





*Wrocław*

*Obrachowanie przepływu wody przez jamy  
szluzy i upusty,  
według nowej metody Wexa;*

*oraz*

*wykreślony sposób zastosowania tej metody;*

*podaje*

*J. Rychter*

*Professor c.k. szkoły politechnicznej.*

*Lwów 1890.*

*Nakładem Fr. Barańskiego.*



III 16 567

## Wstęp.

Wiadomo powszechnie, że wzory jakie posiadamy na objętość przepływu przez jarz przelewowe, są bardzo niedokładne. Opierają się one na zasadach przyjętych dla wypływu wody z naczyn przez otwory, a więc na równoległości nici, równoległości warstw i na innych założeniach, których fałszywość, odnośnie do ruchu wody w rzeckach i kanałach, poznajemy z najprostszych spostrzeżeń.

Z tego też powodu, wzory te zawierają zawsze współczynniki wyprowadzone z doświadczeń, i mający znaczenie poprawki. Wartość jego jest sama przez się na 15 do 20% niepewna; a nadto mamy około 20<sup>tych</sup> wzorów rozmaitych autorów, które, zastosowane do tego samego przypadku, dają wyniki różniące się często na 50%.

W takich warunkach, rozstrzygnięcie sporów w sprawach wodnych, odnośnie do wysokości spiętrzenia, do objętości przepływu i t. p. pytań bywa wręcz niemożliwe. Budując jarz, nie jesteśmy pewni wysokości spiętrzenia, którą osiągniemy; wyprowadzając kanał z spiętrzonej rzeki powyżej jaru, nie mamy pewnego sposobu, aby wprowadzić do niego żądaną objętość wody.

Wiemy, że niedosyć jest zachować przekrój kanału i spadek według rachunku, aby kanał przy danym stanie wody spiętrzonej w rzece, przeprowadzał rzeczywiście żądaną objętość. Ząd pochodzi wyzycaj, że z początku rozszerzamy przekrój kanału, albo nadajemy mu spadek większy od ogólnego spadku strzymanego z rachunku. O wiele zaś należy powiększyć przekrój lub spadek, tego wcale powiedzieć nie umiemy. Ządodzi zatem nagłaćca potrzeba udoskonalenia odnośnych rachunków.

W roku 1888 ogłosił radca Gustaw Wex hydrodynamikę, w której podaje nowe wzory na objętość przepływu przez jarz, szlury i upusty. Przy wywodach swoich, autor nie zmienia w niczem przyjmowanych dotychczas zasad; - wszczem - zastosowanie ich znaczenie rozszerza, ale zato określa w ten sposób wpływ kształtu przyróżtków, wysokości i kształtu jaru, prędkości wody odpływającej i innych czynników dotychczas pomijanych; a co najważniejsze, podaje autor nowy sposób wyrachowania straty spadku, powstającej wskutek oporów przy wejściu wody z rzeki do kanału, przez otwarta szlury i upusty. Opierając się wreszcie na nowych doświadczeniach mało jeszcze znanych, a wcale nie spżytkowanych w literaturze, układa autor wyrachowania na nowe współczynniki dla swoich wzorów.

Nie należy przeto sądzić tego dzieła ze stanowiska hydrodynamiki ścisłej; na to pole autor wcale nie wstępkuje, jakkolwiek można by tak mniemać przyzycawszy jego przedmowę.

Praktyczna wartość książki Wexa na tem polega, że nowa metoda rachunku jest niewątpliwie znacznie dokładniejsza od wszystkich dawniejszych. Przy porównaniu jej wyników z licznemi nowemi doświadczeniami, których autor niemał jeszcze przy opracowaniu swego Dziela, wykazuje ta metoda błędy mniejsze od 1%, w najgorszych zaś przypadkach, a mianowicie przy prowadzonym szpitywie przez upust, dochodzą błędy do  $\pm 7\%$  całości. (Wex str. 153.)

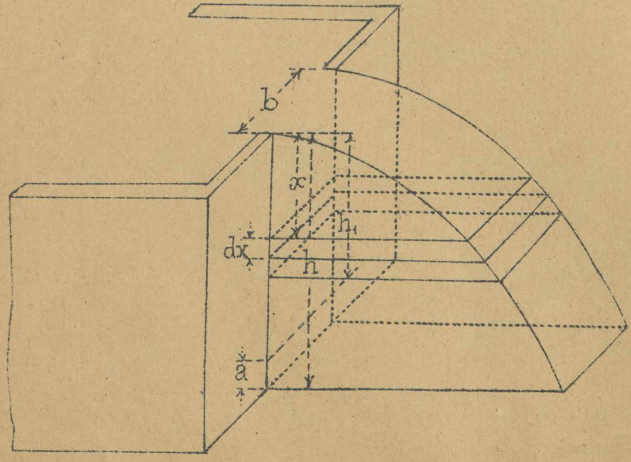
W praktyce dokładność rachunku będzie po większej części znacznie mniejsza, albowiem liczne czynniki nie mogą być należycie naперед przewidziane, - o czem mówię we wstępnym miejscu; - pomimo tego jednak sądzę, że metoda Wexa stanowi istotny postęp w praktycznem zastosowaniu hydrauliki; i dlatego już w r. 1883 wprowadziłem ją tak do wykładu budowy jarów, jakoteż do sali konstrukcyjnej na Wydziale inżynierji szkoły politechnicznej.

Mając na celu potrzeby studentów, oraz inżynierów w praktyce, podaję w niniejszej pracy streszczenie książki Wexa. Odrzucam rozdziały 2 do 5, zawierające krytykę dawniejszych wzorów, oraz Działy 13, 16, 17, 21 i 22 zawierające opisy różnych doświadczeń i kontrolę nowych wzorów. W ten sposób odpada pięć szóstych całej książki. Natomiast usiłując uczynić tę metodę przystępniejszą dla ogółu techników i wygodniejszą w zastosowaniu, podaję własny sposób postępowania wykresowego, oraz szereg przykładów, które obejmują wszystkie typowe przypadki praktyki. Przykłady podaję bardzo szczegółowo mając na oku potrzeby początkujących.

1. Dawne wzory na wypływ wody z wielkiego zbiornika przez przelew.

W ścianie wielkiego zbiornika, którego zwierciadło jest stałe, wystawmy sobie wycięcie o szerokości  $b$  (Fig. 1) ulegające od zwierciadła wody do głębokości  $x$ . Jeżeli przez ten otwór wypływa woda swobodnie w atmosferę, to przyjmujemy, że cząstka wody przechodząca przez otwór w głębokości  $x$ , posiada prędkość  $\sqrt{2gx}$ , gdzie  $g = 9,8086$  jest przyspieszenie ziemskie ( $\sqrt{2g} = 4,42945$ ).

Fig. 1.



Zład wynika, że przez poziomy pasek  $b \cdot dx$ , wypływa objętość:

$$dQ = b \cdot dx \cdot \sqrt{2gx}$$

a przez cały otwór:

$$Q = \int_0^h b \cdot dx \cdot \sqrt{2gx} = b \cdot \sqrt{2g} \int_0^h x^{\frac{1}{2}} dx.$$

$$Q = b \cdot \sqrt{2g} \cdot \frac{2}{3} x^{\frac{3}{2}} + St.$$

A ponieważ dla:  $x = 0$   $Q = 0$ , więc  $St = 0$ .

mamy zatem:  $Q = \frac{2}{3} b \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{\frac{3}{2}} = \frac{2}{3} bh \cdot \sqrt{2gh}$ .

W tym wzorze oznacza  $\frac{2}{3} \sqrt{2gh}$  średnią prędkość wody w całym otworze o przekroju  $bh$ . Prędkość różni się w zależności od głębokości według paraboli  $OB$ , której współrzędne są  $x$  i  $y = \sqrt{2gx}$ . Objętość  $Q$  przedstawia nam bryłę, utworzoną wskutek przesuwania powyższej paraboli wzdłuż całego wymiaru  $b$ , a w położeniu prostopadłym do płaszczyzny  $bh$ .

W rzeczywistości objętość  $Q$  okazuje się znacznie mniejsza od powyższej, co przypisujemy oporom pochodzącym w otworze, oraz obojętności nici wodnych, z której wynika zwichnięcie przekroju w strumieniu wody. Z tych powodów musimy powyższe wyrażenie przez współczynnik  $\mu$  mniejszy od jedności, i piszemy

$$Q = \frac{2}{3} \mu bh \sqrt{2gh} \dots \dots \dots 1.$$

Jeżeli część otworu  $bh$  od wierzchu  $ax$  do głębokości  $h_1$  zamkniemy, to przypuszczamy, że część wody, o której wskutek tego zmniejszy się  $Q$ , może być obrachowana także według powyższego wzoru, po podstawieniu  $h_1$  w miejsce  $h$ . Wypływie zatem:

$$Q = \frac{2}{3} \mu bh \sqrt{2gh} - \frac{2}{3} \mu bh_1 \sqrt{2gh_1}$$

albo  $Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} (h^{\frac{3}{2}} - h_1^{\frac{3}{2}}) \dots \dots \dots 2.$

Jeżeli wreszcie wysokość otworu  $a$  jest dosyć mała w stosunku do głębokości w jakiej leży otwór pod zwierciadłem wody, natenczas dla całego otworu można przyjąć wypływ pod stałym ciśnieniem ciśnieniem  $h - \frac{1}{2} a$ , a objętość wypływu jest:

$$Q = \mu ba \sqrt{2g} (h - \frac{1}{2} a) \dots \dots \dots 3.$$

Powyższe trzy wzory, przyjęte przez wszystkich hydrauliczków, odnoszą się do wypływu ze zbiornika tak wielkiego, że podczas wypływu, woda znajduje się w nim w zupełnym spokoju.

