

Obydwa wzory niezupełnie odpowiadają rzeczywistości: z 1-go wzoru h wypada za duże, z 2-go za małe.



DODATEK.

Ruch burzliwy.

Dla koryt sztucznych są w użyciu następujące wzory:

1/ Elamant dla rur okrągłych żelaznych stosuje wzór:

$$D J = 0,00092 \sqrt[4]{\frac{v^7}{D}}$$

lub

$$J = 0,00092 \frac{v^{7/4}}{D^{5/4}}$$

gdzie D średnica rury, i - spad, v - szybkość wody. Zależności między i , v , D najczęściej są wyrażone zapomocą wykresów.

2/ W Ameryce dla rur drewnianych, zbijanych z klepek i otoczonych żelaznymi obęczami, używa się

WZORU

$$Q = 0,9475 \cdot D^{2,7} \cdot H^{0,555}$$

gdzie H jest wyrażone w promille. We wzorze tym współczynnik chropowatości jest bardzo mały, gdyż ścianki drewniane otaczają się śliską powłoką, przeważnie organicznego pochodzenia, która przeciwstawia mały opór ruchowi cieczy.

Wzór powyższy ważny jest w granicach dla D od 127 do 1415 mm. i chyżości 0,15 do 1,83 m/sek.

3/ Uproszczony wzór Kuttera na współczynnik oporu K brzmi:

$$K = \frac{100\sqrt{r}}{s + r}$$

gdzie $s = 0,25$ do $0,35$ /rury wodociągowe $0,25$, kanałowe $0,35$.

4/ Bazin stosuje wzór:

$$K = \frac{87\sqrt{r}}{s + \sqrt{r}}$$

r - promień hydr. przekroju, s - zależy od materiału.

Ściany z desek hebl. lub gładko wyprawionych cementem $s = 0,06$

Ściany z desek niehebl. z cegły, z kamieni gładk. obrobionych $s = 0,16$

Ściany z kamienia łamanego, mniej gładkie $s = 0,46$

Kanały ziemne, nowe, brukowane	$\mathcal{K} = 0,85$
" " zwykłe z dnem żwirowym	$\mathcal{K} = 1,30$ najczęściej.
Kanały b. nieregularne, zarośnięte, zamulone	$\mathcal{K} = 1,75$

5/ Kutter - Ganguillet podaje wzór

$$K = \frac{\frac{1}{n} + 23 + \frac{0,00155}{2}}{1 + (23 + \frac{0,00155}{2}) \frac{n}{\sqrt{r}}}$$

n analogiczne do \mathcal{K} /z Bazina/. Wartości n są następujące: Koryto z desek b. gładkich, ścian wyprawionych cementem $n = 0,010$ przeciętnie $n \approx 0,013$.

Koryto z desek niehebl. $n = 0,012$ do $0,013$.

Kamień ciosany, dobrze fugowany $n = 0,014$.

" łamany na zaprawie cement $n = 0,017$.

Kanały wykonane z ziemi, bez rumowisk na dnie $n = 0,02$.

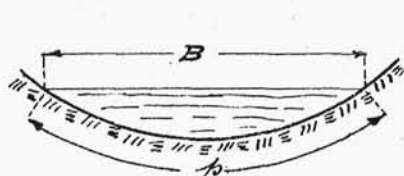
Koryta naturalne.

Regularne koryta rzeczne z drobnym rumowiskiem lub żwirem na dnie $n = 0,025$.

Koryta rzek, mniej regularne z grubym rumowiskiem $n = 0,03$ do $0,035$.

Rzeki górskie, koryta b. nieregularne, duże rumowiska $n = 0,040$.

6/ Hermanek zamiast obwodu zwilżonego ρ , bierze szerokość rzeki B i wprowadza w oblicze-



nie nie promień przekroju

$$r = \frac{F}{\rho} \quad \text{lecz} \quad t = \frac{F}{B}$$

t jest to średnia głębokość $v = k\sqrt{it}$
dla $t \leq 1,5$ m. $k = 30,7\sqrt{t}$

" $1,5 < t < 6,0$

$$k = 34,0 \sqrt[4]{t}$$

" $t > 6$ m.

$$k = 56,2 + 0,5t$$

v obliczone podług Hermaneka jest zwykle nieco za duże, większe niż w rzeczywistości.

7/ Matakiewicz podaje

$$v = \frac{116 i^{0,493 + 10i}}{22 + t^{2/3} + \frac{0,15}{t^2}} \cdot t$$

v wypada zwykle nieco mniejsze, niż w rzeczywistości.

