

równanie:

$$H_2 = \frac{\lambda_0 (Q_1 + Q_2)^2 L_0}{D_0^5} + \frac{\lambda_2 Q_2^2 L_2}{D_2^5} + \frac{16}{\pi^2} \frac{Q_2^2}{D_2^5 \cdot 2g} \dots (b)$$

Równania (a) i (b) zawierają tylko dwie niewiadome  $Q_1$  i  $Q_2$ ; możemy je zatem z tych równań znaleźć.

### RUCH WODY W KANAŁACH I RZEKACH.

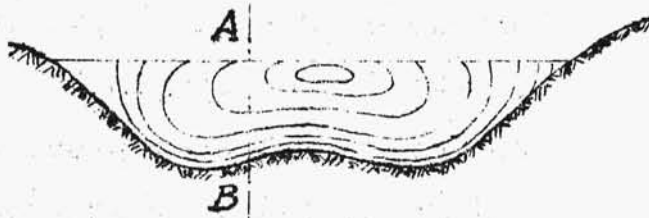
225. Niech będzie kanał o dowolnym, ale niezmiennym przekroju, przez który płynie woda. Kanał niech będzie ustawiony pochyło - ze spadkiem, w tych warunkach ruch wody w kanale powinien być przyspieszony, gdyż każda cząstka wody tak się porusza, jak ciężki punkt po pochyłości. w rzeczywistości obserwujemy od pewnego miejsca kanału ruch jednostajny - z prędkości niezmienną. wynika to skutkiem oporów, które powstają podczas ruchu cieczy. Opory te wzrastają z kwadratem prędkości ruchu i dlatego prędkość jest zmniejszana, aż wreszcie ruch stanie się jednostajnym.

Obserwując ruch wody w kanale, dostrzegamy, co się daje przyrządami stwierdzić, że w różnych punktach przekroju cząstki wody posiadają różne prędkości

Nawet cząstki, przepływające przez ten sam punkt, mają prędkości zmienne, różniące się zresztą jedna od drugiej nie wiele. Nazywamy ten objaw **pulsowaniem wody**. Przy roztrzęsaniach naszych nie będziemy uwzględniali pulsowania wody, przyjmując, że w obranym punkcie przekroju wszystkie cząstki przepływają ze stałą niezmienną prędkością.

226. Przypuśćmy, że w obranym przekroju poprzecznym kanału lub rzeki mamy znalezione prędkości cząsteczek w bardzo wielu punktach tego przekroju.

Prędkości te będą, jak już było wyżej wspomniane, w różnych punktach różne. Wybierzmy w przekroju te



rys. 148

punkty, które posiadają jednakową prędkość i połączmy je krzywą ciągłą. Otrzymamy linię, którą nazwiemy **linią jednakowych** /

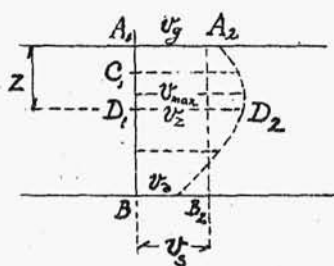
prędkości / **izotachą** /. Linię takich możemy wykreślić dowolną liczbę; każdej linii odpowiadać będzie pewna określona prędkość. Izotachy przy dnie i brze-

gach przebiegają mniej więcej równoległe do nich, wznoszą się ku górze i przy zwierciadle wody dążą jak gdyby do zamknięcia się.

227. Obierzmy w przekroju prostą pionową  $AB$ . Zbadajmy prędkości w punktach, wziętych na tej prostej. Zobaczymy, że najmniejsza prędkość będzie przy dnie; im wyżej od dna będziemy brali punkty, tem prędkości będą większe.

Największa prędkość będzie w bliskości zwierciadła wody, zwykle poniżej zwierciadła wody.

Miejsce największej prędkości zależy w pewnym stopniu od kierunku wiatru, od kształtu przekroju i od miejsca, gdzie obraliśmy prostą  $AB$ .