### 2. Przepływ przez jak przelewowy | n. vollkommener Wehrfallwehr. |

Przyjmijmy na początek, że jak jest prostopadły do biegu rzeki, że ma koronę poziomą, od strony przepływu ścianę pochyloną, i z obu stron przykroćki ze skrzydłami. Niechaj nadto woda poruszająca się powyżej jaku nie znaczną prędkością  $C$ , i niechaj cała objętość wody poruszająca się w rzece przepływa także przez jak.

Według oznaczeń na figurach 2 i 3, objętość wody  $Q$  płynąca w rzece, wyraziona

\*) Autor pisze  $\frac{2}{3} \mu$  w tym wzorze; jednakże  $\frac{2}{3}$  pochodzi z całkowania przy zmienionym ciśnieniu, a w tem założeniu mamy ciśnienie stałe  $h - \frac{1}{2} a$  na całym otworze.

jakto iloczyn z powierzchni przekroju przez średnią prędkość  $c$ , jest.

$$Q = b_0 (h+k) c = b_0 t c.$$

a więc:

$$c = \frac{Q}{b_0 (h+k)} = \frac{Q}{b_0 t}.$$

Prędkość  $C$  zmienia się na znacznie większą prędkość w przekroju  $E_1 E_1$  (Fig. 3) powstaje

Fig. 2.

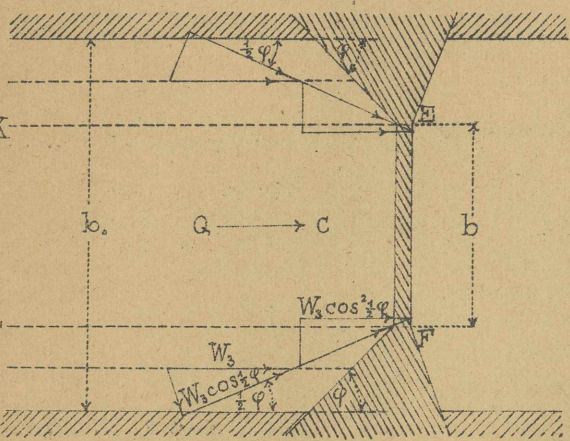
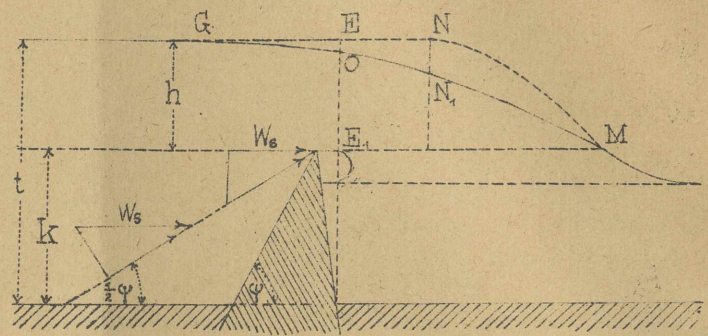


Fig. 3.

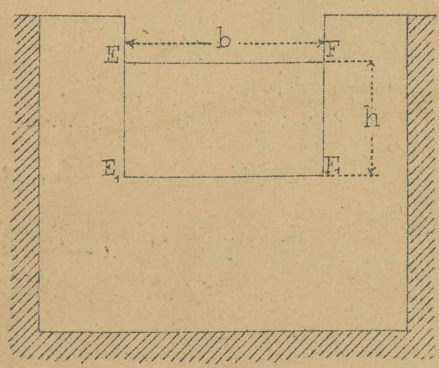


jaeetu  
przyspie-  
szenia obja-  
wiają się  
stopniowo  
przechodzą  
od pewnego  
punktu  
G, woku-  
tek czego

powierzchnia wody pochyla się według  $GO$  i woda odpływa według  $ON, M$ . Gdyby zaś rzeckone przyspieszenia powstawały nagle w płaszczyźnie  $E_1 E_1$ , natenczas poziom wody  $AG$  porastałby w tej samej wysokości aż do  $E$ , a odpływ odbywałby się według  $GENM$ . W obu przypadkach odpłyną jednakowe objętości, a więc dla ułatwienia rachunku przyjmujemy nagłe powiększenie prędkości i powierzchni wody w  $E$ .

Grubość przelewu  $t$  mierzymy zawsze od poziomu punktu  $G$  do poziomu krawędzi przelewu  $E_1$ . Wszystkie rzędy wyprowadzone w dalszym ciągu, odnoszą się do przelewu przez ostrą krawędź; o wpływie zaś szerokości i kształtu grabiety na grubość przelewu, pomówimy później pod l. 7.

Fig. 4.



Woda płynąca przez przelew wystawiona jest na następujące ciśnienia:

1.) Na powierzchni  $bh$  (Fig. 4) działa ciśnienie hydrostatyczne:

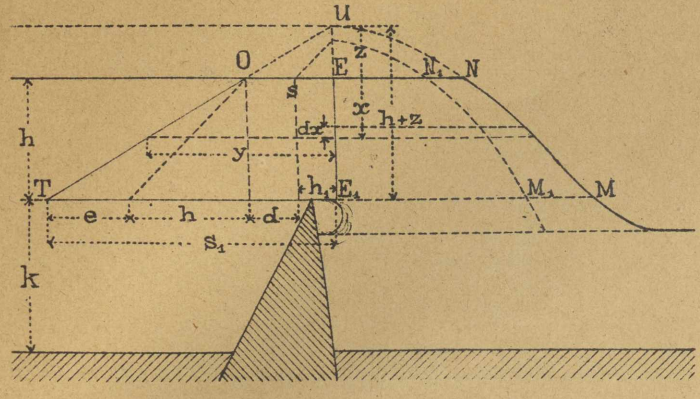
$$W_1 = \frac{1}{2} \gamma b h^2$$

gdzie  $\gamma$  oznacza ciężar jednostki objętości wody.  
Sposób rozłożenia ciśnienia  $W_1$  na powierzchni  $bh$

\*) Poprawniej mierząc: odpływ odbywałby się według tamanej linii  $GO, N, M$ , gdyż nagłe powiększenie prędkości wymaga nagłego zmniejszenia przekroju. —  $CE_1$  i  $CE_1$  należałoby wtedy uważać jako dwa nieśkoinowce bliższe sobie przekroje.



Fig: 5.



można przedstawić w postaci trójkątnego graniastostupa wody o długości  $b$ , a w przekroju poprzecznym o szerokości  $i$  i wysokości  $h$  (Fig: 5.)

2. Wystawmy sobie w planie (Fig: 2.) trybę wody, która płynie wprost na przelew. Przekrój tej tryby jest  $bh$ , a prędkość oznaczmy przez  $c$ ; wywiera ona na powierzchni  $bh$  ciśnienie hydrauliczne

$$W_2 = \gamma \cdot bh \cdot \frac{c^2}{2g};$$

przytem wyobrażamy sobie, że wszystkie cząstki wody poruszają się z jednakową prędkością  $c$ . Przyjmijemy też że ciśnienie  $W_2$  jest jednostajnie rozłożone na powierzchni  $bh$  i wynosi  $h_0$  na jednostkę powierzchni; a więc

$$W_2 = \gamma \cdot bh \cdot \frac{c^2}{2g} = \gamma \cdot bh \cdot h_0$$

$$h_0 = \frac{c^2}{2g}$$

zatem:

3. Przy obu brzegach płynie woda wprost na skrzydła; przekrój każdej z tych tryb uwaranej w grubości  $h$ , jest  $\dots \dots \dots \frac{1}{2}(b_0 - b)h$   
 Woda płynąca z prędkością  $c$  w korycie z  $\frac{1}{3}ch$  stron zaokrągleniem, wywiera na jednostkę powierzchni stałej ściany poprzecznej ciśnienie

$$\frac{\gamma c^2}{g} = 2\gamma h_0$$

w danym jednak przypadku, woda może z łatwością zbaczać z proza skrzydeł do przelewu; przyjmijmy więc tylko połowę tego ciśnienia, t. j.  $\gamma h_0$  na jednostkę powierzchni, tak jak od wody płynącej wprost na przelew. Całe uwarane ciśnienie na jedno skrzydło, będzie zatem:

$$W_3 = \gamma h_0 \cdot h \cdot \frac{b_0 - b}{2}$$

i przyjmujemy że działa ono w środku ciężkości uwaranej części przekroju koryta.

Jeżeli skrzydła tworzą z kierunkiem brzegu kąt  $\varphi$ , to nici wody płynące tuż przy brzegu, doznają zbrocenia o kąt  $\varphi$ ; nici zaś leżące na liniach rozdzielających  $KE$  i  $LF$  doznają bardzo małego zbrocenia. Dla wszystkich zatem nici przyjmijmy jednakoż zbrocenie o kąt  $\frac{1}{2}\varphi$ .

Z siły  $W_3$  udziela się w tym kierunku  $W_3 \cdot \cos \frac{1}{2}\varphi$  (Fig: 2.); ale w dalszym ciągu nici zostają powrotnie zwrócone o kąt  $\frac{1}{2}\varphi$ , do kierunku prostopadłego do krawędzi przelewu; a więc powyższa składowa doznaje powtórnego rozkładu i zamienia się na  $W_3 \cdot \cos^2 \frac{1}{2}\varphi$  (Fig: 2.).

To jest część siły  $W_3$ , która z każdego skrzydła przenosi się na przelew, a więc na powierzchnię  $bh$ ; z obu skrzydeł razem, udziela się zatem prostopadle do płaszczyzny przelewu

$$W_4 = 2W_3 \cdot \cos^2 \frac{1}{2}\varphi = \gamma \cdot \frac{c^2}{g} \cdot \cos^2 \frac{1}{2}\varphi = \gamma \cdot \frac{hc^2}{g} \cdot \frac{b_0 - b}{2} \cdot \cos^2 \frac{1}{2}\varphi = \gamma h_0 \cdot (b_0 - b) h \cdot \cos^2 \frac{1}{2}\varphi$$

i wywołuje powiększenie prędkości wody.