8/ Lindboe ustalił 12 wzorów dla różnych głębokości i rozmaitych stosunków

W użyciu jest to wzór trudny do rozwiązywania, natomiast można stosować graficzne rozwiązanie formuł Lindboe'go, podane na załączonym wykresie, gdzie dla danych $t, i, \frac{t}{B}$ można znaleźć v lub

też odwrotnie dla danego v i t znaleźć i . Wykres Lindboe'go i sposób jego użycia podajemy na osobnej tablicy.

Dla obliczeń prowizorycznych lub w korytach regularnych, szerokich, możemy zastosować wzory

Rühlmann'a lub Tolkmitta.

Wzór Rühlmanna jest następujący:

$$il = h - z + a \left(1 - \frac{\alpha i k^2}{g} \right) \left\{ \psi \left(\frac{a+h}{a} \right) - \psi \left(\frac{a+z}{a} \right) \right\}$$

gdzie $\psi \left(\frac{a+h}{a} \right)$ i $\psi \left(\frac{a+z}{a} \right)$

są to pewne funkcje, podane w odpowiedniej tablicy /str. 136/. Gdy spiętrzenie jest bardzo duże /parę metrów/ i zwierciadło wody na dłuższej przestrzeni prawie poziome, prędkości minimalne - tam wzoru Rühlmanna stosować nie można.

Rzeka San pod Ruką wsią. Przepływ $Q = 1552 \frac{m^3}{s}$.

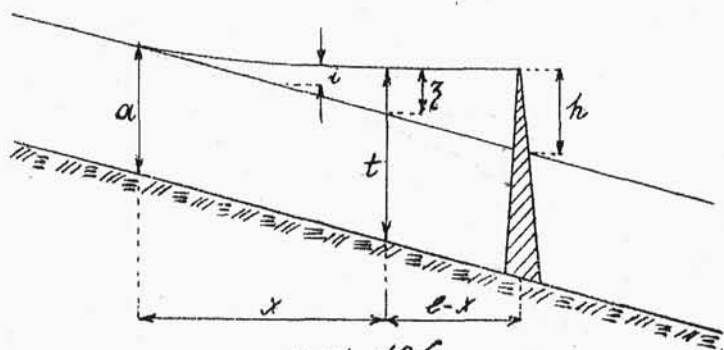
215,80	669	150	4,45	0,03	2,33	0,306	0,73	200	0,75	0,146/	-0,014	0,136	227,500														
216,00	653	148	4,41	0,03	2,38	0,320	0,77	200	0,825	0,154/	-0,034	0,131	227,646/														
216,20	620	146	4,25	0,03	2,50	0,354	0,88	200	0,860	0,172	-0,037	0,135	227,790/														
216,40	589	118	4,99	0,04	2,64	0,391	0,84						227,902														
Odległość pro- filu w km.		Przekrój pro- filu m ² .		Szerokość ko- ryta ℓ m.		Średnia głębo- kość z m.		$\frac{z}{\ell}$		Średnia pręd- kość v m/s		$\frac{v^2}{2g}$		$i\%$		Odległość między profil		Spad średni $\Sigma i\%$		$\Sigma = li$		$\Delta \frac{v^2}{2g}$		$\Delta \Sigma = \Sigma + \Delta \frac{v^2}{2g}$		Rzędna punk- tu .	

TABLICA R U H L M A N N 'a.

$\frac{a+z}{a}$	$\psi\left(\frac{a+z}{a}\right)$	$\frac{a+z}{a}$	$\psi\left(\frac{a+z}{a}\right)$	$\frac{a+z}{a}$	$\psi\left(\frac{a+z}{a}\right)$	$\frac{a+z}{a}$	$\psi\left(\frac{a+z}{a}\right)$
0,10	-0,402	0,82	-1,294	1,01	-2,323	1,20	-1,386
0,20	-0,503	0,83	-1,318	1,02	-2,098	1,22	-1,361
0,30	-0,605	0,84	-1,342	1,03	-1,967	1,25	-1,327
0,40	-0,709	0,85	-1,367	1,04	-1,877	1,30	-1,280
0,45	-0,763	0,86	-1,394	1,05	-1,802	1,35	-1,242
0,50	-0,819	0,87	-1,423	1,06	-1,745	1,40	-1,221
0,55	-0,878	0,88	-1,453	1,07	-1,690	1,45	-1,184
0,60	-0,939	0,89	-1,485	1,08	-1,656	1,50	-1,164
0,65	-1,006	0,90	-1,521	1,09	-1,619	1,60	-1,125
0,70	-1,078	0,91	-1,559	1,10	-1,583	1,70	-1,097
0,72	-1,109	0,92	-1,602	1,11	-1,558	1,80	-1,073
0,74	-1,142	0,93	-1,650	1,12	-1,533	1,90	-1,053
0,75	-1,159	0,94	-1,705	1,13	-1,509	2,00	-1,039
0,76	-1,177	0,95	-1,769	1,14	-1,487	2,25	-1,009
0,77	-1,195	0,96	-1,847	1,15	-1,468	2,50	-0,989
0,78	-1,213	0,97	-1,947	1,16	-1,448	3,00	-0,962
0,79	-1,233	0,98	-2,085	1,17	-1,432	3,50	-0,948
0,80	-1,253	0,99	-2,319	1,18	-1,416	5,00	-0,927
0,81	-1,274	1,00	$= \infty$	1,19	-1,400		

