procentowe otwarcie łopatek, otrzymać możemy krzywe 3-ich zasadniczych kształtów, -

rys. 52. Z krzywej I widzimy, że w miarę otwierania łopatkę, moment otwierający łopatkę będzie malał, aż przy 60 % otwarcia łopatka będzie całkowicie zrównoważona, otwierając ją dalej widzimy, że będzie ona chciała się zamknąć.

Mogą być również łopatki, mające tendencję stałego otwierania się /krzywa II/ lub stałego zamykania się /krzywa III/. Zachodzi pytanie, jaką krzywą winny mieć łopatki, aby konstrukcja jej była racjonalna. Pod tym względem zdania są bardzo rozdzielone. Jedni dowodzą, że należy tak konstruować łopatki, by miały one tendencję stałego zamykania się, t.j. krzywą dolną, motywując swoje twierdzenie tem, że łopatki zasilające winny być nie tylko kierowniczymi i rozdzielczymi, lecz winny też być do pewnego stopnia bezpiecznikami, aby w chwili jakiegoś wypadku turbina sama się zatrzymała, w chwili na przykład, gdy regulacja zawodzi. Jasne jest jednak

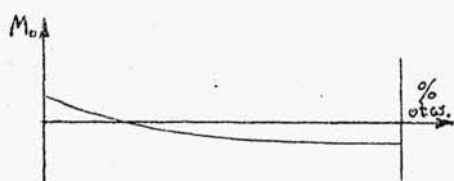
że wówczas siły działające będą na łopatki stale w jednym kierunku i będą dość duże, a więc i do regulacji normalnej będą potrzebne duże siły i regulacja będzie trudniejsza. Gdyby te siły jednak były do pokonania, to wskutek tego, iż są one dość znaczne i stale działają, mogą powodować wycieranie się rozmaitych sworzni, a powstałe w ten sposób luzy mogą zniszczyć całkowicie regulację automatyczną.

Zdanie inne, którego my się trzymać będziemy, polega na tem, że zadaniem łopatek kierowniczych nie jest być bezpiecznikiem, lecz regulatorem, i wobec tego łopatki winny być zrównoważone przy normalnym otworze, t.j. przy tym, przy którym turbina pracuje przez większą część swego istnienia, a więc przy mocy normalnej.

Osiągamy to, gdy wykres momentów, działających na łopatkę, ma charakter krzywej I. Regulacja jest wówczas łatwa, gdyż regulator reguluje przeważnie w bliskości normalnego otwarcia łopatek, a ponieważ wtedy łopatki są zrównoważone, nie ma on zbyt dużych sił do pokonania, unikamy więc zbytniego wycierania się bolców i otworów, skutkiem czego działanie regulatora nie nie traci z biegiem czasu na swej precyzyjności.



Gdyby jednak łopatki miały być do pewnego stopnia bezpiecznikiem, to wystarczy by krzywa momentów przecięła oś odciętych już przy pewnem otwarciu łopatek, przy którym turbina zdolna będzie pokonać tylko opory własne. Wówczas /rys. 52<sup>a</sup>/ siła maksymal-



na przy całkowitem otwarciu będzie znacznie mniejsza, niż wtedy, gdy krzywa osi odciętych nie przecina.

Rys. 52<sup>a</sup>

### § 21. Spirala zasilająca.

Zazwyczaj, przy niskich spadkach, mamy wirnik całkowicie zanurzony w wodzie, w zbiorniku otwartym. Jeśli zaś mamy spadek duży, to turbinę umieszczamy na pewnem wzniesieniu nad najwyższym dolnym poziomem wody i wówczas wirnik zamykamy w pudle żelaznem.

Ze względu na opory hydrauliczne nie jest to rzeczą dobrą, gdyż zazwyczaj woda, zanim znajdzie swoją właściwą drogę, błąka się i powstają stąd wiry, których mamy unikać. W celu zmniejszenia ich do minimum dajemy spiralę zasilającą.

Jeżeli mamy obwód zewnętrzny koła zasilającego i rurę lub pudło, przez które doprowadzamy wodę na