Druga składowa  $W_3 \cdot \sin^2 \frac{1}{2} \psi$  z każdej strony, wywołuje zwiększenie strumienia wody na przelewie.

Cisnienie  $W_4$  przyjmujemy jako jednostajnie rozłożone na wysokości  $k$  i przedstawimy w postaci graniastostępa czworokątnego o wysokości  $k$ , długości  $b$  i szerokości

$$d = \frac{W_4}{\gamma b h} = k \cdot \frac{b_0 - b}{b} \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi \quad (\text{Fig. 5.})$$

4.) Żeby kolei wprowadzić musimy ciśnienie hydrauliczne wody płynącej w dolnej części przekroju rzeki, t. j. w warstwie o grubości  $k$  mierząc od dna, i na szerokości  $b_0$  (Fig. 2 i 3.) Ta objętość jest:

$$Q_2 = b_0 k c.$$

Płynie ona w korycie z  $3^{\text{ch}}$  stron zamkniętym; a więc możemy według powyższego przyjąć, że ciśnienie jej na powierzchni  $b_0 k$  jest

$$W_5 = \gamma Q_2 \cdot \frac{c}{g} = \gamma \cdot \frac{c^2}{g} \cdot b_0 k.$$

i że jest ono skoncentrowane w osi ciężkości uważanej części koryta.

Piana jaru jest nachylona do poziomu pod kątem  $\psi$ , średnie skrócenie masy wody przyjmujemy o kąt  $\frac{1}{2} \psi$ , a wskutek dwukrotnego rozkładu, tak jak w poprzednim przypadku, udzieli się w kierunku prostopadłym do przekroju przelewu,

$$W_6 = W_5 \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi = \gamma \cdot \frac{c^2}{g} \cdot b_0 k \cos^2 \frac{1}{2} \psi.$$

To ciśnienie przedstawić możemy za pomocą graniastostępa trójkątnego; albowiem jest ono niewątpliwie największe przy koronie jaru, a najmniejsze na powierzchni wody. Szerokość podstawy tego graniastostępa będzie (Fig. 5.)

$$e = \frac{2 W_6}{\gamma b h} = \frac{2 c^2 b_0 k \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi}{b g h} = 4 k \cdot \frac{b_0 k}{b h} \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi.$$

W ten sposób pominieliśmy tę okoliczność, że ciśnienie działające na dolne części skrzydeł, w wysokości  $k$  i na szerokości  $\frac{1}{2} (b_0 - b)$  z każdej strony może się udzielić tylko w kierunku utwószonym do otworu przelewu. Przyjmijmy to jednak dla uproszczenia, tem więcej że błąd stąd powstały będzie zupełnie nieznamy.

Na figurze 5a powyższe ciśnienia zestawione w porządku  $h_0$  d k e czyli  $W_2$   $W_4$   $W_1$   $W_6$ , a wynikająca stąd powierzchnia  $EOFE_1$ , przedstawia całkowite ciśnienie na przelew, a mianowicie na jednostkę długości w kierunku  $b$  i na całą wysokość  $h$ . Dowolna zaś rzędna pozioma  $y$ , tej powierzchni, przedstawia ciśnienie na jednostkę powierzchni.

Dla wyrachowania prędkości wypływu, przedłużmy  $FO$  do  $U_1$  i wprowadzimy oznaczenia  $x$   $S$  i  $s_1$  wskazane na figurze.

Według tych oznaczeń

$$x : s = (x + h) \cdot s_1$$

stąd

$$x = \frac{sh}{s_1 - s} \quad i \quad x + h = \frac{s_1 h}{s_1 - s}.$$

Podobnie

$$(x + x) : y = (x + h) \cdot s_1$$

a stąd

$$y = s_1 \cdot \frac{x + x}{x + h}$$

Prędkość  $v$  w głębokości  $x$ , wynika z ciśnienia  $y$ , a więc

$$v = \mu \sqrt{2gy} = \mu \sqrt{2gs_1 \cdot \frac{x+x'}{x+h}}$$

Przez element przelewu  $dx \cdot b$ , przepływa objętość

$$dQ = b \cdot v \cdot dx = \mu b dx \sqrt{2gs_1 \cdot \frac{x+x'}{x+h}}$$

a cała objętość przepływającej wody jest

$$\int_0^h dQ = Q = \mu b \sqrt{\frac{2gs_1}{x+h}} \int_0^h (x+x')^{\frac{1}{2}} dx = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{\frac{2gs_1}{x+h}} (x+x')^{\frac{3}{2}} + St.$$

Dla  $x=0$   $Q=0$ ; a więc

$$St = -\frac{2}{3} \mu b \sqrt{\frac{2gs_1}{x+h}} x^{\frac{3}{2}}$$

Wstawiając tę wartość, oraz  $x=h$  w wyrażenie na  $Q$ , otrzymamy:

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{\frac{2gs_1}{x+h}} \cdot [(x+h)^{\frac{3}{2}} - x^{\frac{3}{2}}]$$

a podstawiając za  $x$  i za  $x+h$  wartości powyżej wyprowadzone, wypadnie po prostej redukcji

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \cdot \frac{h}{s_1 - s} \cdot (s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}})$$

$$\left. \begin{aligned} \text{gdzie} \quad s &= h_0 + d & s_1 &= s + h + e \end{aligned} \right\} I.$$

$$h_0 = \frac{c^2}{2g}, \quad d = h_0 \cdot \frac{b_0 - b}{b} \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi, \quad e = 4h_0 \cdot \frac{b_0 k}{bh} \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi$$

$$\frac{2}{3} \mu = 0,3655 + 0,02357 \frac{b}{b_0} + \frac{0,002384}{h} + 0,00305 b.$$

Podane tu wyrażenie na  $\frac{2}{3} \mu$  wyprowadzone jest z najnowszych doświadczeń, o których jeszcze wspomniemy. Przy porównaniu tych doświadczeń z wynikami wzorów l. I, daje ono błędy mniejsze od 1% całości.

Ze wzorów l. I. można wyrachować  $Q$ ,  $h$  albo  $b$  w wyjątkowych przypadkach, praktyki; ale tylko drogą prób oraz interpolacji.

Ostatnie wyrażenie na  $Q$  da się roztoczyć na dwa wyrazy, jeżeli zwrócimy uwagę znajdujący się na końcu tego wyrażenia. Otrzymamy wtedy:

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \frac{hs_1}{s_1 - s} \sqrt{2gs_1} - \frac{2}{3} \mu b \frac{hs}{s_1 - s} \sqrt{2gs}$$

albo

$$Q = \frac{2}{3} \mu b (x+h) \sqrt{2gs_1} - \frac{2}{3} \mu b x \sqrt{2gs}$$

Pierwszy wyraz tego wyrażenia przedstawia objętość, która wypływałaby przez grubość przelewu  $x+h$ , według paraboli  $U N M E_1$  (Fig. 5), zaś drugi wyraz, przedstawia objętość  $U N E$ , którą trzeba odjąć od pierwszej, ażeby otrzymać objętość  $E N M E_1$ , przedstawioną przez wzór l. I.

Gdybyśmy uwzględnili tylko ciśnienie hydrauliczne działające wprost na przelew, jak dotychczas wszyscy czynili, to objętość przepływającej wody byłaby ograniczona parabolą  $E N M E_1$ , otrzymujemy więc wskutek nawo-wprowadzonych ciśnień objętość o  $N_1 N M M_1$ , większą niż dotychczas rachowano.

Porostaje nam zastosować wzór I do różnych szczególnych przypadków.

A.) Zarz prostoradły do biegu rzeki, od przystępu ścianu pionowa, skrzydła równier pionowe, i zatamane pod kątem prostym do przyróżków, czyli równoległe do krawędzi przelewu.

W tym przypadku mamy:

$$\begin{aligned}
\varphi = \psi = 90 \quad \cos \frac{1}{2} \varphi = \cos \frac{1}{2} \psi = \frac{1}{2} \\
Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \frac{h}{s_1 - s} (s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}}) \\
s = h_0 + d \quad s_1 = s + h + e \\
d = h_0 \cdot \frac{b_0 - b}{2b} \quad e = 2h_0 \cdot \frac{b_0 k}{bh} \\
\frac{2}{3} \mu \text{ jak pod l. I.}
\end{aligned}
\left. \vphantom{\begin{aligned} \varphi = \psi = 90 \\ Q = \dots \\ s = \dots \\ d = \dots \\ \frac{2}{3} \mu \dots \end{aligned}} \right\} \dots \dots \text{II.}$$

B.) Niema wzniesienia rzeki na przelewie, a nadto zachodzą warunki poprzedniego przypadku; mamy więc

$$\begin{aligned}
b_0 = b \quad i \quad d = 0 \\
s = h_0 \quad s_1 = h_0 + h + 2h_0 \cdot \frac{k}{h} \\
Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \cdot \frac{h}{s_1 - s} (s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}})
\end{aligned}
\left. \vphantom{\begin{aligned} b_0 = b \\ s = h_0 \\ Q = \dots \end{aligned}} \right\} \dots \dots \text{III.}$$

Na ten przypadek, i dla przelewów przy których  $\frac{h}{t} < 0,20$  mamy nowe doświadczenia, a z nich wyprowadza autor wyrażenie

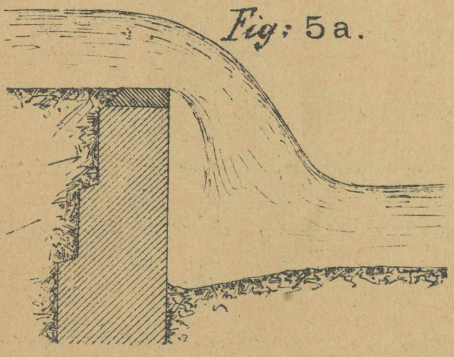
$$\frac{2}{3} \mu = 0,4001 + \frac{90011}{h} + 0,00048b$$

które w takich warunkach daje błędy mniejsze od 1% całości. Dla przypadków, w których  $\frac{h}{t} > 0,20$  nie podaje autor osobnego współczynnika; musimy więc używać wyrażenia podanego pod l. I zakładając tamże  $b_0 = b$ .

