

Wielkość  $A$ , raz obliczona, będzie się później powtarzała bez zmiany.

296. N i e j e d n o s t a j n y t r w a ł y r u c h  
w k a n a ł a c h i r z e k a c h .

W art. 278, w którym badaliśmy ruch wody w przypadku ogólnym, otrzymaliśmy równanie ruchu w postaciach:

$$dz = d\left(\frac{\alpha v^2}{2g}\right) + \varphi \frac{\Omega}{F} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot dx \quad /157/$$

$$J = \frac{d}{dx}\left(\frac{\alpha v^2}{2g}\right) + \varphi \frac{\Omega}{F} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad /158/$$

albo

$$J dx = d\left(\frac{\alpha v^2}{2g}\right) + \varphi \frac{\Omega}{F} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot dx \quad /158a/$$

oraz

$$i - \frac{dh}{dx} = \frac{d}{dx}\left(\frac{\alpha v^2}{2g}\right) + \varphi \frac{\Omega}{F} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad /159/$$

$$i dx = dh + d\left(\frac{\alpha v^2}{2g}\right) + \varphi \frac{\Omega}{F} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot dx \quad /159a/$$

albo

Każde z tych równań da się scałkować, jeśli przy zadanym wydatku  $Q$  będziemy mieli  $F, \Omega, \varphi$  wyrażone w funkcji  $x$ . Zależności te możemy mieć dla kanałów sztucznych o przekrojach regularnych; dla rzek jednak naturalnych takich zależności nie uda się wyznaczyć.

297. Dla przykładu przypuśćmy, że mamy kanał p r o s t o k ą t n y o s t a ł e j szerokości  $b$  i stałym spadku dna  $i$ . Głębokość  $h$  tego kanału - przy ruchu wody niejednostajnym - będzie, oczywiście, zmienna. Przyjmij-

my jeszcze, że we wszystkich przekrojach głębokość  $h$  jest b a r d z o m a ł a wobec szerokości  $b$ .

Skorzystajmy z równania /159a/

$$i dx = dh + d\left(\frac{\alpha v^2}{2g}\right) + \rho \frac{\Omega}{F} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot dx.$$

Jeżeli w naszym kanale mamy wydatek  $Q$   $\frac{m^3}{sek}$ , wtedy w przekroju  $F$ , obranym w odległości  $x$  od pewnego początku, będzie prędkość:

$$v = \frac{Q}{F}$$

następnie znajdujemy:

Przekrój kanału  $F = h \cdot b$  ; obwód zwilżony  $\Omega = b + 2h$  , albo, ponieważ  $b \gg h$  , można przyjąć, że  $\Omega = b$  .

Wówczas równanie przybierze postać:

$$i dx = dh + \frac{\alpha}{2g} \cdot d\frac{Q^2}{b^2 h^2} + \frac{\rho}{2g} \cdot \frac{Q^2}{b^2 h^3} dx ,$$

albo

$$i dx = dh - \frac{\alpha}{g} \cdot \frac{Q^2}{b^2} \cdot \frac{dh}{h^3} + \frac{\rho}{2g} \cdot \frac{Q^2}{b^2 h^3} dx .$$

Rozdzielmy zmienne  $x$  i  $h$  , otrzymamy

$$\left(i - \frac{\rho}{2g} \cdot \frac{Q^2}{b^2 h^3}\right) dx = dh \left(1 - \frac{\alpha Q^2}{g b^2 h^3}\right),$$

a stąd

$$dx = \frac{1 - \frac{\alpha Q^2}{g b^2 h^3}}{i - \frac{\rho}{2g} \cdot \frac{Q^2}{b^2 h^3}} \cdot dh \quad /167/$$

Po scałkowaniu otrzymamy równanie linii zwierciadła; równanie to pozwoli wyznaczyć głębokość wody w kanale w różnych przekrojach.

298. Rozważmy bliżej równanie /167/, obierając następujące warunki ruchu w badanym kanale: na pewnym odcinku tego kanału, posiadającego przekrój prostokątny stale o szerokości  $b$  i o spadku dna  $i$  niech zachodzi ruch *j e d n o s t a j n y*, przy czym głębokość wody niech tu będzie  $H$ . Dopiero od pewnego miejsca tego kanału niech rozpocznie się ruch *n i e j e d n o s t a j n y*, a to z powodu takiej czy innej przeszkody. Wydatek kanału zarówno w tej jego części, gdzie jest ruch jednostajny jak i tu, gdzie zachodzi ruch niejednostajny, niech będzie ten sam  $Q$ .