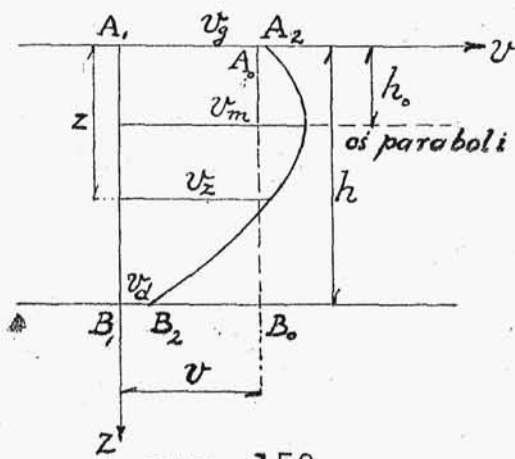
rys. 149

Aby lepiej uwidocznic zmianę prędkości w różnych punktach przekroju, postępujemy w taki sposób: na prostej pionowej  $AB$ , odkładamy głębokości  $z = A, D$ , liczone od zwierciadła wody, na których mamy zmierzone prędkości  $v_z$ . Na prostej poziomej odkładamy

w odpowiedniej skali wartość prędkości  $v_z = D_1 D_2$ . Końce odcinków takich, jak  $D_1 D_2$  łączymy linią ciągłą; otrzymujemy w ten sposób krzywą prędkości w różnych punktach na obranej prostej pionowej.

Jak już mówiliśmy, największa rzędna tej krzywej znajduje się zwykle na pewnej głębokości pod swobodną powierzchnią.

Zazwyczaj przyjmuje się, że wspomniana krzywa jest parabolą z osią równoległą do zwierciadła, znajdującą się w odległości  $h_0$  od niego. Według Bazin'a równanie tej paraboli względem osi poziomej ( $v$ ) i pionowej ( $z$ ) jest:



rys. 150

$$v_z = v_m - \mathcal{J}(z - h_0)^2,$$

gdzie  $v_z$  jest to prędkość na głębokości  $z$  pod swobodną powierzchnią;  $v_m$  jest to największa prędkość cząstek, płynących na głębokości  $h_0$  pod swobodną powierzchnią;  $\mathcal{J}$  pewien współczynnik.

228. Dla ułatwienia sobie późniejszych obliczeń możemy zamiast zmiennych prędkości na danej prostej pionowej przyjąć pewną średnią prędkość  $\bar{v}$ , z którą płyną wszystkie cząstki na danej prostej.

Wartość prędkości  $\bar{v}$  znajdujemy z tego warunku, że pole prostokąta  $A, A_0 B_0 B$ , jest równe polu  $A, A_2 B_2 B$ .

Według Bazin'a średnia prędkość

$$\bar{v} = 0,785 \cdot v_m$$

Nieraz przyjmują przy przekrojach foremnych

$$v = (0,82 \sim 0,9) \cdot v_g$$

gdzie  $v_g$  jest prędkością cząstek na swobodnej powierzchni.

Cząstki wody które posiadają prędkość równą średniej prędkości, płyną na głębokości około  $0,63h$ , pod swobodną powierzchnią, gdzie  $h$  jest całkowita głębokość kanału lub rzeki.

Prędkość  $v_s$  cząstki, płynącej tuż przy dnie kanału ma wartość:

$$v_s = (0,25 \sim 0,75) \cdot v_g$$

Według Bazin'a ta wartość

$$v_0 = 0,75 \cdot v.$$

229. W poprzednim artykule mówiliśmy o s r e d-  
n i e j prędkości na danej prostej pionowej.

Przypuśćmy, że znaleźliśmy wartości średnich prę-  
dkości dla wielu prostych pionowych, wziętych w danym  
przekroju poprzecznym kanału lub rzeki.

Odkłóźmy wartości tych prędkości od prostej  $KL$   
poziomej, poprowadzonej prostopadle do ruchu wody, ja-  
ko odcinki w pewnej skali.



rys. 151

Końce odcinków takich

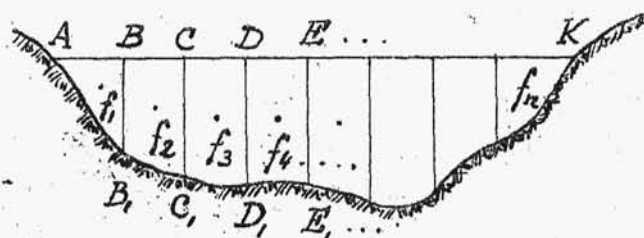
$$A'B' = v', A'B'' = v''$$

i t.d. połączmy linią  
ciągłą, otrzymamy wów-  
czas krzywą średnich  
prędkości w danym  
przekroju poprzecz-  
nym.

