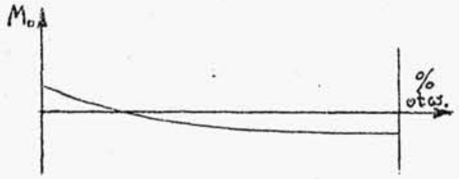
Gdyby jednak łopatki miały być do pewnego stopnia bezpiecznikiem, to wystarczy by krzywa momentów przecięła oś odciętych już przy pewnem otwarciu łopatek, przy którem turbina zdolna będzie pokonać tylko opory własne. Wówczas /rys.52a/ siła maksymalna przy całkowitem otwarciu będzie znacznie mniejsza, niż wtedy, gdy krzywa osi odciętych nie przecina.



Rys.52a.

§ 21. Spirala zasilająca.

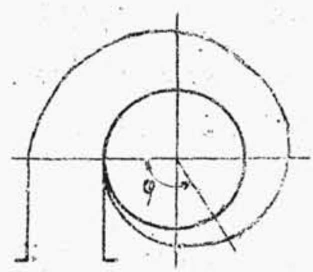
Zazwyczaj, przy niskich spadkach, mamy wirnik całkowicie zanurzony w wodzie, w zbiorniku otwartym. Jeśli zaś mamy spadek duży, to turbinę umieszczamy na pewnem wzniesieniu nad najwyższym dolnym poziomem wody i wówczas wirnik zamykamy w pudle żelaznem.

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 cały obwód wirnika, to należy je tak zbudować, aby w miarę jak część wody wpada do koła zasilającego przekrój pudła odpowiednio się zmniejszał.

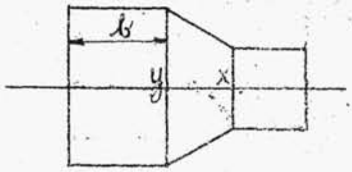
Pudło tak skontruowane ma kształt spiralny.

Jeden ze sposobów konstruowania wychodzi z założenia zachowania stałej szybkości w każdym przekroju



Rys. 53.

/rys.53/. Po pierwsze więc zachodzi pytanie, jak zmierzyć ten przekrój. Ogólnie biorąc przekrój może być prostokątny i okrągły.- Możnaby przyjąć za ten właśnie przekrój przewodu zasilającego, przekrój aż do punktu X, mianowicie do krawędzi łopatki zasilającej /rys.54/. Ale w miejscu, w którem przekrój tem miałby być równym zeru, spiralna zeszłaby do X, czyli że od punktu, gdzie przekrój spiralny doszedł do położenia prostej y krawędzie jej szłyby dalej po powierzchniach stożkowych, co ogromnie utrudnia wykonanie.



Rys. 54.

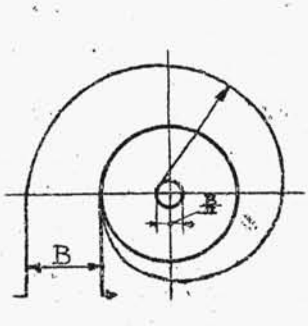
Należy więc uważać pierścień od X, aż do y, jako część koła zasilającego, niezmienną na całym obwodzie, a jako spiralną część przewodu nazewnątrz od linji y, wówczas bowiem kształt spirali i jej wykonanie będzie racjonalnem.

Gdyby przekrój spirali był prostokątny o niezmiennej wysokości, to założenie zachowania niezmiennej prędkości w każdym przekroju znaczyłoby, że szerokość jego b ma się zmieniać w prostym stosunku do odległości od początku spirali w taki sposób, że przechodząc przez cały obwód ma się zredukować od B do 0, gdyż w miarę posuwania się wzdłuż obwodu ilość wody, pozostająca w spirali jest w prostym stosunku do pozostałej części obwodu.

Krzywa, tworząca kształt spirali będzie ewolwentą. Chcąc więc skonstruować spiralę zasilającą /rys. 55/ prostokątną, musimy jako tworzącą dać ewolwentę o kole rozwijającem takiem, że kiedy rozwiniemy całe koło, to oddalimy się od obwodu koła zasadniczego o obwód koła rozwijającego, równego szerokości przekroju wejściowego B, czyli

$$\pi D = B,$$

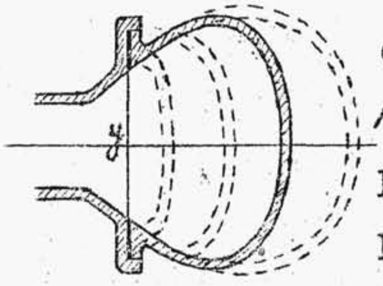
stąd $D = \frac{B}{\pi}$.