UWAGA:

Zamiast $\frac{a+z}{a}$ i $\psi\left(\frac{a+z}{a}\right)$ również $\frac{a+h}{a}$ i $\psi\left(\frac{a+h}{a}\right)$



Rys. 106.

Woda płynąca ruchem jednostajnym w korycie o przeciętnej głębokości a i spadzie i - zapomocą jazu zostaje

spiętrzona o wysokość h . Powstaje cofka, o linii krzywej, asymptotycznie kończąca się w nieskończoności. Praktycznie za koniec cofki obieramy taką odległość ℓ , gdzie spiętrzenie z jest już bardzo małe, np. $z = 0,05$ czy $0,06$ m. Należy umieć obliczyć tę długość ℓ dla przyjętego z /rys. 106/.

Przykład na zastosowanie wzoru Rühlmann'a.

Mamy rzekę o średniej głębokości $a = 1,347$, spad $i = 0,00015$, szerokość $b = 136$ m.

$v = 0,69$ m/sek., $Q = 126,4$ m³/sek. $h = 48,6$.

Zapomocą jazu spiętrzamy wodę.

O wysokość $h = 1,5$ m.

Zachodzi pytanie, w jakiej odległości powyżej jazu piętrzenie wynosi jeszcze $z = 0,05$ m.

$$\ell i = h - z + a \left(1 - \frac{\ell i k^2}{g}\right) \left\{ \psi\left(\frac{a+h}{a}\right) - \psi\left(\frac{a+z}{a}\right) \right\};$$

$$\frac{\ell i k^2}{g} = 0,042$$

gdzie k /z tablic Bazina/ = 48,6 , $\frac{a+h}{a} = 2,114$; $\psi(2,114)$
z tablic Rühlmanna = - 1,025.

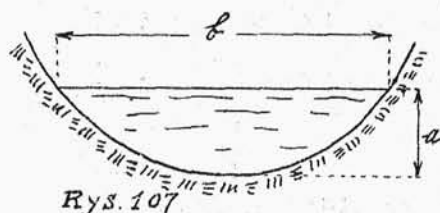
$$\frac{a+z}{a} = 1,037; \quad \psi /1,037/ = - 1,904;$$

$$i = 0,00015, \text{ czyli } 0,00015 \cdot l = 1,5 - 0,05 +$$

$$+ 1,347 \cdot 1,958 / - 1,025 + 1,904 / , \text{ skąd}$$

$$l = 17228 \text{ m.}$$

Tolkmit przyjął za podstawę przekrój koryta paraboliczny, bardziej odpowiadający rzeczywistości, niż prostokątny /rys. 107/.



Równanie paraboli $y^2 = Px$.
gdzie P jest to pewien parametr. Dla $y = \frac{l}{2}$; $x = a$
 $\frac{l^2}{4} = Pa$; $P = \frac{l^2}{4a}$
a ponieważ przekrój

$$F = \frac{2}{3} a b; \quad P = \frac{l^3}{6} \cdot \frac{1}{F}$$

Wzór Tolkmita jest następujący:

$$il = a \left\{ \frac{h \cdot z}{a} - \left(1 - \frac{2ik^2}{g} \right) \left[f\left(\frac{a+h}{a}\right) - f\left(\frac{a+z}{a}\right) \right] \right\}$$

Wzór daje najlepsze rezultaty w wypadku koryt wąskich a głębokich. O ile piętrzenie jest bardzo znaczne stosuje się wzór:

$$il = a \left\{ F\left(\frac{a+h}{a}\right) - F\left(\frac{a+z}{a}\right) \right\}$$