C.) Oprócz warunków podanych pod A i B, przypuścimy krawędź przelewu równo z dnem rzeki, a więc  $k = 0$ . Natenczas

$$\begin{aligned}
s = h_0 \quad s_1 = h + h_0 \\
Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} [(h + h_0)^{\frac{3}{2}} - h_0^{\frac{3}{2}}] \\
\frac{2}{3} \mu \text{ jak pod l. I albo pod l. III.}
\end{aligned}
\left. \vphantom{\begin{aligned} s = h_0 \\ Q = \dots \end{aligned}} \right\} \dots \dots \text{IV.}$$

To jest wrór Weisbacha; przyjmujemy go dopiero w tym przypadku gdy  $k = 0$ , czyli gdy jak nie istnieje wcale. Jako taki przypadek, możemy uważać kaskadę umieszczoną w kanale (Fig 5a.); zwykłe jednak zachodzi wtedy zwężenie przekroju tuż powyżej kaskady, i nie można pominąć ciśnienia  $d$ .



D.) Jeżeli część wody, n.p. objętość  $M$  odpływa na bok do kanału, natenczas powyższe wzory odnoszą się bez zmiany do reszty  $Q - M$  płynącej na jaz. Przy obrachowaniu  $s$  i  $s_1$  należy wprowadzić  $C$  odpowiadające tej objętości.

### 3. Przelew ukośny albo tamany.

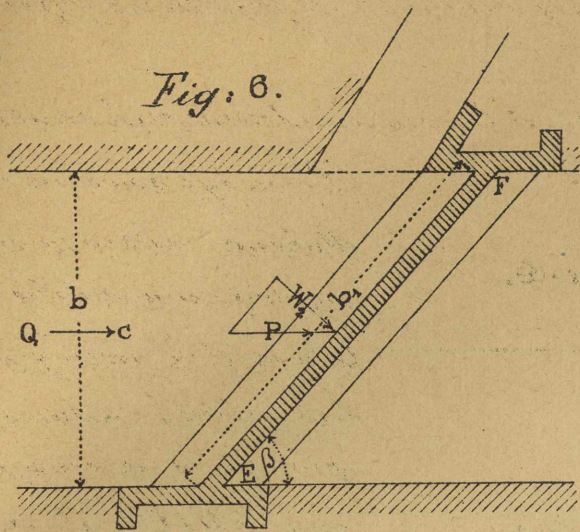
Przypuścimy najprzód, że jaz ukośny  $EF$  (Fig. 6.) niema ścieśniających rzekę przyczółków. Objętość przepływu jest jak przedtem

$$Q = b \cdot h \cdot c$$

i wywiera w kierunku  $C$  ciśnienie hydrauliczne:

$$P = \gamma \cdot b \cdot h \cdot \frac{c^2}{2g}$$

Fig. 6.



z którego w kierunku prostopadłym do krawędzi przelewu udziela się:

$$W_2 = P \cdot \sin \beta = \gamma \cdot b \cdot h \cdot \frac{c^2}{2g} \cdot \sin \beta.$$

Powierzchnia przekroju przelewu, jest  $\frac{b \cdot h}{\sin \beta}$ ; na jednostkę powierzchni mamy zatem według dawniejszych przypadków

$$\frac{W_2 \sin \beta}{\gamma b h} = s = \frac{c^2}{2g} \cdot \sin^2 \beta = h_0 \cdot \sin^2 \beta.$$

Cisnienie hydrostatyczne jest bezradnej zmiany także jak przy jamie prostopadłym.

Cisnienie hydrauliczne z waściany jamy, jest podobnie jak w poprzednich przypadkach

$$W_5 = \frac{\gamma c^2}{g} \cdot b k = 2 \gamma h_0 \cdot b k,$$

prostopadle do kierunku jamy udziela się

$$W_5 \cdot \sin \beta = \frac{\gamma c^2}{g} \cdot b k \cdot \sin \beta,$$

a z dwukrotnego rozkładu pod kątem  $\frac{1}{2} \psi$  w górę i powrotnie do poziomu, wypadają:

$$W_5 \cdot \sin \beta \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi = \frac{\gamma c^2}{g} \cdot b k \cdot \sin \beta \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi.$$

To ciśnienie rozkłada się na długość  $b_1 = \frac{b}{\sin \beta}$  i na wysokość  $h$ . W poziomie krawędzi przelewu jest ono  $= e$ , a na powierzchni wody jest  $= 0$ ; a więc

$$W_5 \cdot \sin \beta \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi = \frac{\gamma b k e}{2 \sin \beta} \quad \text{a stąd } e = 4 h_0 \cdot \frac{k}{h} \cdot \sin^2 \beta \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi$$

Mamy więc wzory:

$$s = h_0 \cdot \sin^2 \beta \quad s_1 = s + e + k$$

$$\psi = \frac{2}{3} \mu \cdot \frac{b \cdot \sqrt{2g}}{\sin \beta} \cdot \frac{h}{s_1 - s} (s_1^{\frac{2}{3}} - s^{\frac{2}{3}})$$

} ... V.)

$\frac{2}{3} \mu$  jak wyżej pod b. III. ale zamiast  $b$  należy podstawić  $b_1$

Można je także otrzymać wprost ze wzorów I, podstawiając  $\frac{b}{\sin \beta}$  zamiast  $b$ , oraz  $c \cdot \sin \beta$  zamiast  $c$ .

Jeżeli jam jest łamana (Fig. 8.) lub krzywa, trzeba dzielić koryto rzeki na części I, II, III, ... według ratamań lub zakrzywień jamy, i również objętość  $\psi$  na odpowiednie części  $\psi_1, \psi_2, \psi_3, \dots$ . Dla każdej części jamy należy przeprowadzić rachunek osobno.

Należy tu także pamiętać, że częściowe objętości  $\psi_1, \psi_2, \dots$  nie są wcale jednorodnymi z temi, które przepływają w odpowiednich częściach rzeki przed zbudowaniem jamy; wskutek bowiem działania jamy zmniejszają się kształty koryta tuż powyżej jamy potłoczonego. Zwykle z daniem projektu jest oznaczenie odpowiednich długości różnych części jamy; najwłaściwiej zatem będzie

podzielić  $Q$  na części proporcjonalne do przewidywanych długości jaru, oraz pamiętać, żeby za pomocą ugrułów i szluz płuczących, zapewnione były warunki, t.j. prędkości i głębokości, odpowiadające przyjętym objętościom odpływu.

Jako przykład niech postawimy jar łunany Fig. 9. - W takim urządzeniu, część środkowa

Fig. 8.

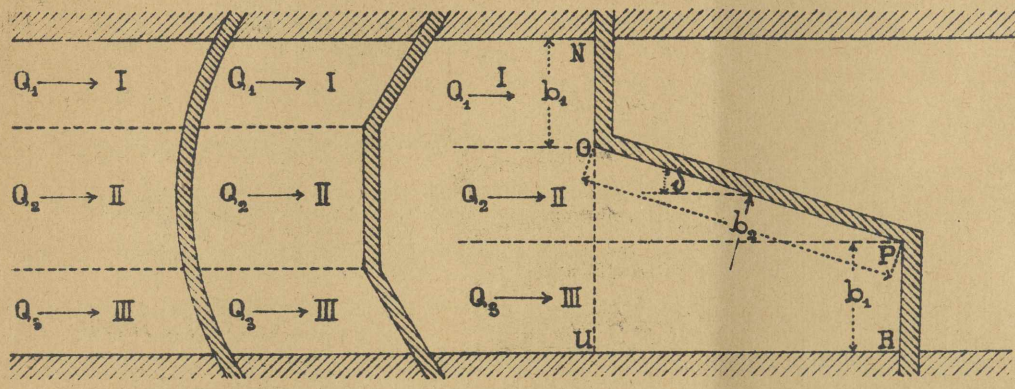
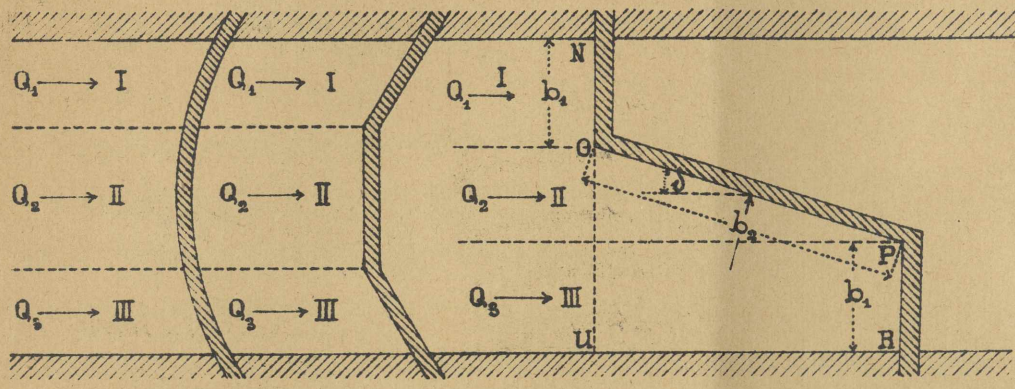


Fig. 9.