Rys. 55.

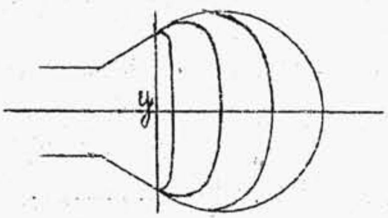
Gdybyśmy chcieli obrać kołowy przekrój spirali zasilającej, wówczas znów musimy ustalić naprzód, jakie pole należy wziąć za przekrój spirali zasilającej.

Najracjonajniejszem będzie obrać pole nazewnątrz od linji y /rys.56/. Będzie to więc część pola zmienna na całym obwodzie, pozostała zaś część, nawewnątrz od linji y, będzie jednakowa dla wszystkich przekrojów na obwodzie, uważana jako część koła zasilającego. Tu tworzącą spirali nie będzie już ewolwenta, gdyż pole nie jest proporcjonalne do szerokości przekroju.



Rys. 56.

Postępujemy w ten sposób, że rysujemy szereg pól /rys.57/ o powierzchniach od 0 aż do pełnego przekroju, łagodnie przechodzących jedno w drugie i wyliczamy ich pola.



Rys.57.

Pozostaje tylko znaleźć, w którym miejscu obwodu dany przekrój ma się znajdować, co uskutecznia się bardzo łatwo na mocy wzoru:

$$\varphi = \frac{A}{A_c} \cdot 360,$$

gdzie φ jest to kąt promienia wodzącego z osią biegunową, A - przekrój rozważany, A_c - przekrój początkowy.

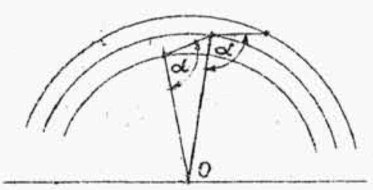
W ten sposób rysunek może być gotów do wykonania. Tak byśmy postępowali uważając, że przekrój zmienia się w prostym stosunku do długości obwodu. Jednakże, jak już wspomnieliśmy, nie jest to identyczne z warunkiem stałej prędkości, gdyż im dalej od środka koła zasilającego, tem cząsteczki wody będą miały mniejszą szybkość i odwrotnie, ponieważ przepływ przez spiralę jest wirem; przeto właściwie, chcąc otrzymać racjonalny jej kształt trzeba obliczenia oprzeć na prawie:

$$C_p . r = const.$$

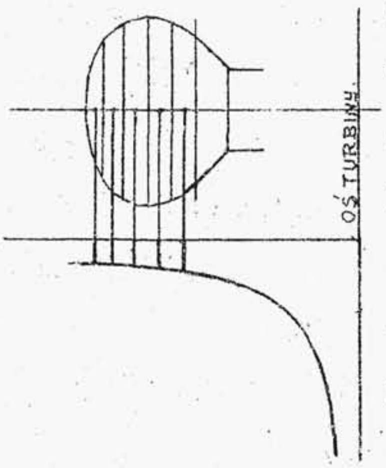
według którego woda ma płynąć.

Gdybyśmy mieli spiralę zasilającą o przekroju prostokątnym, to jak widzieliśmy przy rozważaniu przekroju koła zasilającego, torem wody jest spiralna logarytmiczna. Konstrukcja jej jest bardzo łatwa i zrozumiała wprost z rys.58 za pomocą kół koncentrycznych. Ale konstruowanie spirali zasilającej o przekroju kołowym jest cokolwiek trudniejsze i bardziej skomplikowane. Ponieważ ma być spełniony warunek:

$$C_p r = const.$$



Rys. 58.



Rys. 59.

więc w każdej odległości od środka spirali będzie inna prędkość. Rysujemy zatem szereg pól tak, by jedno w drugie łagodnie przechodziło /rys. 59/. Pod niemi rysujemy dowolną hyperbolę równoramienną, której rzędne będą przedstawiały w pewnej skali szybkość wody. Każdy przekrój spirali dzielimy na szereg wąskich pasków i obliczamy ich pola, oraz środki ciężkości. Rzutujemy te ostatnie na hyperbolę i znajdujemy w ten sposób szybkości w odpowiednich przekrojach; mnożąc te ostatnie przez pola otrzymujemy ilości wody, przepływające przez te pasy.