Dla ruchu *j e d n o s t a j n e g o* w kanale prostokątnym o szerokości  $b$ , głębokości  $H$  i spadku dna  $i$  /również zwierciadła/ znamy zależność:

$$Q = v \cdot b \cdot H \quad /a/$$

zaś z równania /162/ mamy:

$$i = \rho \frac{\Omega}{F} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{Ponieważ } F = bH, \text{ zaś } \Omega = b + 2H = \sim b$$

/gdyż  $H$  jest, jak poprzednio założyliśmy, bardzo małe w porównaniu z  $b$  / , więc równanie /162/ napiszemy w postaci:

$$i = \rho \frac{v^2}{2gH} \quad /b/$$

Z równań /a/ i /b/ wyrugujmy  $v$ , podnosząc równa-

nie /a/ do kwadratu i dzieląc je po tym stronomi przez równanie /b/. Otrzymamy

$$\frac{Q^2}{i} = \frac{2g}{\varphi} b^2 H^3,$$

a stąd

$$\frac{Q^2}{b^2} = \frac{2gi}{\varphi} H^3 \quad /c/$$

Zwróćmy się teraz do równania /167/, w którym  $\frac{Q^2}{b^2}$  zastąpimy wartością z /c/; znajdziemy wówczas:

$$dx = \frac{1 - \frac{2\alpha i}{\varphi} \frac{H^3}{h^3}}{i - i \frac{H^3}{h^3}} dh,$$

a stąd

$$\frac{dh}{dx} = i \frac{1 - \frac{H^3}{h^3}}{1 - \frac{2\alpha i}{\varphi} \frac{H^3}{h^3}} \quad /168/$$

Jest to równanie różniczkowe linii zwierciadła wody, płynącej w kanale ruchem niejednostajnym.

Wartości  $\frac{dh}{dx}$  zależą, jak widzimy, od stosunku  $\frac{H}{h}$ , albo, co będzie dogodniej, od stosunku  $\frac{h}{H}$  oraz od wielkości  $\frac{2\alpha i}{\varphi}$ , zależnej od rodzaju i spadku dna kanału.

299. Mogą tu zachodzić różne przypadki.

Przede wszystkim niech w mianowniku  $\frac{2\alpha i}{\varphi}$  będzie mniejsze od 1, czyli  $\frac{2\alpha i}{\varphi} < 1$ , albo

$$i < \frac{\varphi}{2\alpha}$$

Według Bazin'a  $\varphi$  należy obierać dla kanału, którego dno i boki są:

1/ Gładko wyprawione zaprawą cementową	$\varphi = 0,0030$
2/ murowane z cegły lub wykonane z tarcic	$\varphi = 0,0037$
3/ z kamienia ciosowego	$\varphi = 0,0065$
4/ w ziemi	$\varphi = 0,0120$

Przyjmując na  $\alpha$  wartość 1,1, otrzymamy, że w założonym przypadku  $\frac{2\alpha i}{\varphi}$  będzie mniejsze od jedności, kiedy spadek kanału jest niewiększy

niż 1:730 dla kanału podanego wyżej pod 1/

1:590 " " " " " 2/

1:338 " " " " " 3/

1:183 " " " " " 4/

Niech więc  $\frac{2\alpha i}{\varphi} < 1$ , albo  $i < \frac{\varphi}{2\alpha}$ .

Zwróćmy się do równania /168/

$$\frac{dh}{dx} = i \frac{1 - \frac{H^3}{h^3}}{1 - \frac{2\alpha i}{\varphi} \cdot \frac{H^3}{h^3}}$$

Niech w tym równaniu prócz warunku:  $\frac{2\alpha i}{\varphi} < 1$  jeszcze mianownik będzie ujemny, t.j., że  $\frac{2\alpha i}{\varphi} \cdot \frac{H^3}{h^3} > 1$  albo

$$\frac{H^3}{h^3} > \frac{1}{\frac{2\alpha i}{\varphi}}$$

Ponieważ wyżej przyjęliśmy, że  $\frac{2\alpha i}{\varphi} < 1$ , więc  $\frac{H^3}{h^3}$  jest  $> 1$ , a więc i licznik prawej strony równania /168/ jest też ujemny.

