

Na kilku przykładach pokażemy, jak z powyższych tablic należy korzystać.

306. Przykład XXXII.

Na rzece, której głębokość jest 1,25 m i pochyłość dna $i = 0,00033$, wykonano zaporę, która piętrzy wodę na wysokość 0,8m. Jak daleko od zapory będzie miejsce o spiętrzonem zwierciadle na wysokość 0,05m.

Skorzystamy z równania /172/:

$$h_1 - h_2 = i(x_1 - x_2) + H(1 - \frac{2\alpha i}{\varphi}) \left[\varphi\left(\frac{h_1}{H}\right) - \varphi\left(\frac{h_2}{H}\right) \right]$$

Wielkości ze znacznikiem/1/ niech się odnoszą do przekroju przy zaporze; ze znacznikiem/2/ do szukanego przekroju. Wtedy $H = 1,25$; $i = 0,00033$.

$$h_1 = 1,25 + 0,8 = 2,05; \quad h_2 = 1,25 + 0,05 = 1,30;$$

$$\frac{h_1}{H} = \frac{2,05}{1,25} = 1,64; \quad \varphi(1,64) = 1,113; \quad \frac{h_2}{H} = \frac{1,30}{1,25} = 1,04; \quad \varphi(1,04) = 1,875;$$

$$1 - \frac{2\alpha i}{\varphi} = 1 - \frac{2 \cdot 1,1 \cdot 0,00033}{0,02}$$

/przyjmujemy $\alpha = 1,1$ oraz φ dla koryta w ziemi $= 0,02$ /.

$$1 - \frac{2\alpha i}{\varphi} = 0,964.$$

Po wstawieniu powyższych wartości w równanie przytoczone, otrzymamy:

$$2,05 - 1,30 = 0,00033(x_1 - x_2) + 1,25 \cdot 0,964(1,113 - 1,875)$$

albo, oznaczając $(x_1 - x_2)$ przez x :

$$0,75 = 0,00033x - 1,21 \cdot 0,762,$$

a stąd

$$0,00033x = 0,75 + 1,21 \cdot 0,762 = 0,75 + 0,92 = 1,67$$

$$x = \frac{1,67}{0,00033} = 5060,6 \text{ m,}$$

Zatem w odległości 5,06 km od zapory w górę rzeki, znajdziemy miejsce, gdzie spiętrzenie wynosi 0,05m.

307. Przykład XXXIII.

W strumieniu o głębokości $H = 0,61$ m wybudowano jaz, który spiętrzył wodę o 2,44 m. Znaleźć, jakie otrzymuje się piętrzenie wody w odległości 805 m powyżej jazu, jeśli spadek dna koryta $i = 0,002$.

Spółczynnik $\varphi = 0,006$.

Skorzystamy z równania /172/.

$$h_1 - h_2 = i(x_1 - x_2) + H(1 - \frac{2\alpha i}{\varphi})[\varphi(\frac{h_1}{H}) - \varphi(\frac{h_2}{H})].$$

Wartości, dotyczące przekroju przy jazu zaopatrzymy znacznikiem /1/, w przekroju w odległości 805m powyżej jazu znacznikiem /2/:

Wtedy

$$h_1 = 0,61 + 2,44 = 3,05; \quad i = 0,002; \quad x_1 - x_2 = 805 \text{ m}; \quad H = 0,61 \text{ m};$$

α przyjmijmy = 1; $\varphi = 0,006$; wówczas

$$\frac{h_1}{H} = \frac{3,05}{0,61} = 5; \quad \varphi(\frac{h_1}{H}) = 0,927;$$

h_2 jest szukane /właściwie szukamy $h_2 - H$, t.j. wysokości spiętrzenia ponad normalny stan zwierciadła wody; różnicę $h_2 - H$ łatwo znajdziemy, określwszy h_2 /.