OP może być dowolnie przedłużana, przeto zmniejszamy spiętrzenie wielkiej wody. Całą objętość przepływu, należy podzielić na dwie części, płynące na jar w częściach rzeki NO i OU, a to według powyższej zasady. W tym celu obrachujemy napróżd w przybliżeniu, objętość przewodu przy grubości jego  $h$  i

na jednostkę długości. Według tego zrobimy pewne założenia co do długości przelewów  $b_1$  i  $b_2$ , i nabędziemy pojęcia o objętościach przepływu pomiędzy O i U oraz N i O po zbudowaniu jaru. W części OU powinna zatem powstać znacznie większa prędkość i głębokość niż w części NO; korona OP będzie założona w spadku spiętrzonej wody, a korona PR o tenie spadku niżej od NO. Wreszcie przy P i R, a może i przy O, należy umieścić szluzy płuczące z progami tak nisko położonymi, żeby przy ich pomocy niezbędnem było utrzymanie należytej głębokości w przekrojach OU i PR.

W takich warunkach można założyć w rachunku, że na wszystkich częściach jaru powstanie jednaka grubość przelewu.

Przy obrachowaniu objętości przelewów NO i PR, niema żadnych nowych szczegółów; odnośnie zaś do objętości przelewającej się częścią środkową OP, zauważyć wypada, że kierunek ruchu wody będzie tworzył z kierunkiem OP bardzo ostry kąt  $\delta$ . Z ciśnienia hydraulicznego  $h_0$ , udzielać się będzie w kierunku prostopadłym do OP składowa  $h_0 \sin \delta$ , i w każdym przypadku z osobna rozważyć należy, czy warto wprowadzać to ciśnienie ze względu na ogólną dokładność rachunku.

Tę samą uwagę odnosi się do ciśnień  $W_4$  i  $W_6$ .

4. Przepływ przez jar zatopiony i przez zwięzienie koryta. [Uwothöimms

Ueberfallwehr, Flussbettveränderung.]

Założymy znów, że jar ma skrzydła wzniesione ponad spiętrzoną wodę, i przyjmijmy głębi  $b_0$  być  $t$  :  $k$  w tem samym znaczeniu co dawniej.

Dla tej części wody, która przepływa pomiędzy powierzeniem wody spiętrzonej a stanem wody poniżej jaru, czyli w grubości warstwy równej wysokości spiętrzenia  $h$  (Fig. 10.), oraz =

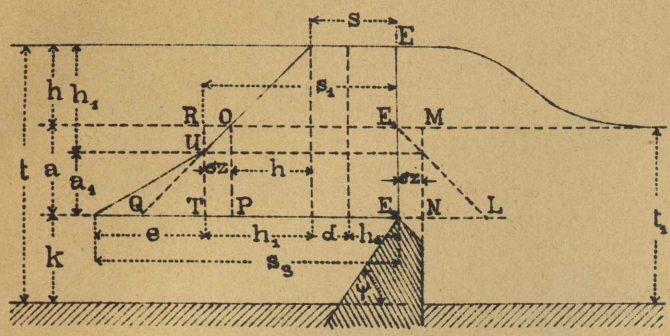
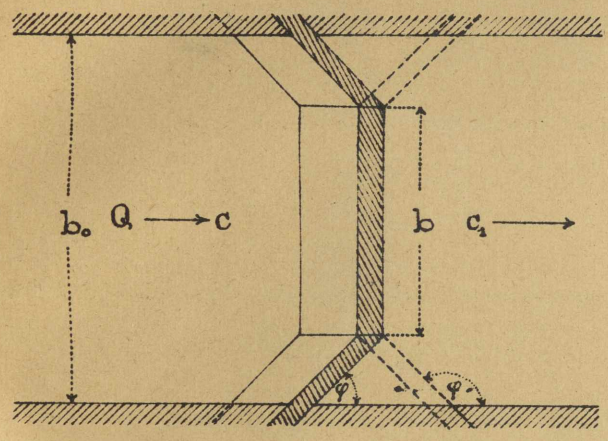


Fig. 10.



czymy współczynnik odpływu przez pł. Dla re-  
 szty zaś przepływu, pomiędzy poziomem wody po-  
 niżej jaru a grzbietem jaru; czyli dla warstwy  $\alpha$   
 (Fig. 10.) odpływu podwodnego, potrzebny będzie od-  
 mienny współczynnik  $\beta$ . Średnią prędkość wody  
 odpływającej poniżej jaru oznaczymy przez  $C_1$ , głą-  
 bokość jej przez  $t_1$ . Ciśnienie hydrauliczne bezpośrodko  
 $W_2$ , i ciśnienie pochodzące od skrzydeł  $W_3$ , będą obracho-  
 wane zupełnie tak samo jak powyżej dla jaru przele-  
 wowego. Odpowiednie ciśnienia jednostkowe  $h_0$  i  $d$ ,  
 są odcięte od osi  $EE_2$  na lewo, jako jednostajne na całej  
 wysokości  $h+a$ .

Ciśnienie hydrostatyczne wzrasta od wartości zero przy  
 $E$ , do wartości  $h$  przy  $E_1$ ; stąd do  $E_2$  byłoby stale  $=h$ ,  
 gdyby poniżej jaru była woda stojąca. Oddziaływa-  
 nie bowiem  $C_1$ ,  $C_2$  i warstwy  $\alpha$  równowazyłoby całko-  
 wicie dalszy przyrost  $OPQ$  ciśnienia hydrostatycznego.

Jednakże po przebyciu jaru, woda odpływa dalej z prędko-  
 ścią  $C$ , i wywiera w kierunku tej prędkości ciśnienie  $\frac{C^2}{2g} - x$ . Część tego ciśnienia  $\beta x$  sumuje się z ciśnieniem  
 $h$  i można przyjąć, że jest na wysokości  $\alpha$  jednostajnie rozłożona. Niechaj prostokąt  $ORTP$  przedstawia ten  
 przyrost ciśnienia na jednostkę długości przelewu; jeżeli opuszcimy trójkąt  $ORU$  dla uproszczenia, to wzorowe  
 ssące działanie odpływu znaczyć będzie tyle, co zmniejszenie stanu odpływu do wysokości  $\alpha$ , nad grzbietem  
 jaru.

Według doświadczeń Dubuat można przyjąć, że  $\beta x = \frac{2}{3} x$ ; oznaczymy więc:

$$h_1 = h + \frac{2}{3} x.$$

Ciśnienie  $W_6$  pochodzące od ściany jaru, będzie obrachowane tak jak dla jaru przelewowego, ale przyjmie-  
 my teraz, że rozkłada się ono tylko na warstwę  $\alpha$ ; przyczem jest u spodu największe, u góry zaś  $= 0$ .

Zatwierdzamy więc że

$$W_6 = \frac{1}{2} \gamma b a_1 e$$

i stąd obrachujemy  $e$ , t.j. ciśnienie na jednostkę powierzchni w poziomie grzbietu jaru

$$e = \frac{2W_6}{\gamma b a_1}$$

Według powyższego mamy zatem następujące ciśnienia na jednostkę powierzchni  $bh$ .

- Na powierzchni spietrzonyj wody: ...  $s = h_0 + d = \frac{C^2}{2g} (1 + \frac{b_2 - b}{b} \cos^2 \frac{1}{2} \varphi)$
- W głębokości  $h_1$  pod spietzeniem: ...  $s_1 = s + h + \frac{2}{3} x$
- W poziomie korony jaru: ...  $s_2 = s_1 + e$

} ... VI.)

14. W grubości  $h_1$  przepływa według wzoru I. (przyjm  $\frac{h_1}{s_1 - s} = 1$ )

$$Q_1 = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} [s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}}]$$

zas w grubości  $a_1$  również według wzoru I.

$$Q_2 = \frac{2}{3} \mu_1 b \sqrt{2g} \cdot \frac{a_1}{s_2 - s} [s_2^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}}]$$

} ... VII.)

Cała objętość przepływu jest zatem:

$$Q = Q_1 + Q_2.$$

Dla wzorów VII. nie podaje autor wyrażenia na  $\mu$  i  $\mu_1$ ; musimy więc używać tych, które podane są dla przypadku  $b_0 = b$ , a mianowicie:

a.) Dla  $b = b_0$  i najmniejszych grubości przelewu  
 $h = 20,0$  do  $0,20$ .

nie podaje autor wyrażenia na  $\mu$  i  $\mu_1$ , ale według tego co mówi na str. 136, możemy w przybliżeniu przyjąć:

$$\mu = 0,5366 + 0,4332 h$$

$$\mu_1 = \text{średnio } 0,53.$$

Powyższe bowiem warunki rzadko się znajdują w praktyce i niemniemy obejść się bez odnośnych do nich współczynników.

b.) Dla wartości

$$h = 20,20 \text{ do } 0,34, \quad \text{przy } b_0 = b$$

$$\frac{2}{3} \mu = 0,4001 + \frac{0,00316}{h} + 0,00048 b$$

$$\mu_1 = 0,5274 + 0,00048 b$$

c.) Dla  $b_0 = b$  i  $h > 0,34$

$$\frac{2}{3} \mu = 0,4001 + \frac{0,00244}{h} + 0,00048 b$$

$$\mu_1 = 0,5346 + 0,00048 b.$$

Współczynniki wymienione powyżej pod  $b$  i  $c$  dają błędy mniejsze od 0,4% całości, jeżeli  $b_0 = b$ . Jeżeli zaś  $b_0 > b$ , spodziewać się należy mniejszej dokładności.