Zatem w danym przypadku  $\frac{dh}{dx}$  będzie dodatnie, t.j. głębokość  $h$  wody będzie wzrastać w kierunku biegu wody.

Kiedy  $h$ , wzrastając, osiągnie wartość krytyczną  $h_k$ , czyniącą zadość warunkowi:

$$1 - \frac{2\alpha i}{\varphi} \cdot \frac{H^3}{h_k^3} = 0,$$

wówczas  $\frac{dh}{dx} = \infty$ .

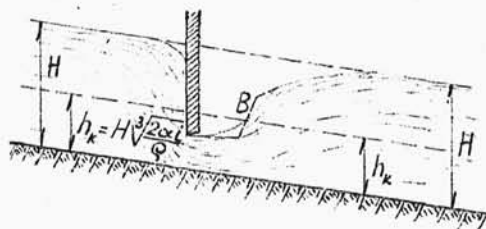
Zwierciadło wody w tym miejscu otrzyma kierunek pionowy; będzie to zjawisko, nazwane odskokiem, które nastąpi teoretycznie wtedy, kiedy głębokość wody w kanale przybierze wartość krytyczną  $h_k$ , otrzymaną z warunku:

$$1 = \frac{2\alpha i}{\varphi} \cdot \frac{H^3}{h_k^3},$$

albo

$$h_k = H \sqrt[3]{\frac{2\alpha i}{\varphi}} \quad /169/$$

Przykład utworzenia się podskoku wskazany jest na rys.197. Woda wypływa tu z pod stawidła warstwą, której grubość jest mniejsza niż głębokość krytyczna, otrzymana z równania



/169/

W pewnej odległości

rys.197.

od stawidła, kiedy podnoszące się zwierciadło osiągnie wysokość  $h_k$  nad dnem w miejscu  $B$ , wówczas zwierciadło gwałtownie podnosi się prawie pionowo, aby po tym stopniowo podnosić się do osiągnięcia głębokości  $H$ .

300. Inny przypadek będzie wówczas, kiedy przy istnieniu warunku, jak poprzednio /art.299/

$$i < \frac{\varrho}{2\alpha},$$

mamy jeszcze warunek, że cały czas na pewnym odcinku  $H > h$ .

W tym przypadku licznik prawej strony równania /168/ będzie ujemny. Mianownik zaś będzie dodatnim, póki  $\frac{2\alpha i}{\varrho} \cdot \frac{H^3}{h^3} < 1$ , albo  $h > H \sqrt[3]{\frac{2\alpha i}{\varrho}}$ .

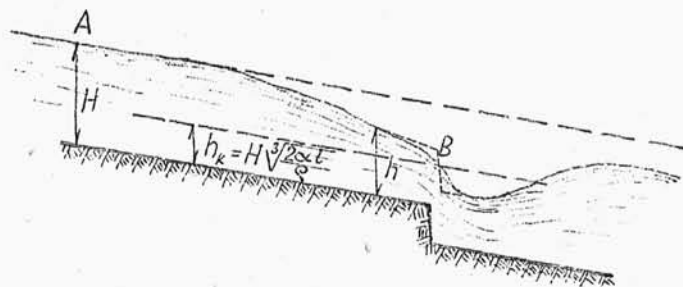
Oznacza to, że jak długo będzie  $h > H \sqrt[3]{\frac{2\alpha i}{\varrho}}$ , mianownik będzie dodatni; wtedy stosunek  $\frac{dh}{dx}$  będzie ujemny, czyli, że na tym odcinku zwierciadło wody będzie się obniżać.

Po obniżeniu się do głębokości  $h_k$ , która odpowie warunkowi

$$h_k = H \sqrt[3]{\frac{2\alpha i}{\varrho}},$$

wówczas mianownik prawej strony równania /168/ staje się zerem i  $\frac{dh}{dx} = \infty$ , czyli że zwierciadło przybiera /teoretycznie/ kierunek p i o n o w y i dalej zwierciadło obniża się.

Tego rodzaju przypadek zachodzi np., kiedy dno kanału doznaje gwałtownego obniżenia, jak to jest pokazane na rys.198.



rys.198.

Zwierciadło wody od A do B obniża się; gdy przy B głębokość  $h$  stanie się  $h_k = H \sqrt[3]{\frac{2\alpha i}{S}}$ , wówczas następuje szybszy spadek zwierciadła /teoretycznie - pionowy/.