Podstawmy przytoczone wyżej wartości w równanie /172/; otrzymamy:

$$3,05 - h_2 = 0,002 \cdot 805 + 0,61 \left(1 - \frac{2 \cdot 0,002}{0,006} \right) \left[0,927 - \varphi \left(\frac{h_2}{0,61} \right) \right]$$

albo

$$3,05 - h_2 = 1,61 + 0,20 \left[0,927 - \varphi \left(\frac{h_2}{0,61} \right) \right],$$

a dalej

$$3,05 - 1,61 - 0,185 = h_2 - 0,20 \varphi \left(\frac{h_2}{0,61} \right),$$

wreszcie

$$h_2 - 0,2 \varphi \left(\frac{h_2}{0,61} \right) - 1,255 = 0$$

Równanie to możemy rozwiązać tylko dobieraniem h_2 , któreby to równanie spełniało.

Niech np. $h_2 = 1,2\text{m}$;

wtedy

$$\frac{h_2}{H} = \frac{1,2}{0,61} = \sim 2; \quad \varphi(2) = 1,04$$

i lewa strona równania będzie:

$$1,2 - 0,2 \cdot 1,04 - 1,255 = -0,26,$$

zatem wartość 1,2m na h_2 będzie za mała.

Obieramy $h_2 = 1,4$; czyli

$$\frac{h_2}{H} = \frac{1,4}{0,61} = 2,3; \quad \varphi(2,3) = 1,0$$

lewa strona równania będzie:

$$1,4 - 0,2 \cdot 1 - 1,255 = -0,055,$$

zatem wartość 1,4m na h_2 będzie jeszcze za mała.

Obieramy $h_2 = 1,5m$;

$$\frac{h_2}{H} = \frac{1,5}{0,61} = 2,46; \quad \varphi(2,46) = 0,99$$

lewa strona równania będzie:

$$1,5 - 0,2 \cdot 0,99 - 1,255 = +0,047, \text{ zatem}$$

wartość 1,5m na h_2 jest trochę za duża.

Trzebaby dalej obrać 1,45m i sprawdzić, co daje lewa strona równania; postępujemy dalej tak samo, póki nie otrzymamy odpowiedzi z pożądaną dokładnością. Znalazłszy, dajmy na to, wartość $h_2 = 1,46m$, powiemy, że piętrzenie rzeki 805m powyżej jazu ponad poziom pierwotny wyniesie:

$$1,46 - 0,61 = 0,85m,$$

co było do znalezienia.

308. Przykład XXXIV.

W korycie rzeki, która przy znacznej szerokości ma głębokość średnią 1m i pochyłość dna 0,25‰/ $i=0,00025$ /, wykonano pogłębienie dna. Skutkiem tego zwierciadło wody w tym miejscu opadło o 0,225m.

W jakiej odległości od miejsca pogłębienia w gó-

rę rzeki/ zwierciadło opadnie o 0,01m?

Zwróćmy się do równania /172/:

$$h_1 - h_2 = i(x_1 - x_2) + H\left(1 - \frac{2\alpha i}{\varphi}\right)\left[\varphi\left(\frac{h_1}{H}\right) - \varphi\left(\frac{h_2}{H}\right)\right].$$

Wielkości ze znaczkami /2/ niech dotyczą miejsca gdzie pogłębiono dno, - ze znaczkami /1/ niech dotyczą miejsca szukanego.

Zatem w równaniu przyjmujemy:

$$h_1 = 1,0 - 0,01 = 0,99 \text{ m}; \quad h_2 = 1,0 - 0,225 = 0,775 \text{ m}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{h_1}{H} &= \frac{0,99}{1,0} = 0,99; \quad \varphi(0,99) = 2,319 \\ \frac{h_2}{H} &= \frac{0,775}{1,0} = 0,775; \quad \varphi(0,775) = 1,206 \end{aligned} \right\} \text{ z tablicy II}$$

$$1 - \frac{2\alpha i}{\varphi} = 1 - \frac{2 \cdot 1,1 \cdot 0,00025}{0,025} = 0,978$$

wyżej przyjęto: $\alpha = 1,1$; i zadane 0,00025; $\varphi = 0,025$.

Wstawmy te wartości w równanie /172/:
oznaczając $-(x_1 - x_2)$ przez x :

$$0,99 - 0,775 = -0,00025x + 1,0 \cdot 0,978(2,319 - 1,206)$$

$$0,215 = -0,00025x + 0,978 \cdot 1,113,$$

a stąd

$$0,00025x = -0,215 + 1,089 = +0,874,$$

wreszcie

$$x = \frac{0,874}{0,00025} = 3496 \text{ m} .$$

Otrzymaliśmy, że w odległości blisko 3,5 km od pogłębionego miejsca w korycie rzeki zwierciadło wody spadnie o 0,01m.