Jeżeli pole  $KK'L'L$  zastąpimy równoważnem  
polem prostokąta  $KK_0L_0L$ , którego podstawa  
=  $KL$ , wówczas wysokość tego prostokąta  $KK_0$   
=  $LL_0$  da nam pewną prędkość  $v$ , którą nazwać

możemy średnią prędkością w danym przekroju poprzecznym.

230. Średnią prędkość w danym przekroju możemy też znaleźć w następujący sposób:



rys. 152

Przekrój poprzeczny kanału lub rzeki dzielimy na dostatecznie wąskie części prostymi pionowymi  $BB_1, CC_1, DD_1$  i t.d.

Znajdujemy wartości pól i środki ciężkości poszczególnych otrzymanych figur:  $ABB_1, BB_1C_1C_1, CC_1D_1D_1$  i t.d. Niech te pola będą:  $f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$ .

Przypuśćmy, że przy pomocy odpowiednich przyrządów zmierzylismy prędkości w znalezionych środkach ciężkości pól  $f_1, f_2, f_3$  i t.d. Niech to będą prędkości  $v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$ . Ilości wody, przepływające przez poszczególne pola, będą:

$f_1 v_1, f_2 v_2, \dots, f_n v_n$ . Zatem całkowity wydatek otrzymamy:  $f_1 v_1 + f_2 v_2 + \dots + f_n v_n$ ,

albo skrócenie:  $\sum f_i v_i$ . Oznaczmy pole całego przekroju przez  $f$ , które winno  $= f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n$ , albo  $= \sum f_i$ , oraz średnią prędkość wody w danym przekroju oznaczmy przez  $v$ , wówczas ten sam wydatek możemy określić ze wzoru:

$$\sum f_i \cdot v \quad \text{Zatem} \quad f \cdot v = \sum f_i v_i ;$$

stąd średnia prędkość

$$v = \frac{\sum f_i v_i}{\sum f_i} .$$

231. W następnych obliczeniach mieć będziemy przedewszystkiem z prędkością średnią do czynienia. W praktyce ważne znaczenie, prócz tego, mieć będzie prędkość wody przy dnie  $v_d$ .

Zbyt wielka prędkość przy dnie - psuje dno, rozmywając je; zbyt mała - powoduje osiadanie drobnych cząstek, które zwykle są unoszone przez wodę. Warto więc poznać te granice prędkości  $v_d$  przy dnie, których nie należy przekraczać ani w jedną ani w drugą stronę.

Niżej w tablicy podane są te wartości  $v_d$ , przy



których woda j e s z c z e nie porywa z dna cząste-  
czek tego czy innego wymiaru:

Rodzaj podłoża	$\phi$ ziaren	$v_d [\frac{m}{sek}]$
muł i glina garncarska	0,2 mm.	0,08
drobny piasek rzeczny	0,5 "	0,11
drobny żwirek	1,5 "	0,22
żwir	20 "	0,65
kamienie - okrąglaki	40 "	0,75
" większe mieszane	40 - 50	1,00
" duże	200	2,00
dobry mur na zaprawie cementowej		2,50
kanały żeliwne / lub rury /		3,00

Ostatnie dwie liczby podają graniczne prędkości dopuszczalne dla podanych materiałów. Prędkości większe sprzyjają wycieraniu ścianek kanałów podanych, szczególnie, jeśli woda niesie piasek i żwirek.

Dodać tu jeszcze trzeba: jeśli woda płynąca zawiera lekkie zamięcenie i jeśli nie życzymy sobie osiadania na dnie tych metów, wówczas prędkość  $v_d \gg$

$\gg 0,25 \frac{m}{sek}$ ; jeśli zachodzi obawa osiadania drobnego piasku, unoszonego przez wodę, należy dawać

$$v_d \gg 0,50 \frac{m}{sek}.$$