Gwałtowne obniżenie dna, powodujące zwiększenie prędkości na odcinku kanału AB, może być dla koryta kanału niebezpieczne przez rozmywanie dna powyżej miejsca obniżenia w górę kanału.

301. Trzeci przypadek, ważny w praktyce, nastąpi wówczas, kiedy, jak przed tym

$$i < \frac{S}{2\alpha} \quad \text{oraz} \quad h > H \quad \text{czyli,}$$

kiedy głębokość wody wzrasta.

W tym przypadku zarówno licznik jak i mianownik



prawej strony równania /168/ są dodatnie, zatem stosunek  $\frac{dh}{dx}$  również będzie  $> 0$ .

Stosunek ten

$$\frac{dh}{dx} = i \frac{1 - \frac{H^3}{h^3}}{1 - \frac{2\alpha i}{g} \cdot \frac{H^3}{h^3}} = i \frac{h^3 - H^3}{h^3 - \frac{2\alpha i}{g} H^3}$$

w dół kanału /rzeki/, kiedy  $h$  z n a c z n i e w z r o ś -  
n i e , możemy w granicy przedstawić, jako

$$\frac{dh}{dx} = i$$

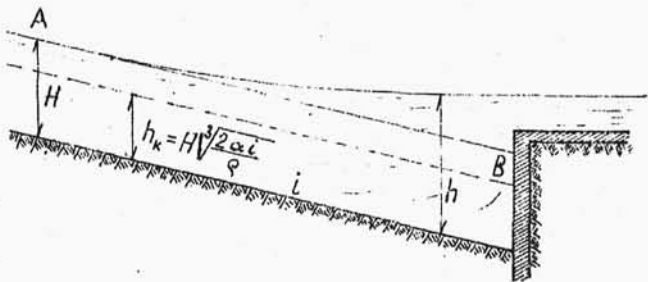
to znaczy wzrost głębokości jest równy spadkowi dna, in-  
nymi słowy, wzrost głębokości jest uwarunkowany tylko  
spadkiem dna, a stąd wynika, że zwierciadło wody staje  
się poziome.

Rozważając stosunek  $\frac{dh}{dx}$  - w górę kanału /rzeki/ zoba-  
czymy, że ponieważ  $h$  maleje, dążąc do wartości  $H$ , więc  
w granicy  $\frac{dh}{dx} = 0$ , czyli że głębokość wody w kanale prze-  
staje się zmieniać i zwierciadło wody staje się styczne  
do płaszczyzny  $AB$ , poprowadzonej równolegle do dna na  
wysokości  $H$ .

Przypadek powyższy zachodzić będzie, kiedy na rze-  
ce wybudowana będzie zapora, przeznaczona do podniesie-  
nia w przekroju  $B$  pozioma wody /rys.199/.

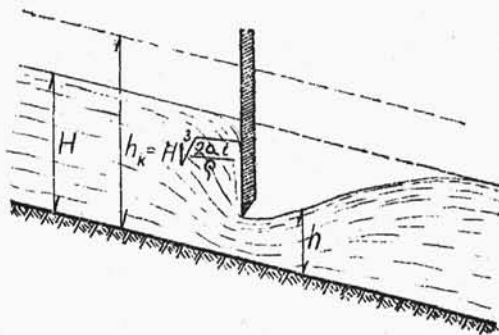
302. Następna grupa przypadków zajdzie wtedy, kiedy  $\frac{2\alpha i}{\varphi} > 1$ , t.j. kiedy  $i > \frac{\varphi}{2\alpha}$  /wartości  $\varphi$  patrz w art.299/.

Niech jednocześnie z poprzednim warunkiem będzie  $h < H$ . Wówczas w prawej stro-



rys.199.

nie równania /168/ licznik i mianownik będą wielkościami ujemnymi, stosunek zaś  $\frac{dh}{dx}$  będzie  $> 0$ , to oznacza, że głębokość z biegiem wody wzrasta. Ponieważ jednocześnie wartość bezwzględna licznika  $1 - \frac{H^3}{h^3}$  rośnie wolniej niż odpowiednia wartość mianownika  $1 - \frac{2\alpha i}{\varphi} \cdot \frac{H^3}{h^3}$ , więc stosunek  $\frac{dh}{dx}$  dąży do zera, czyli że zwierciadło wody w dół kanału /rzeki/ zbliża się do płaszczyzny równoległej do dna. Przypadek ten zajdzie np., kiedy woda wypływa spod stawidła /rys.200/, kiedy spadek dna kanału jest  $i > \frac{\varphi}{2\alpha}$  /odmiennie niż to być w art.299,300 i 301, gdzie  $i < \frac{\varphi}{2\alpha}$ /. W tym przypadku głębokość krytyczna  $h_k$  będzie  $> H$ .



rys.200.