Oznaczenie i, l, a, h, z - są te same, co u

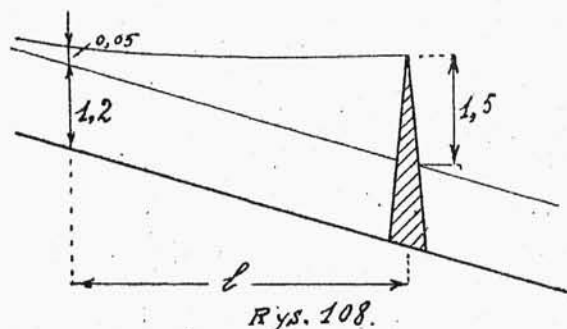
TABLICA TOLKMITTA.

$\frac{a+z}{a}$	$f(\frac{a+z}{a})$	$F(\frac{a+z}{a})$	$\frac{a+z}{a}$	$f(\frac{a+z}{a})$	$F(\frac{a+z}{a})$	$\frac{a+z}{a}$	$f(\frac{a+z}{a})$	$F(\frac{a+z}{a})$
1,00	∞	$-\infty$	1,22	0,235	0,985	1,49	0,111	1,379
1,005	1,107	-0,102	1,23	0,227	1,003	1,50	0,103	1,392
1,01	0,936	0,074	1,24	0,219	1,021	1,55	0,097	1,453
1,015	0,836	0,179	1,25	0,212	1,038	1,60	0,087	1,513
1,02	0,766	0,254	1,26	0,205	1,055	1,65	0,079	1,571
1,025	0,712	0,313	1,27	0,199	1,071	1,70	0,072	1,628
1,03	0,668	0,362	1,28	0,193	1,087	1,75	0,065	1,685
1,035	0,632	0,403	1,29	0,187	1,103	1,80	0,060	1,720
1,04	0,600	0,440	1,30	0,181	1,119	1,85	0,055	1,795
1,045	0,572	0,473	1,31	0,176	1,134	1,90	0,050	1,850
1,05	0,548	0,502	1,32	0,171	1,149	1,95	0,046	1,904
1,06	0,506	0,554	1,33	0,166	1,164	2,00	0,043	1,957
1,07	0,471	0,599	1,34	0,162	1,178	2,10	0,037	2,063
1,08	0,441	0,639	1,35	0,157	1,193	2,20	0,032	2,168
1,09	0,415	0,675	1,36	0,153	1,207	2,30	0,028	2,272
1,10	0,392	0,708	1,37	0,149	1,221	2,40	0,024	2,376
1,11	0,372	0,738	1,38	0,145	1,235	2,50	0,022	2,478
1,12	0,354	0,766	1,39	0,141	1,249	2,60	0,019	2,581
1,13	0,337	0,793	1,40	0,138	1,262	2,70	0,017	2,681
1,14	0,322	0,818	1,41	0,134	1,276	2,80	0,015	2,785
1,15	0,308	0,842	1,42	0,131	1,289	2,90	0,014	2,886
1,16	0,295	0,865	1,43	0,128	1,302	3,00	0,012	2,988
1,17	0,283	0,887	1,44	0,125	1,315	3,05	0,0078	3,292
1,18	0,272	0,908	1,45	0,122	1,328	4,0	0,0052	3,995
1,19	0,262	0,928	1,46	0,119	1,341	4,5	0,0037	4,496
1,20	0,252	0,948	1,47	0,116	1,354	5,0	0,0021	4,937
1,21	0,243	0,967	1,48	0,113	1,367	∞	0	∞

Rühlmann. f i F oznaczają pewne funkcje od $\frac{a+h}{a}$ i $\frac{a+\xi}{a}$, których wielkość podajemy w tabliczce /str.139/, gdzie dla rozmaitych $\frac{a+h}{a}$ względnie $\frac{a+\xi}{a}$ mamy podane odpowiednie wartości funkcji f i F .

PRZYKŁAD. Rzeka o głębokości $a = 1,2$ m., spadzie

$i = 0,0004$ spiętrzona została o wysokość $h = 1,5$ m. /rys. 108/.