Jeżeli warstwa  $a$  jest dosyć cienka i można w przybliżeniu przyjąć, że średnia prędkość przepływu w tej warstwie odpowiada średniemu ciśnieniu  $\frac{s_1 + s_2}{2}$ , natomiast mamy na  $Q_2$  prosty wzór:

$$Q_2 = \mu_1 b a \sqrt{2g \cdot \frac{s_1 + s_2}{2}} \dots \dots \dots \text{VIII.})$$

Jeżeli woda przelewa się ze zbiornika wyżej położonego do drugiego zbiornika, którego zwierciadło leży o  $h$  niżej od pierwszego; jeżeli oba zbiorniki są tak wielkie że można przyjąć  $C = C_1 = 0$  a przytem mamy  $\varphi = \psi = 90^\circ$ , natomiast z powyższych wzorów na  $Q_1$  i  $Q_2$  otrzymamy:

$$Q = Q_1 + Q_2 = \frac{2}{3} \mu b h \sqrt{2g h} + \mu_1 b a \sqrt{2g h} \dots \dots \dots \text{VIII.})$$

To jest wzór wyprowadzony przez Dubuat dla przelewu ratopionego, i powszechnie używany przy obliczowaniu jarów.

Współczynniki podanych dla wzoru VII, musimy używać także dla VII i VIII.

Jeżeli koryto o szerokości  $b_0$  jest ściśnione (Fig. 11.) przez ostrogi CE i DF, lub przez inne



biślowe na szerokość  $b$ , a wskutek rozciągnięcia powstaje spiężenie  $K$ , natomiast na przekroju  $E F$  działają takie same ciśnienia, jak w ogólnym przypadku odnoszącym się do wznosów  $W$ ; z tem tylko zastrzeżeniem, że wysokość żaku  $h = 0$ . Odpada zatem ciśnienie  $P$  i porostaje:

$$s_2 = s_1 \quad a_1 = t_1 - \frac{2}{3}x \quad x = \frac{c_1^2}{2g}$$

$$s = h_0 + d \quad s_1 = s + h = s + h + \frac{2}{3}x$$

$$\frac{h_0}{s_1 - s} = 1 \quad d = h_0 \cdot \frac{b_0 - b}{b} \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \varphi$$

$$Q_1 = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} [s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}}]$$

... IX.)

$$Q_2 = \mu_1 b a_1 \sqrt{2g s_1}$$

Na  $\mu$  i  $\mu_1$  zastosowane będą wyrażenia podane przy wzorach l. VI.

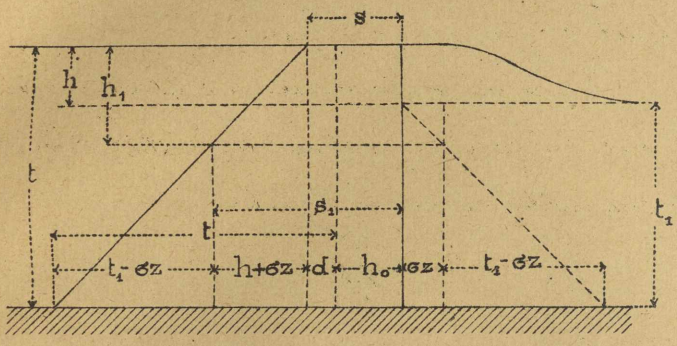


Fig: 11.

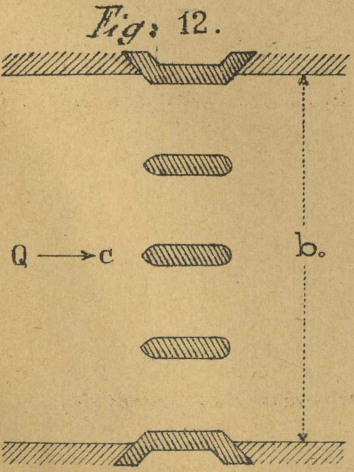
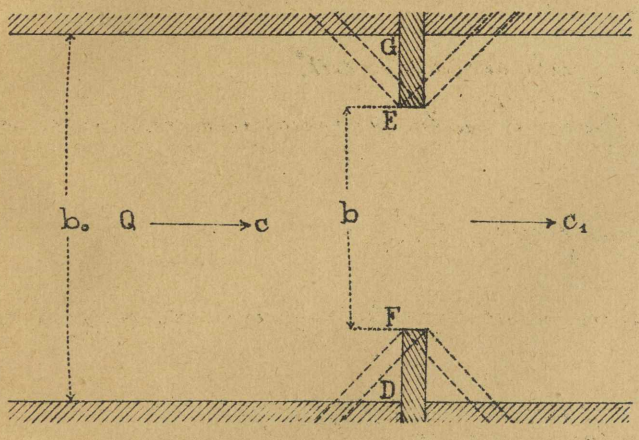


Fig: 12.

Jeżeli w rzecie stoi kilka filarów silur lub mostu (Fig. 12.), natomiast wywołanie pręku nie spiężenie sumują się. Sumę szerokości filarów uważać należy jako  $b_0 - b$ , a współczynniki  $\mu$  i  $\mu_1$  powyżej przytoczone zastosować bez zmiany. Powróćmy do tego przedmiatu w rozdziale l. 7.

Główną część tego zadania stanowi oznaczenie objętości wielkiej wody. Przedmiot ten należy do rozdziału o pomiarach wodnych. Pamiętać przytem należy, że  $C$  i  $C_1$  zmieniają się wraz z  $t$ , inne są zatem w korycie rzeki, a inne na kalesie; rachunek będzie zatem podzieleny na tyle części, ile jest charakterystycznych odmiennych głębokości, na całej przestrzeni zajętej przez wielką wodę.

Według Lagema:

$$C_m : C_n = t_m^{\frac{2}{3}} : t_n^{\frac{2}{3}}$$

Oznaczywszy właściwe  $C$  dla wszystkich części, można bez znacznego błędu przyjąć:

$$C = C_1 \quad \text{oraz} \quad h_0 + \frac{2}{3}x = \frac{5}{3}h_0$$

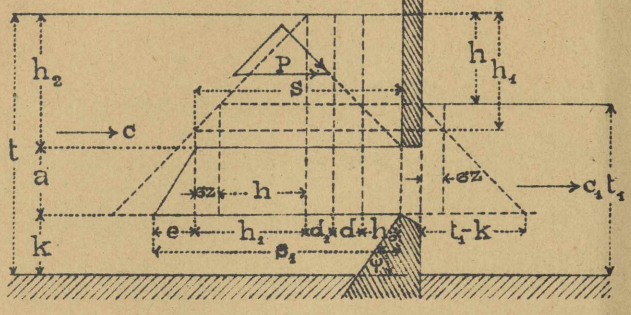
albowiem spiężenie szklane  $K$  jest zawsze bardzo małe, a cały rachunek nie może być dokładny z powodu niepewności co do objętości przepływu.

### 5. Wypływ ze szluz i upustów.

#### a) Woda odpływająca zastania cały otwór upustu.

Według oznaczeń na Fig. 13. dwieliniowy odpływ na trzy warstwy  $k$  a i  $k_2$ . Przekr.  $b$  oznacza

Fig. 13.



my szerokość koryta powyżej szluzy, przekr.  $b$  szerokość otworu, którego wysokość oznaczyliśmy przekr.  $a$ , albo także sumę szerokości otworów sławideł, jeżeliby ich było dwa lub więcej. -  $c$  i  $c_1$  są jak przedtem średnie prędkości w przekrojach przy płycie i odpływie.

Najprzód wprowadzimy ciśnienie hydrauliczne działające wprost na otwór  $ab$ , które na jednostkę powierzchni jest:

$$h_0 = \frac{c^2}{2g};$$

następnie ciśnienie pochodzące odzwężenia bocznego:

$$d = h_0 \cdot \frac{b_0 - b}{b} \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \varphi.$$

Warstwa  $k_2$  doznaje zbackenia w płaszczyźnie pionowej, przy kącie  $\varphi = 90^\circ$ .

Niechaj ciśnienie tej warstwy wody na ścianę szluzy będzie  $P$ , natomiast na otwór przeusi się, składowa:

$$P \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \varphi = \gamma h_0 b_0 k_2 \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \varphi = \frac{1}{2} \gamma h_0 b_0 k_2$$

Przyjmujemy, że to ciśnienie jest jednostajnie rozłożone na otworze  $a$  i wynosi  $d_1$  na jednostkę powierzchni, a więc:

$$\frac{1}{2} \gamma h_0 b_0 k_2 = \gamma b a d_1 \quad \text{i stąd:} \quad d_1 = \frac{h_0 b_0}{2ab} \cdot k_2$$

Jako czwarte z kolei, wprowadzimy ciśnienie hydrostatyczne, wrostające od zera na powierzchni spiętrzonej wody, do wartości  $\gamma h$  w głębokości  $h$ , i powiększymy je o ssące działanie odpływu  $\sigma h$  oznaczając

$$h + \sigma h = h_1,$$

które powyższe ciśnienia, dają w głębokości  $h_1$  sumę

$$s = h_0 + d + d_1 + h_1,$$

Głębokość w jakiej leży wierzch otworu  $a$  pod poziomem spiętrzenia, oznaczmym przez  $h_2$ , i stosownie do wielkości  $\sigma h$  rozróżnimy dwa przypadki:

$$h_1 < h_2 \quad \text{i} \quad h_1 > h_2.$$

W pierwszym przypadku, poziom w którym suma ciśnień osiąga wartości  $S$ , leży wyżej od wierzchu otworu  $a$  (Fig: 13.); w drugim przypadku (Fig: 14.) poziom ten leży niżej.