303. Następny przypadek z tej grupy /kiedy  
Hydraulika 259.

$i > \frac{\varphi}{2\alpha}$  / znajdzie przy warunkach

$$i > \frac{\varphi}{2\alpha} \quad \text{oraz} \quad h > H.$$

Wówczas stosunek  $\frac{dh}{dx}$ , określony z równania /168/ będzie ujemny, gdyż licznik  $1 - \frac{H^3}{h^3}$  przy  $h > H$  jest dodatni, zaś mianownik

$$1 - \frac{2\alpha i}{\varphi} \cdot \frac{H^3}{h^3}$$

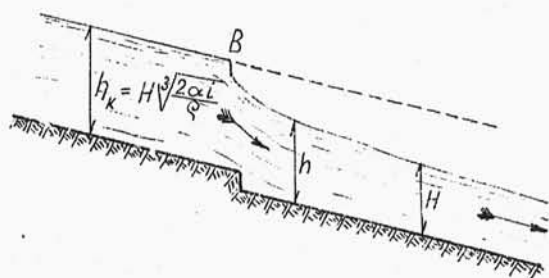
będzie ujemny, jednak tak długo, póki

$$1 < \frac{2\alpha i}{\varphi} \cdot \frac{H^3}{h^3},$$

albo póki  $h < H\sqrt[3]{\frac{2\alpha i}{\varphi}}$ , t.j. póki  $h < h_k$ .

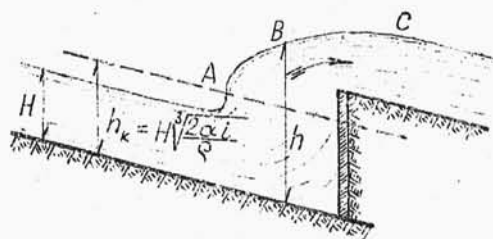
Zatem na tym odcinku kanału, gdzie  $h < H\sqrt[3]{\frac{2\alpha i}{\varphi}}$ , stosunek  $\frac{dh}{dx}$  jest ujemny; oznacza to, że tu głębokość wody maleje. Kiedy w miarę zmniejszania się głębokości  $h$ , ta ostatnia przybierze wartość  $= H$ , wtedy licznik staje się zerem, zatem  $\frac{dh}{dx} = 0$ , czyli że głębokość wody nie zmienia się, a więc zwierciadło będzie równoległe do dna. Badając następnie zwierciadło w górę biegu rzeki, gdzie  $h$  rośnie, widzimy, że, kiedy  $h$  stanie się  $= h_k = H\sqrt[3]{\frac{2\alpha i}{\varphi}}$ , wówczas mianownik staje się  $= 0$  i w tym miejscu  $\frac{dh}{dx} = \infty$ , t.j. tu zwierciadło wody przybiera w pewnym miejscu  $B$  położenie pionowe /teoretycznie/.

Przypadek ten zajdzie w razie, kiedy przekrój podłużny rzeki będzie utworzony jak na rys.201.



rys.201

304. Wreszcie rozpatrzmy jeszcze jeden przypadek, kiedy przy  $\frac{2\alpha i}{g} > 1$ , t.j. przy  $i > \frac{g}{2\alpha}$  jeszcze  $h > H \sqrt[3]{\frac{2\alpha i}{g}}$ . Wówczas stosunek  $\frac{dh}{dx}$  z równania/168/będzie dodatni, t.j. głębokość wody z biegiem rzeki/B-C/rośnie, w górę rzeki zaś /B-A/maleje, wreszcie, kiedy stanie się  $h = h_k = H \sqrt[3]{\frac{2\alpha i}{g}}$ , wówczas  $\frac{dh}{dx} = \infty$  i zwierciadło wody przy A otrzymuje położenie pionowe, jak to jest pokazane na rys.202.



rys.202.

305. Wróćmy do równania /168/

$$\frac{dh}{dx} = i \frac{1 - \frac{H^3}{h^3}}{1 - \frac{2\alpha i}{\varphi} \cdot \frac{H^3}{h^3}}$$

scałkujemy to równanie; po scałkowaniu otrzymamy równanie zwierciadła rzeki spiętrzonej.

