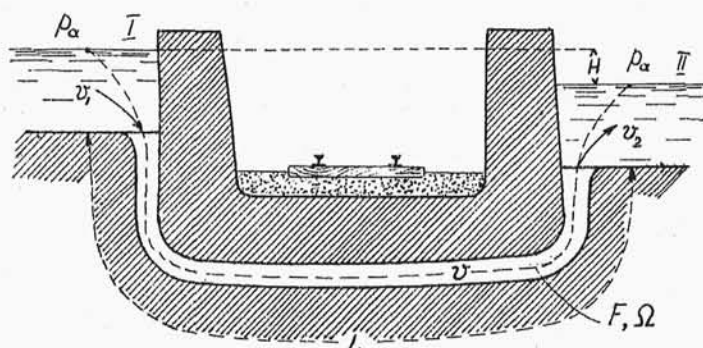


Całkowita więc linia ciśnień w rozpatrywanym przypadku otrzyma kształt linii $A_0 C_0 E_0 B_0$.

265. Lewary wymagają periodycznego usuwania powietrza, czy też pary, które mogą się zbierać w punkcie C . Powietrze, stale rozpuszczone w wodzie, łatwo wydziela się, skoro woda przepływa do miejsc, gdzie ciśnienie się zmniejsza, jak to właśnie mamy w wierzchołkach przewodów lewarowych.

266. PRZEPŁYW WODY PRZEZ SYFON. Przeprowadzenie wody z jednego miejsca do drugiego - popod jakąś budowlą - dokonywa się przy pomocy "syfonu". Rozpatrzmy cząstkę wody w zbiorniku I i w zbiorniku II /rys.173/;



rys.173.

prędkości wody w tych zbiornikach niech będą v_1 i v_2 . Różnica poziomów niech będzie H . Przyjmujemy za poziom zasadniczy zwierciadło wody w II zbiorniku.

Wtedy dla cząstki, obranej na swobodnej powierzchni I i następnie II zbiornika otrzymamy:

$$H + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_a}{\gamma} = 0 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_a}{\gamma} + \sum_I h_{st},$$

gdzie pod $\sum_I h_{st}$ rozumiemy sumę wszystkich strat ciśnień podczas przepływu wody przez syfon. Równanie powyższe uprościmy:

$$H + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{v_2^2}{2g} + \sum_I h_{st}, \quad \text{albo} \quad H = \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} + \sum_I h_{st}.$$

Jakie są straty $\sum_I h_{st}$?

1/ Miejscowe: na zmianę kierunku a/ przy wejściu do syfonu, b/ dwa razy podczas przepływu przez dwa kolana w syfonie i c/ przy wyjściu z syfonu do II zbiornika. Ponieważ te straty nie dadzą się pominąć tak, jak to robiliśmy przy długich przewodach, gdzie zmiany kierunku są rzadkie, i gdzie już zwykle są w współczynnikach uwzględnione, należy w danym przykładzie wziąć je pod uwagę. Aby te straty były jak najmniejsze, należy zmianę kierunku dokonać w sposób łagodny, a nie gwałtowny. Wzory na obliczenie tych strat są podane dla różnych przypadków w kalendarzach i in-

nych podręcznikach. Oznaczmy wysokości stracone dla danego przypadku przez h_{sk} .

2/ Wysokość stracona na tarcie w syfonie o długości L , przekroju F i obwodzie zwilżonym Ω . Woda przepływa z prędkością v . Stratę znajdziemy, korzystając ze znanego wzoru:

$$v = c\sqrt{RJ};$$

stąd

$$J = \frac{v^2}{c^2} \cdot \frac{1}{R} = \frac{v^2}{c^2} \cdot \frac{\Omega}{F},$$

a całkowita strata

$$J \cdot L = \frac{v^2}{c^2} \cdot \frac{\Omega}{F} \cdot L.$$

3/ Prócz tego są straty spowodowane nagłą zmianą przekroju na początku i na końcu syfonu.

Straty wywołane powyższymi przyczynami obliczymy według wzorów, podanych wyżej we właściwych miejscach. Oznaczmy te straty przez h_{sp} .