309. Rozwiązywanie zagadnień, dotyczących nierównomiernego ruchu wody w rzekach, sposobem zastosowanym w przytoczonych wyżej przykładach, jest oparte na równaniu /172/, otrzymanym przy pewnych założeniach, które rzadko się sprawdzają. Np. założono, że głębokość rzeki na całym badanym odcinku jest o. mała w porównaniu z szerokością koryta; że koryto ma przekrój prostokątny; że spadek dna jest stały, że współczynniki na tarcie w korycie są stałe.

Założenie powyższe, dotyczące szczególnie głębokości, nie raz znacznie odbiega od rzeczywistości. Stąd wyniki, otrzymane z obliczenia, mogą się znacznie różnić od rzeczywistych rezultatów. Różnice będą przy tym bardzo znaczne, jeśli koryto rzeki wzdłuż jej osi jest nieregularne i ma zmienne przekroje, tak, iż nie można przyjmować, że przekrój koryta jest jakąś funkcją x - odległości od pewnego stałego początku.

Poniżej wskazany będzie sposób - trochę mozolny-
dania **szukanych odpowiedzi** w warunkach bardziej zbli-
żonych do rzeczywistości.

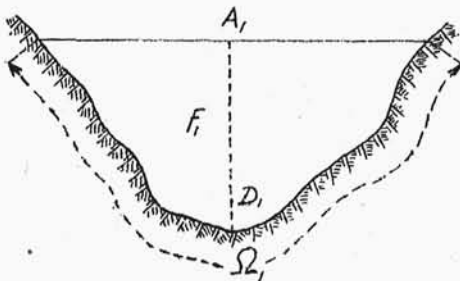
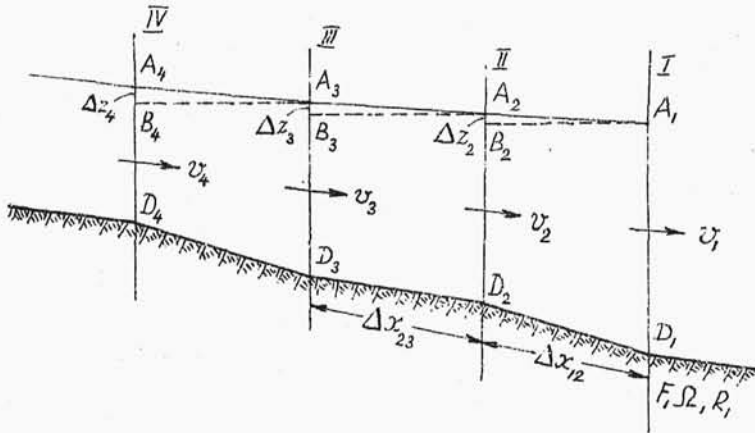
310. Rozpatrzmy taki przypadek w ogólniejszej
postaci. Zagadnienie polegać będzie na tym, aby ka-
nał, lub częściej rzeka, w której woda płynie ruchem
niejednostajnym, przepuszczała określoną ilość wody,
np. $Q \frac{m^3}{sek}$. Niech dno rzeki będzie wykonane ze spadkiem,
wskazany na przekroju podłużnym/rys.203/. Niech wresz-
cie, będziemy w posiadaniu danych potrzebnych do wy-
kreślenia w dowolnym miejscu rzeki przekroju poprzecz-
nego.

Przypuśćmy, że w pewnym przekroju rzeki zwierciad-
ło wody dochodzi do określonego poziomu np. w przekro-
ju I niech zwierciadło sięga punktu A_1 .

Mając dany punkt A_1 , wykreślamy przekrój poprzecz-
ny kanału w miejscu I, obliczamy stąd pole przekroju F_1 ,
oraz obwód zwilżony Ω_1 . Ponieważ Q dla wszystkich prze-
krojów jest wielkością stałą, więc $Q = F_1 \cdot v_1$, gdzie v_1
jest **ś r, e d n i ą** prędkością w przekroju I;
stąd

$$v_1 = \frac{Q}{F_1}.$$

Obierzmy przekrój II w górze rzeki odległy od I
dajmy na to o Δx_{12} , gdzie Δx_{12} jest wielkością dowol-
ną. Przyjmijmy, że zwierciadło wody w tym /II/ prze-
kroju przechodzi przez punkt A_2 , wzięty wyżej nad
poziomem A, B_2 o Δz_2 .



rys.203.