Zmieńmy w równaniu wyrazy z  $\frac{H}{h}$  na  $\frac{h}{H}$ , otrzymamy:

$$\frac{dh}{dx} = i \frac{\frac{h^3}{H^3} - 1}{\frac{h^3}{H^3} - \frac{2\alpha i}{\varphi}}$$

Oznaczmy  $\frac{h}{H} = m$  albo  $h = mH$ ; ponieważ  $h$  jest zmienne zależne od  $x$ ,  $H$  zaś jest stałe, zatem  $m$  będzie wielkością zmienną, zależną od  $x$ .

Jeśli więc  $h = mH$ , po zróżniczkowaniu znajdziemy  $dh = Hdm$ . Po wstawieniu w równanie zmienione

/168/  $\frac{h}{H} = m$  oraz  $dh = Hdm$  otrzymamy:

$$H \frac{dm}{dx} = i \frac{m^3 - 1}{m^3 - \frac{2\alpha i}{\varphi}},$$

a po rozdzieleniu zmiennych  $m$  i  $x$  będzie:

$$\frac{i}{H} dx = dm \frac{m^3 - \frac{2\alpha i}{\varphi}}{m^3 - 1}$$

albo

$$\frac{i}{H} dx = dm \left( 1 + \frac{1 - \frac{2\alpha i}{\varphi}}{m^3 - 1} \right),$$

a po scałkowaniu

$$\frac{i}{H} x = m + \left( 1 - \frac{2\alpha i}{\varphi} \right) \int \frac{dm}{m^3 - 1} + const.$$

Pozostaje teraz znaleźć całkę  $\int \frac{dm}{m^3-1}$ .

Dostrzegamy, że ułamek  $\frac{1}{m^3-1}$  można przedstawić w postaci:

$$\frac{1}{3} \cdot \frac{1}{m-1} - \frac{1}{3} \cdot \frac{m+2}{m^2+m+1};$$

drugi zaś ułamek  $\frac{m+2}{m^2+m+1}$  w postaci:

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{2m+1}{m^2+m+1} + \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{m^2+m+1},$$

tak, iż

$$\frac{1}{m^3-1} = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{m-1} - \frac{1}{6} \cdot \frac{2m+1}{m^2+m+1} - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{m^2+m+1},$$

a wtedy:

$$\int \frac{dm}{m^3-1} = \frac{1}{3} \int \frac{dm}{m-1} - \frac{1}{6} \int \frac{(2m+1)dm}{m^2+m+1} - \frac{1}{2} \int \frac{dm}{m^2+m+1}.$$

Pierwsza całka

$$\int \frac{dm}{m-1} = \lg_n(m-1);$$

druga:

$$\int \frac{(2m+1)dm}{m^2+m+1} = \lg_n(m^2+m+1);$$

trzecia całka:

$$\int \frac{dm}{m^2+m+1} = \int \frac{d(m+\frac{1}{2})}{(m+\frac{1}{2})^2+\frac{3}{4}} = \int \frac{dr}{r^2+s^2},$$

jeśli oznaczymy chwilowo  $m+\frac{1}{2}$  przez  $r$  oraz  $\frac{\sqrt{3}}{2}$  przez  $s$ .

Ponieważ

$$\int \frac{dr}{r^2+s^2} = \frac{1}{s} \operatorname{arctg} \frac{r}{s},$$

zatem

$$\int \frac{dm}{m^2+m+1} = \frac{2}{\sqrt{3}} \operatorname{arctg} \frac{2m+1}{\sqrt{3}}.$$

Wówczas:

$$\int \frac{dm}{m^3-1} = \frac{1}{3} \lg_n(m-1) - \frac{1}{6} \lg_n(m^2+m+1) - \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} \operatorname{arctg}\left(\frac{2m+1}{\sqrt{3}}\right) =$$

$$= \frac{1}{6} \lg_n \frac{(m-1)^2}{m^2+m+1} - \frac{1}{\sqrt{3}} \operatorname{arctg}\left(\frac{2m+1}{\sqrt{3}}\right) = -\frac{1}{6} \lg_n \frac{m^2+m+1}{(m-1)^2} - \frac{1}{\sqrt{3}} \operatorname{arctg}\left(\frac{2m+1}{\sqrt{3}}\right).$$