Zestawiając otrzymane wyniki, znajdziemy:

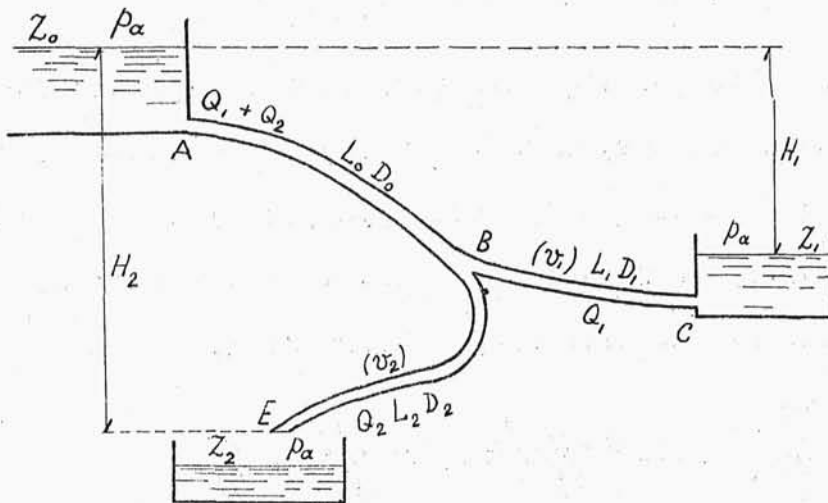
$$H = \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} + h_{sk} + h_{sp} + \frac{v^2}{c^2} \cdot \frac{\Omega}{F} \cdot L.$$

Jeśli $v_2 = v_1$ i przy zastosowaniu łagodnych zmian kierunku /przy pomocy łuków o znacznych promieniach/ oraz stopniowych zmian przekrojów można było wysokości h_{sk} i h_{sp} nie uwzględniać, wówczas mielibyśmy:

$$H = \frac{v^2}{c^2} \cdot \frac{\Omega}{F} \cdot L$$

Wnioskujemy z powyższego, że, aby woda mogła przez syfon z pewną prędkością płynąć, należy mieć w rozporządzeniu różnicę poziomów H , tym większą, im większa będzie prędkość przepływu wody przez syfon oraz im mniej łagodne będą zmiany kierunków i przekrojów syfonu.

267. PRZYKŁAD XXX.



rys.174.

Ze zbiornika Z_0 woda przepływa przewodami AB, BC, BE do zbiorników Z_1 i Z_2 /rys.174/. Znaleźć, jakie ilości

wody dopływają do każdego ze zbiorników, jeśli mamy
są wysokości H_1 i H_2 , średnice przewodów D_0 , D_1 , D_2 oraz
ich długości L_0 , L_1 , L_2 . Oznaczmy szukane ilości wody
przez Q_1 i Q_2 . Wprowadzimy jeszcze czasowo oznaczenia:
prędkości wody w przewodach BC i BE : v_1 i v_2 .

Równanie D. Bernoulli ego dla cząstki wody, wzię-
tej na swobodnej powierzchni zbiornika Z_0 i następnie
dla cząstki na swobodnej powierzchni zbiornika Z_1 ,
otrzyma postać:

$$H_1 + \frac{p_a}{\gamma} + 0 = 0 + \frac{p_a}{\gamma} + 0 + (h_{st})_{AB} + (h_{st})_{BC}$$

Straty te powstają skutkiem tarcia w przewodzie
 AB podczas przepływu $(Q_1 + Q_2)$ wody i w przewodzie BC
podczas przepływu Q_1 wody; poza tym jest jeszcze strata
całkowitej prędkości v_1 , kiedy woda wpływa z wą-
skiego przewodu do szerokiego zbiornika Z_1 .

Zatem

$$(h_{st})_{AB} + (h_{st})_{BC} = \frac{\lambda_0 (Q_1 + Q_2)^2 L_0}{D_0^5} + \frac{\lambda_1 Q_1^2 L_1}{D_1^5} + \frac{v_1^2}{2g}$$

Ostatni wyraz przedstawimy w zależności od Q_1 :

$$\frac{v_1^2}{2g} = \frac{16 Q_1^2}{\pi^2 D_1^4 \cdot 2g}$$

Wobec tego równanie pierwsze zamieni się na:

$$H_1 = \frac{\lambda_0 (Q_1 + Q_2)^2 L_0}{D_0^5} + \frac{\lambda_1 Q_1^2 L_1}{D_1^5} + \frac{16 Q_1^2}{\pi^2 D_1^4 \cdot 2g} \quad /a/$$