Przypuścimy że zachodzi przypadek pierwszy, i wprowadzimy jeszcze ciśnienie hydrauliczne pochodzące od zbroczenia pionowego naci w warstwie  $k$ , o kącie  $\frac{1}{2} \psi$ . To ciśnienie rozkłada się na warstwę  $a$  i na podobieństwo poprzednich przypadków, mamy:

$$\frac{c^2}{g} \cdot b_0 k \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi = \frac{1}{2} b a e$$

$$e = 4 h_0 \cdot \frac{b_0 k}{b a} \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi.$$

Od głębokości  $h_1$  do  $h_2$  ciśnienie nie zmienia się, t.j. pozostaje  $= S$ , stąd zaś do głębokości  $h_2 + a$  wznosi do wartości  $S_1 = S + e$ . Na obrachowanie objętości wypływu mamy zatem wzory:

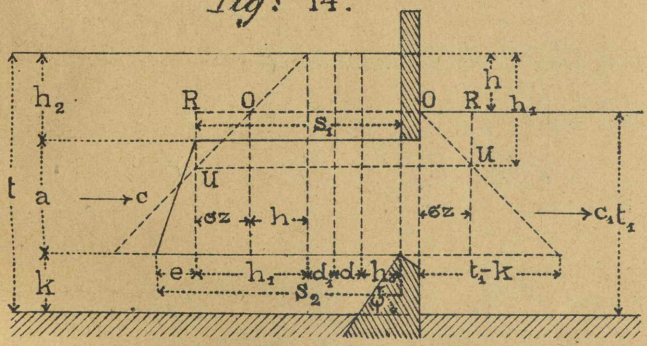
$$\left. \begin{aligned} s &= h_0 + d + d_1 + h_1 & s_1 &= s + e \\ h_0 &= \frac{c^2}{2g} & d &= h_0 \cdot \frac{b_0 - b}{b} \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi & h_1 &= h + 5\% \\ d_1 &= \frac{h_0 b_0}{2ab} \cdot h_2 & e &= 4 h_0 \cdot \frac{b_0 k}{b a} \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi \\ Q &= \frac{2}{3} \mu_1 b \sqrt{2g} \cdot \frac{a}{s_1} (s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}}) \\ \mu_1 &= 0,4988 + 0,14965 \frac{\sqrt{a}}{h + \frac{a}{2}} + 0,00305 b. \end{aligned} \right\} \dots X.)$$

W drugim przypadku powyżej wymienionym (Fig: 14), gdy  $h_1 > h_2$ , zauważyć wypada, że ciśnienie  $S_1$  może być wprowadzone już w głębokości  $h_2$ .

W ten sposób unikniemy błąd, popełniony przez opuszczenie trójkąta  $ORU$ , o czem mówiliśmy powyżej (str. 13. Fig: 10), - a zarazem sprowadzimy uważany przypadek do przypadku poprzedniego.

Uprasty stawiane w rzekach, mają zwykle próg mało wzniesiony ponad dno rzeki, czyli małe  $k$ , a pochylenie podłóża czyli ponury upustu bardzo łagodne. W takich razach zatem można

Fig: 14.



przyjąć w wyrażeniu na  $e$ :  $\cos^2 \frac{1}{2} \psi = 1$ .

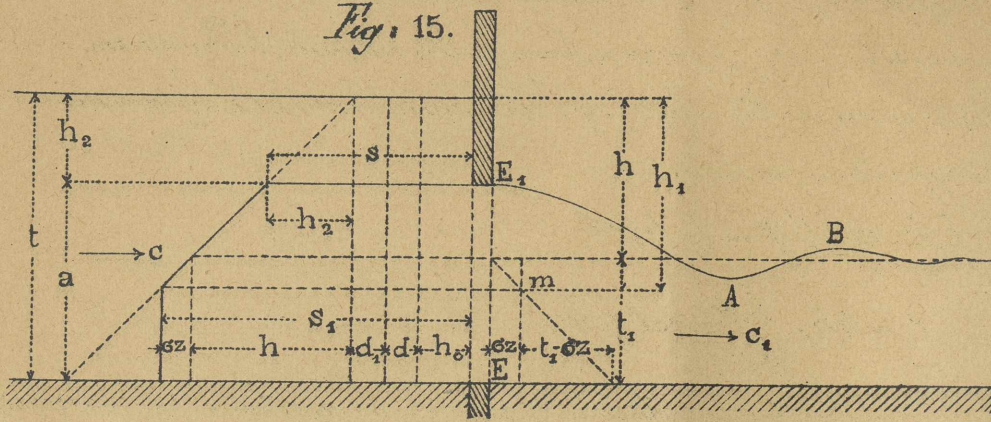
W kanałach próg osłony leży zwykle równo z dnem, a więc:

$$\left. \begin{aligned} k &= 0, & e &= 0, & s_1 &= s = h_0 + d + d_1 + h_1 \\ Q &= \mu_1 \cdot b a \cdot \sqrt{2gs} \end{aligned} \right\} \dots Xa.)$$

przytem  $\mu_1$ , jak wyżej.

b) Przejdźmy teraz do przypadku, w którym woda odpływająca nie zastania całego otworu pod stawidłem. (Fig: 15.)

Fig. 15.



Cisnienia  $h_0$  i  $d_1$ , niezmi-  
niają się; nadto przyrządek ten  
trafia się zwykle przy ośro-  
dach mających próg równo-  
z dnem rzeki czy kanału pu-  
wyżej stawidła; z tego powo-  
du  $k$  jest bardzo małe, albo  
 $= 0$ , a zatem  $c$  odpada ku-  
pnie. Nareszcie położenie  
punktu  $m$  oznaczymy jak

dawniej, i otrzymamy według oznaczeń na figurze 15 tej:

$$\begin{aligned} s &= h_0 + d + d_1 + h_2 & h_2 &= h + t_1 - a \\ s_1 &= s + a - t_1 + \sigma x \end{aligned} \quad \dots \dots \text{X.})$$

Wypływ z części otworu  $E_1 m$  rachujemy według równania I:

$$Q_1 = \frac{2}{3} \mu \sqrt{2g} \cdot \frac{a - t_1 + \sigma x}{s_1 - s} [s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}}] \dots \dots \text{XI.}$$

Na część otworu  $m E$  ciśnienia jest wśrednie jednakowe, a więc:

$$Q_2 = \mu \cdot b (t - \sigma x) \sqrt{2gs_1}$$

i wreszcie:

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad \dots \dots \text{XII.})$$

Wyróżnienie na współczynnik  $\mu$  dla odpływu nad wodą zależy od zwężenia strumienia wody.

1) Jeżeli  $b_0 > b$  i zwężenie ze wszystkich stron, natomiast:

$$\mu = 0,5708 + 0,01355 \sqrt{\frac{a}{h + \frac{a}{2}}} + 0,02109 \sqrt{\frac{1}{a}} + 0,00431 b$$

2) Jeżeli  $b_0 = b$  i próg równo z pionurą, a więc niema zwężenia ani od spodu, ani z boków:

$$\mu = 0,551 - 0,01898 \sqrt{\frac{a}{h + \frac{a}{2}}} + \frac{0,00144}{a} + 0,00048 b$$

3) Jeżeli nadto obok powyższych warunków dolna krawędź stawidła jest zaokrąglona:

$$\mu = 0,8452 - 0,21936 \sqrt{\frac{a}{h + \frac{a}{2}}} + \frac{0,00219}{a} + 0,00048 b.$$

Błędy zawarte w powyższych  $\mu$  wynoszą - 1,0 do + 1,7% całości.

Wyróżnienie na  $\mu_1$  dla odpływu pod wodą, podane przy wzorach l. XI, musi być zastosowane do  $\mu_1$  we wzorze na  $Q_2$  l. XII, ponieważ osobnego wyróżnienia na ten przypadek autor nie podaje.

Jeżeli  $h$  i  $h_0$  są wielkie, natomiast  $a$  i  $t_1$  dosyć małe, natomiast tworzy się niekiedy przed

otworem wał wodny (Wasserschwelle); czyli powierzchnia wody nie tworzy odrazu tej płaszczyzny, która odpowiada spadkowi i przekrojowi kanału, lecz najprzód opada przy *A*. (Fig. 16.) znaczniej niżej, potem podnosi się przy *B* ponad tę płaszczyznę i też samo powtarza się w mniejszym stopniu drugi raz, zanim się ostateczna powierzchnia ustoi. W takim przypadku niewiemy gdzie mierzyć głębokość *t*, według której ma być obrachowane *C*; a więc nie umiemy określić szczerego działania odpływu. Stwierdziliśmy, że nie można przyjąć tego *C*, które odpowiada najmniejszemu przekrojowi przy *A*, i z konieczności robi przyzwolenie, że odpływ odbywa się tak, jakby wał wcale nie istniał i ostateczny poziom wody w kanale zaczynał się też przy upuszczeniu. (str. 61.) Na razie porzucam to założenie bez dalszych uwag, lecz powrócę do niego w jednym z następujących rozdziałów.

Jeżeli upust znajduje się przy stawie lub wielkim zbiorniku wody, wtedy  $C=0$ . Wskutek tego

$$h_0 = d = d_1 = e = 0$$

i pozostaje

$$s = 0$$

$$s_1 = h + \sigma x.$$

Przechodząc przez *A* (Fig. 16.) wysokość stanu odpływu ponad progiem upustu, otrzymamy z poprzednich wzorów

$$Q_1 = \frac{2}{3} \mu b (h + \sigma x) \sqrt{2g(h + \sigma x)}$$

$$Q_2 = \mu_1 b (a - \sigma x) \sqrt{2g(h + \sigma x)}$$

$$Q = Q_1 + Q_2$$

}. XII.)