Wobec tego:

$$\frac{i}{H} x = m - \left(1 - \frac{2\alpha i}{\xi}\right) \left[ \frac{1}{6} \lg_n \frac{m^2+m+1}{(m-1)^2} + \frac{1}{\sqrt{3}} \operatorname{arctg} \frac{2m+1}{\sqrt{3}} \right] + \text{const.} \quad /170/$$

Wyraz zawarty w nawiasie [ ] jest zależny od  $m$ , jest zatem funkcją  $m$ ; oznaczmy go przez  $\varphi(m)$  albo  $\varphi\left(\frac{h}{H}\right)$ , otrzymamy wtedy:

$$\frac{i}{H} x = \frac{h}{H} - \left(1 - \frac{2\alpha i}{\xi}\right) \varphi\left(\frac{h}{H}\right) + C'$$

albo

$$ix = h - H\left(1 - \frac{2\alpha i}{\xi}\right) \varphi\left(\frac{h}{H}\right) + C'',$$

skąd

$$h = ix + H\left(1 - \frac{2\alpha i}{\xi}\right) \varphi\left(\frac{h}{H}\right) + C \quad /171/$$

Niech  $h_1$  i  $h_2$  oznaczają głębokości kanału /rzeki/ w przekrojach obranych w odległości  $x_1$  i  $x_2$  od pewnego początku, wówczas:

$$h_1 - h_2 = i(x_1 - x_2) + H\left(1 - \frac{2\alpha i}{\xi}\right) \left[ \varphi\left(\frac{h_1}{H}\right) - \varphi\left(\frac{h_2}{H}\right) \right] \quad /172/$$

Dla ułatwienia korzystania z tego wzoru niżej podane są dwie tablice, w których dla różnych stosunków  $\frac{h}{H}$  podana jest wartość funkcji  $\varphi\left(\frac{h}{H}\right)$ .

W tablicy pierwszej mamy  $\frac{h}{H} > 1$ , kiedy zatem głębokość rzeki wzrasta. W tablicy drugiej mamy  $\frac{h}{H} < 1$ , kiedy głębokość rzeki maleje.

Tablica I. ( $h > H$ )

$\frac{h}{H}$	$\varphi(\frac{h}{H})$	$\frac{h}{H}$	$\varphi(\frac{h}{H})$	$\frac{h}{H}$	$\varphi(\frac{h}{H})$	$\frac{h}{H}$	$\varphi(\frac{h}{H})$
1,000	$\infty$	1,020	2,098	1,10	1,587	2,2	1,015
1,001	3,090	1,025	2,025	1,15	1,468	2,5	0,989
1,002	2,860	1,030	1,966	1,20	1,387	3,0	0,963
1,003	2,725	1,036	1,908	1,30	1,280	4,0	0,939
1,004	2,629	1,044	1,843	1,40	1,211	5,0	0,927
1,005	2,555	1,050	1,803	1,50	1,162	7,0	0,915
1,007	2,445	1,056	1,763	1,60	1,125	10,0	0,911
1,010	2,326	1,060	1,745	1,70	1,096	15,0	0,909
1,012	2,266	1,070	1,697	1,80	1,073	20,0	0,908
1,015	2,192	1,080	1,656	2,00	1,039	30,0	0,907

Tablica II. ( $h < H$ )

$\frac{h}{H}$	$\varphi(\frac{h}{H})$	$\frac{h}{H}$	$\varphi(\frac{h}{H})$	$\frac{h}{H}$	$\varphi(\frac{h}{H})$	$\frac{h}{H}$	$\varphi(\frac{h}{H})$
1,000	$\infty$	0,985	2,183	0,85	1,367	0,40	0,709
0,999	3,090	0,980	2,085	0,80	1,253	0,35	0,656
0,998	2,859	0,975	2,009	0,75	1,159	0,30	0,605
0,997	2,723	0,970	1,946	0,70	1,078	0,25	0,553
0,996	2,628	0,960	1,847	0,65	1,006	0,20	0,503
0,995	2,552	0,950	1,769	0,60	0,939	0,15	0,453
0,994	2,491	0,940	1,705	0,55	0,877	0,10	0,402
0,992	2,395	0,920	1,602	0,50	0,819	0,05	0,352
0,990	2,319	0,900	1,522	0,45	0,763	0,00	0,302



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 spiętrzonym zwierciadle na wysokość 0,05m.

Skorzystamy z równania /172/:

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

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  $\varphi$  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  $x$ :

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