W podobny sposób zastosujemy twierdzenie D. Bernoulli ego do cząstki, wziętej na swobodnej powierzchni zbiornika Z_0 i następnie do cząstki, wypływającej z końca przewodu BE

$$0 + \frac{p_a}{\gamma} + 0 = -H_2 + \frac{v_2^2}{2g} + (h_{st})_{AB} + (h_{st})_{BE}$$

gdzie

$$(h_{st})_{AB} + (h_{st})_{BE} = \frac{\lambda_0 (Q_1 + Q_2)^2 L_0}{D_0^5} + \frac{\lambda_2 Q_2^2 L_2}{D_2^5}$$

ponieważ

$$\frac{v_2^2}{2g} = \frac{16}{\pi^2} \cdot \frac{Q_2^2}{D_2^4 \cdot 2g},$$

więc otrzymamy równanie:

$$H_2 = \frac{\lambda_0 (Q_1 + Q_2)^2 L_0}{D_0^5} + \frac{\lambda_2 Q_2^2 L_2}{D_2^5} + \frac{16}{\pi^2} \cdot \frac{Q_2^2}{D_2^4 \cdot 2g} \quad /b/$$

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

268. RUCH WODY W KANAŁACH I RZEKACH. Niech będzie kanał o dowolnym przekroju, przez który płynie woda. Kanał niech będzie ustawiony pochyło - za 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 jedno-

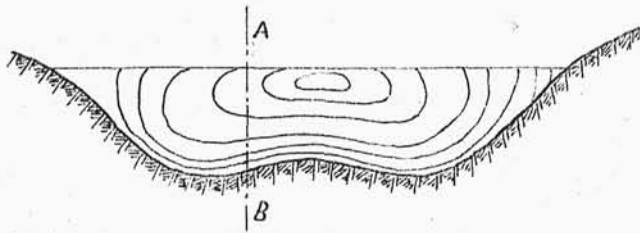
stajny - z prędkością niezmienną. Wynika to skutkiem oporów, które powstają podczas ruchu cieczy. Opory te wzrastają razem z prędkością ruchu i dlatego prędkość jest zmniejszana, aż wreszcie ruch stanie się jednostajnym.

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 niewiele jedna od drugiej. Nazywamy ten objaw *p u l s o w a - n i e m* strumienia. Przy roztrzęsaniach naszych nie będziemy uwzględniali pulsowania wody, przyjmując, że w obranym punkcie przekroju wszystkie cząstki przepływają ze stałą niezmienną prędkością.

269. Przypuśćmy, że w obranym przekroju poprzecznym kanału lub rzeki, mamy znalezione prędkości cząstek w bardzo wielu punktach tego przekroju /rys.175/. Prędkości te będą, jak już było wyżej wspomniane, w różnych punktach różne. Wybierzmy w przekroju te punkty, które posiadają jednakową prędkość i połączmy je krzywą ciągłą. Otrzymamy linię, którą nazwiemy linią jed-

nakowych prędkości /izotachą/. Linij takich możemy wykreślić dowolną liczbę; każdej linii odpowiadać będzie pewna określona prędkość. Izotachy przy dnie i



rys.175.

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

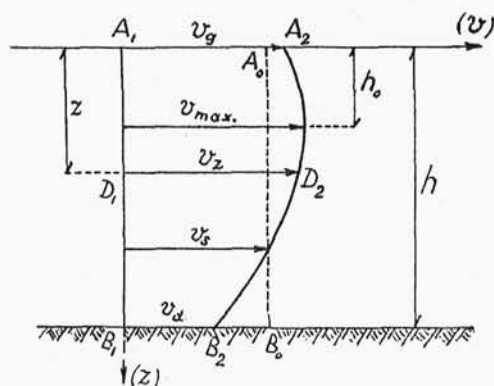
270. Obierzmy w przekroju prostą pionową AB . Zbadajmy prędkości w punktach, wziętych na tej prostej. Zobaczymy, że najmniejsza prędkość będzie przy dnie; im wyżej od dna będziemy brali punkty, tym prędkości będą większe.

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 .

Aby lepiej uwidocznić zmianę prędkości w różnych punktach prostej pionowej, postępujemy w taki sposób:



rys.176.

na pionowej A, B , /rys.