Jeżeli przypadkowo
punkt A_2 został obrany do-
brze, wówczas powinien on
czynić zadość równaniu
/157/, które przepiszemy
w postaci bardziej odpow-
iedniej dla naszego celu,

gdyż teraz mieć będziemy do czynienia z r ó ż n i -
c a m i s k o ń c z o n y m i, a nie z różniczkami.

Równanie /157/ miało postać:

$$dz = d\left(\frac{\alpha v^2}{2g}\right) + \varrho \frac{\Omega}{F} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot dx \quad /a/$$

W równaniu tym zamiast dz wstawimy różnicę pozio-
mów Δz między dwoma sąsiednimi przekrojami, oddalony-
mi od siebie o Δx , które będzie odpowiadało dx w po-
wyższym równaniu. Różniczkę $d\left(\frac{\alpha v^2}{2g}\right)$ zastąpimy różnicą

$$\frac{\alpha v'^2}{2g} - \frac{\alpha v''^2}{2g},$$

gdzie v' i v'' są to prędkości ś r e d n i e w dwóch
sąsiednich przekrojach. Wtedy równanie /a/ otrzyma
zmienioną postać:

$$\Delta z = \frac{\alpha v'^2}{2g} - \frac{\alpha v''^2}{2g} + \varrho \frac{\Omega}{F} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \Delta x \quad /b/$$

W równaniu tym /b/ zastąpmy prędkości v' , v'' przez
wydatek i przekroje: $Q = F' v' = F'' v''$,

$$\text{stąd} \quad v' = \frac{Q}{F'}; \quad v'' = \frac{Q}{F''}.$$

Dalej trzeci wyraz prawej strony równania /b/ zawie-
ra Ω, F, v , które należy uważać jako pewne wartości
średnie między wartościami w dwóch sąsiednich przekro-
jach; napiszemy to: $\Omega = \frac{\Omega' + \Omega''}{2}$,

$$F = \frac{F' + F''}{2} \quad \text{oraz} \quad v = \frac{2Q}{F' + F''}.$$

Wtedy równanie /b/ otrzyma postać:

$$\Delta z = \frac{\alpha}{2g} Q^2 \left(\frac{1}{F'^2} - \frac{1}{F''^2} \right) + \varphi \cdot \frac{\Omega' + \Omega''}{(F' + F'')^3} \cdot \frac{2Q^2 \Delta x}{g} \quad /173/$$

Zastosowanie tego równania będzie następujące.

Obrawszy punkt A_2 /rys.203/, możemy znaleźć pole przekroju F_2 i obwód zwilżony Ω_2 /np.z planu warstwicowego doliny, w której spiętrzona rzeka ma rozlać się/.

Podstawiając w równanie /173/ odpowiednie wartości otrzymamy:

$$\Delta z_2 = \frac{\alpha}{2g} Q^2 \left(\frac{1}{F_1^2} - \frac{1}{F_2^2} \right) + \varphi \cdot \frac{\Omega_1 + \Omega_2}{(F_1 + F_2)^3} \cdot \frac{2Q^2 \Delta x_{12}}{g} \quad /c/$$

Jeżeli punkt A_2 został obrany dobrze, wówczas równanie to byłoby spełnione, to jest prawa strona równania winna być $= \Delta z_2$.

Gdyby się okazało inaczej, należało by odpowiednio zmienić położenie punktu A_2 i znów sprawdzić go równaniem poprzednim.

Postępowanie takie może okazać się dogodnym, jeśli mamy jakieś dane, które by choć w przybliżeniu wskazywały na kształt zwierciadła rzeki. Częściej będzie, jednak, inaczej.