Znaleźć odległość l , dla której spiętrzenie

$$\xi = 0,05 \text{ m. } \mathcal{L} = 1,113$$

κ /z tabl. Bazina/ = 40.

$$\frac{a+h}{a} = 2,25, f /2,25/ \text{ z tablicy} = 0,030$$

$$\frac{a+\xi}{a} = 1,042 f /1,042/ = 0,589. \text{ Podstawmy te}$$

wartości we wzór Tolkmitta, wówczas

$$0,0004 l = 1,2 \left\{ \frac{1,45}{1,20} - \left(1 - \frac{1,113 \cdot 0,0004 \cdot 1600}{9,81} \right) (0,030 - 0,589) \right\}$$

skąd $l = 5181$ m. Gdybyśmy wielkości

$$\frac{\mathcal{L} i \kappa^2}{g} = \frac{1,113 \cdot 0,0004 \cdot 1600}{9,81}$$

odrzucili, zakładając, że wysokość hydrauliczna gine na wirach i oporach wówczas będzie $l = 5301$ m.

Zastosujemy teraz wzór skrócony dla dużych głębokości

$$i\ell = a \left\{ \mathcal{F}\left(\frac{a+h}{a}\right) - \mathcal{F}\left(\frac{a-\xi}{a}\right) \right\}$$

$$\frac{a+h}{a} = 2,25; \mathcal{F}(2,25) = 2,22; \frac{a-\xi}{a} = 1,042; \mathcal{F}(1,042) = 0,453$$

więc 0,0004 ℓ - 1,2 / 2,22 - 0,453 / ; $\ell = 5301$ m.

tyle samo co poprzednio z całkowitego wzoru po odrzuceniu $\frac{Li\kappa^2}{g}$.

Przytaczamy tu spis dzieł i czasopism, traktujących o hydrologji.

RYBCZYŃSKI M. Hydrologja.

RYCHTER - "Budownictwo wodne" cz.I.

HANDBUCH - d.Ingenierwissenschaften:Wasserbau.

EKDAHL. Ueber die Bewegung des Wassers.

Encyclopedie des Travuax Publics.

FLAMANT - Hydraulique.

Roczniki biura hydraulicznego /Galicja/.

Beitrage zur Hydrographie der Grosherzogtums
Baden.

KELLER: Weichsel, Memel u.Pregelgebiete.

U.S.Geological Swirey /Ameryka/.

Schweizerische Bauzeitung.

" Wasserwirtschaft.

La Houille blanche.

Geni civil.

Annales d. ponts et chaussees.

Eng.Record /Ameryka N.York/.

Objaśnienie do tablicy Lindboe.

Dla pewnego profilu rzeki o danych t /głębokości średniej/, i /spadzie w ‰/, $\frac{t}{B}$ / B -szerokość rzeki/, określić średnią prędkość przepływu v .

$$\text{np. } t = 1,9 \text{ m}; \quad i = 2,5 \text{ ‰}; \quad \frac{t}{B} = 0,02;$$

Stawiamy jedną nóżkę cyrkla na górnej podziałce w punkcie A , gdzie $t = 1,9$, drugą nóżkę na podziałce J , tam gdzie $i = 2,5$ punkt B , będzie to na lewo od punktu A .

Cyrkiel ten, nie zmieniając rozstawienia nóżek, przenosimy na dolną podziałkę. Jedną nóżkę stawiamy na podziałce $\frac{t}{B}$ w punkcie C , t.j. tam, gdzie $\frac{t}{B} = 0,02$. Wówczas druga nóżka cyrkla trafi na podziałkę v na punkt D , wyznaczający żadaną wartość v ; w naszym wypadku $v = 2,53$ m/sek. O ile dane i było na lewo od odpowiedniego t , wówczas i v należy szukać na lewo od $\frac{t}{B}$.

Z tablicy Lindboego możemy też znajdować i dla danych $\frac{t}{B}$, t , v . Idziemy w odwrotnym niż poprzednio kierunku. Tak np. dla $v = 0,6$; $\frac{t}{B} = 0,03$; $t = 0,8$ znajdujemy spadek $i = 0,464$ ‰.

Objaśnienie do tablicy Slichtera.

Chcąc znaleźć współczynnik κ dla danej porowatości $m = 38\%$, temperatury $t = 10^{\circ}\text{C}$. i średnicy $d = 0,5\text{ mm}$., postępujemy, że łączymy prostą I / $t = 10^{\circ}\text{C}$., $d = 0,5\text{ m/m}$./, następnie łączymy punkt, który nam wyznaczyła ta prosta z podziałką środkową z wartością $m = 38\%$ podziałki 3-iej i przedłużamy do przecięcia się z podziałką 1. Punkt, w którym przetnie ta prosta pierwszą podziałkę, da nam wartość współczynnika przepływu κ