176/ odkładamy głębokości $z = A, D_1$, liczone od zwierciadła wody, na których mamy

zmierzone prędkości v_z . Na prostej poziomej odkładamy w odpowiedniej skali wartość

prędkości $v_z = D, D_2$.

prędkości $v_z = D, D_2$.

Końce odcinków takich, jak D, D_2 łączymy linią ciągłą; otrzymujemy w ten sposób krzywą prędkości w różnych punktach na obranej 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

dła, znajdującą się w odległości h_0 od niego. /rys.176/.
Według Bazin' a równanie tej paraboli względem osi poziomej $/v/$ i pionowej $/Z/$ jest:

$$v_z = v_{max} - \mathcal{V}(z - h_0)^2,$$

gdzie v_z jest to prędkość na głębokości z pod swobodną powierzchnią; v_{max} jest to największa prędkość cząstek płynących na głębokości h_0 pod swobodną powierzchnią; \mathcal{V} pewien współczynnik.

271. Dla ułatwienia późniejszych obliczeń możemy zamiast zmiennych prędkości na danej pionowej przyjąć pewną średnią prędkość v_s .

Wartość prędkości v_s znajdujemy z tego warunku, że pole prostokąta A, A_0, B_0, B , jest równe polu A, A_2, B_2, B , /rys.176/.

Według Bazin' a średnia prędkość

$$v_s = 0,785 \cdot v_{max}.$$

Można przyjąć, że średnia prędkość dla całego przekroju jest równa 0,60 ... 0,85 największej prędkości na powierzchni, v_{gmax} :

$$v_s = (0,6 \dots 0,85) v_{gmax}$$

Większą wartość v_s otrzymujemy w przekrojach o większej głębokości - mniejszą w przekrojach o mniej-

szej głębokości.

Nieraz przyjmują przy przekrojach foremnych

$$v_s = (0,8 \dots 0,9) v_g ,$$

gdzie v_g jest prędkością cząstek na swobodnej powierzchni.

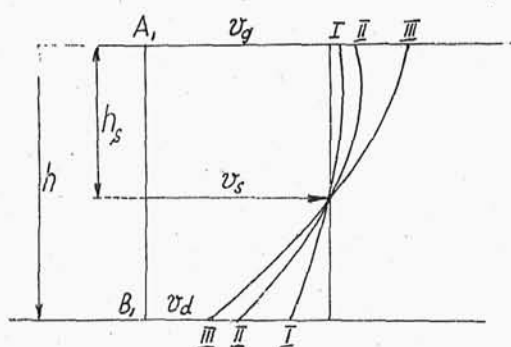
Według Bazin' a ta wartość

$$v_d = (0,75 \dots 0,85) v_s \quad \dots/153/$$

Średnio można przyjąć: $v_d = 0,8 v_s$.

Obserwacje wskazują, że rozkład prędkości na obranej prostej pionowej zależy od kierunku i siły wiatru.

Rys.177 uwidocznie to właśnie:



rys.177.

Krzywa II II daje rozkład prędkości, kiedy nie ma wiatru;

krzywa I I kiedy wiatr dmie przeciwko biegu

wi wody;

krzywa III III, kiedy wiatr dmie w kierunku biegu wody.

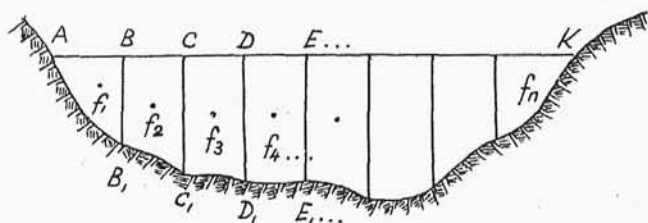
Ciekawa tu jest zależność: wszystkie krzywe wykazują prawie tę samą prędkość średnią i na tej samej głębokości pod swobodną powiechnią.

Niżej w tabelce przytaczamy te głębokości, na których można znaleźć prędkość *ś r e d n i ą* dla obranej pionowej /rys.177/.