W takim przypadku postępujemy, jak niżej:

311. Przypuśćmy na razie, że prędkości v_1 i v_2 mało się różnią od siebie; wówczas pierwszy wyraz w prawej stronie równania /173/ opuszczamy; następnie przyjmujemy

jemy, że pole przekroju oraz obwód zwilżony na całej długości Δx_{12} jest taki sam, jak w przekroju I. Wówczas

$$\Delta z_2 = \varphi \frac{\Omega_1}{F_1^3} \cdot \frac{Q^2}{2g} \cdot \Delta x_{12} \quad /d/$$

W równaniu tym po stronie prawej wszystko jest znane; zatem znajdziemy Δz_2 .

Przypomnieć należy, że współczynnik $\varphi = \frac{2g}{C^2}$, gdzie C trzeba brać z wzoru Kutter'a i Ganguillet'a - uproszczonego, lub w razie spadków zwierciadła $J < 0,0005$, ze wzoru złożonego.

Znalazwszy przybliżoną wartość Δz_2 , oznaczamy położenie punktu A_2 i jednocześnie położenie zwierciadła wody w przekroju II, wreszcie F_2 i Ω_2 .

Sprawdzamy następnie, jaka się otrzyma wysokość, wyrażona pierwszym wyrazem równania /c/:

$$\frac{\alpha Q^2}{2g} \left(\frac{1}{F_1^2} - \frac{1}{F_2^2} \right).$$

Gdyby ta wysokość otrzymała się dość znaczną, wówczas należy skorzystać z równania /c/, przyjmując dopiero co znalezioną wartość Δz_2 i położenie A_2 - jako pierwsze przybliżenie; otrzymujemy nową wartość $\Delta z'_2$, zmieniamy położenie punktu A_2 na A'_2 . Postępujemy tak samo dalej, póki nie ustalimy z pożądaną dokładnością punktu A_2 .

Po ustaleniu punktu A_2 , przystępujemy do obrania III przekroju w odległości Δx_{23} od II przekroju i szukając Δz_3 w podobny, jak poprzednio wskazany sposób, otrzymamy nowy punkt A_3 zwierciadła i sprawdzamy go równaniem /c/. Ustaliwszy A_3 , przechodzimy do przekroju IV; znajdujemy wysokość Δz_4 .

Postępujemy tak dalej, posuwając się w górę rzeki, póki nie osiągniemy przekrojów, w których prędkości średnie już się przestaną zmieniać.

Będzie to oznaczało, że od tego przekroju w górę rozpoczyna się ruch jednostajny.

312. W przypadku, kiedy w rzece lub w kanale jednostajny ruch wody został zmieniony przez budowę jazu - zapory, spiętrzającej wodę do pewnej wysokości, z góry oznaczonej, zwierciadło wody spiętrzonej można znaleźć według poprzednio podanego sposobu.

W danym przypadku, szczególnie przy małych piętrzeniach, możemy to zwierciadło wykreślić w sposób bardzo prosty, jakkolwiek mało dokładny. Niech pierwotne zwierciadło rzeki lub kanału /przed spiętrzeniem/ będzie AD ze spadkiem jednostkowym $= J = i$; niech, następnie, budowla wodna - jaz - spiętrzy wodę o wyso-

Gdybyśmy mieli wyznaczyć zwierciadło wody w przykładzie poprzednim dokładniej, moglibyśmy postępować tak, jak to było opisane w §310; skorzystalibyśmy tu z przybliżonego kształtu zwierciadła, wykreślonego według poprzednich wskazówek. Przybliżone zwierciadło da możliwość lepszego utrafienia w wyborze położenia punktów A_2, A_3, A_4, \dots

313. RUCH WODY W GRUNCIE.

Woda atmosferyczna, która opada na powierzchnię ziemi, w części wsiąka w grunt i, o ile napotka grunt dla wody łatwo przepuszczalny, opuszcza się coraz niżej, przepływając między ziarnkami gruntu, aż wreszcie dojdzie do takiej warstwy, która dalej wody nie przepuszcza.

Wówczas na powierzchni takiej warstwy nieprzepuszczalnej woda się zbiera, wypełniając zagłębienia i nierówności, utworzone na górnej powierzchni warstwy nieprzepuszczalnej.

Jeśli warstwa nieprzepuszczalna w górnej powierzchni tworzy mniejszą lub większą kotlinę, wtedy woda, podnosząc swój poziom, wypełnia kotlinę; tworzy się w ten sposób zbiornik - basen - z wodą gruntową. Woda