W ten sposób dla całkowitego przekroju będzie:

$$Q' = A_1 c_1 + A_2 c_2 + A_3 c_3 + \dots$$

Robimy to dla każdego przekroju spirali zasilającej. Mając te poszczególne ilości wody obliczamy położenie tych przekrojów na obwodzie koła zasilającego znajdując kąt:

$$\varphi = \frac{Q'}{Q_c} \cdot 360.$$

przyczem Q_c jest całkowitą ilością wody, dopływającej do spirali.

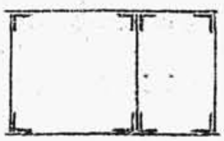
W ten sposób otrzymujemy wymagany kształt spirali zasilającej. Ponieważ koszta spiral zasilających w ten sposób skonstruowanych nie wynoszą więcej niż konstruowanych w innych sposób, przeto temu sposobowi właśnie należy oddać pierwszeństwo przed innemi, jako więcej odpowiadającemu naturalnemu przepływowi wody.

Spirala ta daje strugi takie, po jakich sama woda ma tendencję płynąć, powtóre jest ona jakby dyszą, gdyż mamy tu do czynienia ze stałym przyśpieszeniem, albowiem każda cząsteczka zbliża się do środka, co jest pożądane z punktu widzenia hydraulicznego.

Przy obliczaniu wytrzymałościowem należy zwrócić uwagę na to, że rura ta jest rozwarta z jednej strony i jest połączona i usztywniona za pomocą pokryw. Przy wielkiem ciśnieniu ma ona tendencję rozwierania się, czemu zapobiega się dając trzpienie usztywniające lub też nadlewając żebra.

Przy budowaniu spirali z blachy należy pamiętać również, że przy przekrojach prostych, których się używa, mamy do czynienia z prostemi płytami, które są tworami bardzo słabemi wytrzymałościowo i należy je usztywniać. Spirale z blachy stalowej bywają bardzo mocno usztywnione kątownikami lub teownikami. Winny one być dość mocne, liczone jako belki winny być innemi dzielone na jeszcze krótsze. A więc żebra winny być silne, sztywne i gęsto ustawione. Można licząc żebro jako belkę na 2-ch podporach, liczyć ją wraz z blachą, choć niektórzy dla pewności nie uwzględniają wytrzymałości blachy.

W dużych spiralach jest niemożliwe liczenie żeber w ten sposób, ze względu na ich znaczną długość; wówczas znając bieg wody w spirali, wbudowuje się ścianę usztywniającą /rys.60/. Wogóle należy zachować największą ostrożność, szczególniej przy obliczaniu wytrzymałościowem ścian płaskich.



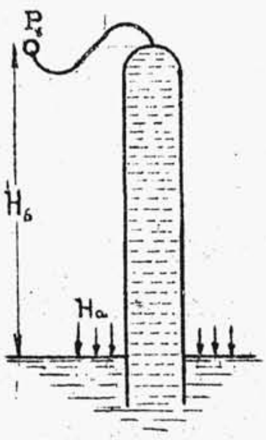
Rys.60.

Spirale zasilające są bardzo często odlewane. Duże spirale dzieli się na części i następnie łączy na kołnierze, jak rury. Przy konstruowaniu spiral odlewanych należy unikać wyższych odlewów, dla ewolwentowych - bocznych połączeń.

§ 22. RURY SSĄCE.

Rura ssąca turbiny wodnej jest bardzo ważną jej częścią, do pewnego stopnia jest ona uzupełnieniem wirnika, pomagając mu, a właściwie dokonywując tego, czego wirnik wykonać nie jest w stanie.

Z fizyki lub hydrauliki wiemy, że napełniwszy wodą rurkę u góry zamkniętą, możemy ją wyciągnąć z napełnionego wodą naczynia na pewną wysokość i woda z rurki nie ujdzie. Ta maksymalna wysokość H_a, na którą najwyżej możemy podnieść rurkę, nie powodując wypływu z niej wody, odpowiada ciśnieniu atmosferycznemu i równa jest $\sim 10\,m$ /przy poziomie morza/. Przypuśćmy, że w rurce, przedstawionej na rys.62 na wysokości H_s ciśnienie wynosi P_s, wówczas równanie równowagi będzie:



Rys. 62.

$$\frac{P_s}{\gamma} + H_s = H_a$$

Jeżelibyśmy podnosili rurkę coraz wyżej, to przy wysokości $H_s = H_a$ woda oderwałaby się od dna rurki. Właściwie nastąpiłoby to trochę wcześniej, mianowicie gdy

$$\frac{P_s}{\gamma} = H_{par.}$$