Przy głębokości koryta <i>w mtr.</i>	0,0-0,6	0,6-1,2	1,2-1,8	1,8-3,0	> 3,0 m.
Rodzaj koryta	$h_s =$	$h_s =$	$h_s =$	$h_s =$	$h_s =$
bardzo nierówną, usianą dużymi kamieniami.	$0,5h$	$0,56h$	$0,58h$	$0,63h$	$0,67h$
gruby żwir i drob- ne kamienie.	$0,54h$	$0,58h$	$0,62h$	$0,66h$	$0,69h$
drobny żwir i pia- sek	$0,57h$	$0,60h$	$0,65h$	$0,69h$	$0,71h$
bardzo gładkie	$0,61h$	$0,65h$	$0,68h$	$0,70h$	$0,72h$

272. Średnią prędkość w danym przekroju możemy znaleźć w następujący sposób:

Przekrój poprzeczny kanału lub rzeki dzielimy na dostatecznie wąskie części prostymi pionowymi BB, CC, DD , itd. Znajdujemy wartości pól i środki ciężkości poszczególnych figur: $ABB, BB,C,C; CC,D,D$ itd. Niech te pola będą: $f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$.



rys. 173.

Przypuśćmy, że przy pomocy odpowiednich przyrządów, zmierzylismy prędkości w znalezionych środkach ciężkości pól f_1, f_2, f_3 itd. 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:

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

stąd średnia prędkość



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

273. W następnych obliczeniach mieć będziemy do czynienia przede wszystkim z prędkością średnią.

W praktyce ważne znaczenie, prócz tego, mieć będzie prędkość wody przy dnie v_d . Wynika to stąd, że zbyt duża prędkość przy dnie - psuje dno, rozmywając je; zbyt mała - sprzyja osiadaniu 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 jeszcze nie porywa z dna cząstek o tym czy innym wymiarze.

N	Rodzaj podłoża /dno i brzegi/	ϕ ziaren mm	Prędkości	
			przy dnie v_d m/sek	śred. v_s m/sek
1.	Grunt ilasty, glina garncarska	0,1	0,08	0,10
2.	Piasek drobnoziarnisty	0,5	0,15	0,20
3.	Piasek gruboziarnisty albo darnina na płask	1,5	0,30	0,40

N	Rodzaj podłoża /dno i brzegi/	ϕ ziaren mm	Prędkości	
			przy dnie v_d m/sek	średnia v_s m/sek
4.	Żwir	20	0,65	0,90
5.	Kamienie okrągłaki drobne	40	0,75	1,00
6.	Kamienie okrągłaki większe	50 - 80	1,20	1,70
7.	Kamienie okrągłaki duże	200	2,00	2,50
8.	Gлина twarda, albo darnina na kant	—	0,90	1,20
9.	Bruk pojedynczy /jednowarstwowy/	—	1,50	2,00
10.	Bruk podwójny /dwuwarstwowy/	—	2,00	2,50
11.	Mur ceglany na za- prawie cementowej	—	2,50	3,20
12.	Beton, skała twarda	—	3,00	4,00
13.	Kanały /lub rury/ żelazne	—	3,00	4,00
14.	Deski drewniane dobrze dopasowane	—	4,00	5,00

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

Dodać tu jeszcze trzeba: jeśli woda płynąca zawiera lekkie zamącenie i jeśli chcemy usunąć osiadanie na dnie tych mętów, wówczas prędkość przy dnie powinna być $v_d \geq 0,25 \frac{m}{sek}$; jeśli zachodzi obawa osiadania drobnego piasku, unoszonego przez wodę, należy dawać $v_d \geq 0,50 m/sek$.

274. PRZYZRZĄDY DO MIERZENIA PRĘDKOŚCI WODY

W RZEKACH I KANAŁACH.

Przyrządy do tego celu stosowane oparte są na dwóch zasadach: 1/ przyrządy unoszone przez prąd wodny będą to t.zw. p ł y w a k i różnych systemów- oraz 2/ przyrządy ustawione w miejscu, w którym badamy prędkość; pewne organy takich przyrządów są wprowadzone w ruch przez płynącą wodę. Im woda płynie prędzej, tym znaczniejsze działanie prąd wywiera na ustawiony przyrząd. Niżej przytoczone są opisy kilku tylko przyrządów.

275. PŁYWAKI. Tych mamy kilka odmian; ważniejsze są: a/ cienka rurka blaszana $\phi 2,5cm$ w postaci laski, /laska hydrometryczna/, obciążona w dolnej części kawałkami metalu. Rurka taka, utrzymując się w wodzie prawie pionowo, powinna nie dochodzić kilka cm do dna. Prędkość opisanej rurki w przybliżeniu jest równa średniej prędkości na odpowiedniej pionowej. Pomiary, wy-