Jeżeli zaś obwód upustu jest całkowicie zakrzywiony przez wodę odpływającą, jak na Fig. 14, wtedy ciśnienie we wszystkich punktach otworu jest jednakowe a mianowicie  $= h + \sigma x$ ; mamy więc na odpływ prosty wzór

$$Q = \mu_1 b a \sqrt{2g(h + \sigma x)} \dots \dots \dots \text{XIII.}$$

Jeżeli selwa wypuszcza wodę ze zbiornika pod ciśnieniem  $h_1$ , do kanału którego dno jest umiersono równe z progiem selwy (Fig. 17), natenczas

$$h_0 = 0 \quad \text{a więc} \quad d = d_1 = 0;$$

we wzorach XII mamy zatem

$$s = h_1 \quad s_1 = h + \sigma x$$

a więc:

$$Q_1 = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \left[ s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}} \right]$$

$$Q_2 = \mu_1 b (t - \sigma x) \sqrt{2g(h + \sigma x)}$$

$\mu$  i  $\mu_1$  jak pod l. I i XII.

}. XIV.)

Fig. 16.

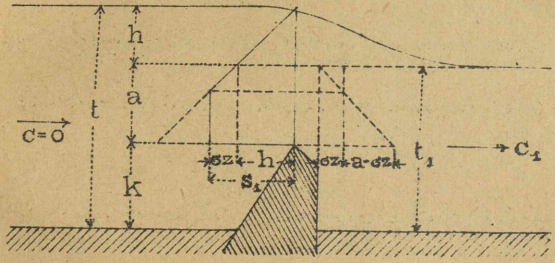
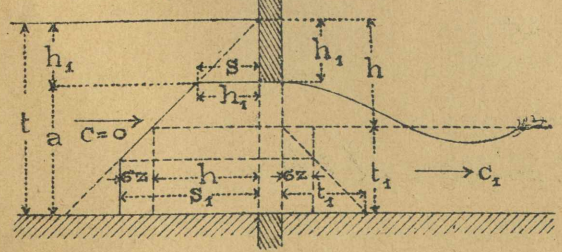


Fig. 17.



Jeżeli wreszcie szluzę znajduje się pomiędzy dwoma zbiornikami, natenczas w powyższych wzorach  $C_1 = 0$  i 5% odpada.

## 6. Szluzy wpustowe do kanałów.

Żary budowane bywają w celu wyprowadzenia z rzek kanałów przekształconych do celów praktycznych. W takim kanale woda ma się poruszać w kierunku odmiennym od kierunku jej ruchu w rzece, a do utworzenia tej nowej prędkości potrzebny jest spadek. Woda ustawi się zatem w kanale niżej niż była spiętrzona przez jar, czyli, powstanie przy wejściu wody do kanału strata co do wysokości.

Wejście do kanału musi być zamknięte; - do czego używa się stawideł, kłap, wrót i t.p., a dla tych przyrządów potrzeba postawić z obu stron pionowe ściany; a więc użyć przekroju odmiennego od tego, który przyjęto dla całego kanału. Przy przejściu z przekroju początkowego przy szluzie do normalnego przekroju kanału, pokonywa woda znów pewne opory, mianowicie, o ile przy szluzie przekrój zwykle bywa mniejszy. Na to potrzeba również pewnej straty z wysokości wody strzymanej przez jar.

Na obrachowanie tych strat nie mamy dotychczas żadnych wzorów; ale znajdujemy za to w Księżkach różnych autorów uwagę, że należy dać kanałowi z początku spadek mocniejszy od normalnego, albo rozszerzyć nieco przekrój kanału przy wyprowadzeniu tego z rzeki. Nigdzie jednak niema wzmianki, w jakim stopniu mają te środki być zastosowane; a widocznem jest przecie, że przyjmując dowolnie takie powiększenie spadku lub przekroju, unieważniamy tem samym rachunek, na podstawie którego określiliśmy normalne wymiary kanału.

Zasady używane w poprzednich przypadkach, dadzą się i tutaj w zupełności zastosować; na wspólnym mianku  $\mu$  i  $\mu_1$  użyjemy wyrażen podanych dla przelewów zatopionych.

a. Jar jest prostopadły do kierunku rzeki, a cała objętość wody przyprływającej odchodzi do kanału zatopionego pod kątem  $\omega$  do kierunku rzeki (Fig. 18).

Chodzi o to, że ciśnienie hydrauliczne wody przyprływającej w rzece z prędkością  $C$ , które działa wprost na ścianę jaru, uderza się w tem samym natężeniu w <sup>(ścianom)</sup> brzożnym tuż przy jarze potopionym. Ciśnienie to, prostopadłe do ściany brzożnej jest na jednostkę powierzchni  $\gamma \frac{C^2}{g}$ . Wymiary kanału niech będą  $b$  i  $t$ , rzut przekroju kanału na płaszczyznę brzożną jest  $bt \sin \omega$ , a więc na niego przypada ciśnienie

$$W_2 = \gamma \frac{C^2}{g} \cdot bt \sin \omega,$$

a w kierunku kanału uderza się

$$W_2 \sin \omega = \gamma \frac{C^2}{g} bt \sin^2 \omega = \gamma b t h'$$

z tego na jednostkę powierzchni w przekroju poprzecznym kanału, mamy

$$h' = \frac{C^2}{g} \sin^2 \omega = 2h_0 \sin^2 \omega.$$

Przy wejściu do kanału, nici wody dorniają, zbieżności poziomego; a wskutek tego przenosi się na przekrój kanału ciśnienie z pewnej części ściany brzośnej; tak jak to było przy skrzydłach jaru przekładowego. Tak wielką jest ta część ściany brzośnej, nie umiemy powiedzieć; autor przyjmuje jej szerokość dowolnie =  $b$ , czyli że z szerokości  $2b$  zbierają nici i ściśnięją się na szerokość  $b$ . Na podobieństwo zatem poprzednich przypadków

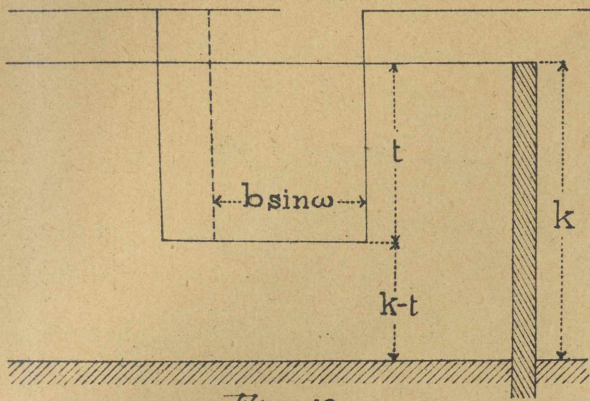
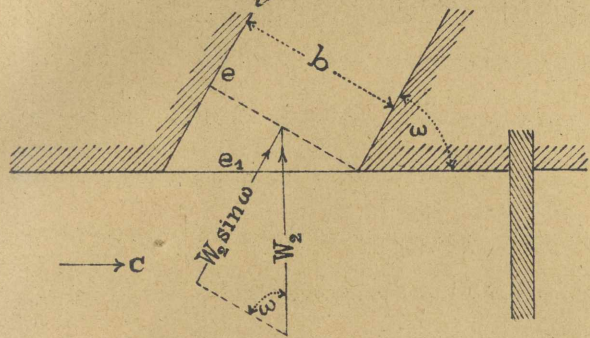


Fig. 18.



$$W_4 = 2yh_0 \cdot \frac{b_0 - b \cdot t}{2} \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi$$

gdzie

$$b_0 = 2b \quad \psi = 90^\circ \quad \cos^2 \frac{1}{2} \psi = \frac{1}{2}$$

a więc

$$W_4 = 0,5yh_0 \cdot bt = ybtd$$

$$d = 0,5h_0$$

Powyzsze dwa ciśnienia dają razem

$$S = 2h_0 (0,25 + \sin^2 \omega)$$

Zbieżności i ściśnięcie nici w płaszczyźnie pionowej, pochodzące stąd że dno kanału leży ponad dnem

rzeki, jest według poprzednich przypadków

$$W_6 = 2yh_0 \cdot b_0 \cdot k \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi = \frac{1}{2} yebkh$$

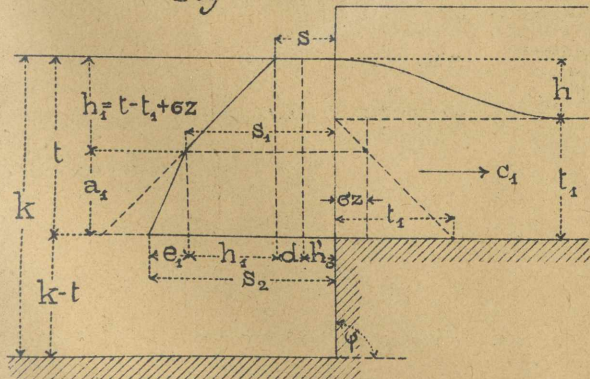
gdzie mamy podstawic (Fig. 19):

$k-t$  zamiast  $k$

$b \cdot \sin \omega$  „ „  $b_0$

$a_1 = t_1 - \sigma z$  „ „  $h$

Fig. 19.



strzymany więc:

$$e = 4h_0 \cdot \frac{k-t}{t_1 - \sigma z} \cdot \sin \omega \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi$$

To ciśnienie działa na przekrój kanału pod kątem:

$90 - \omega$ ; a więc w kierunku kanału udziela się

$$e \cdot \sin \omega = e_1$$

Mamy więc:

$$e_1 = 4h_0 \cdot \frac{k-t}{t_1 - \sigma z} \cdot \sin^2 \omega \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi$$

Bulwar jest zwykle pionowy; a więc  $\cos^2 \frac{1}{2} \psi = \frac{1}{2}$ .

Według powyższego, podzielimy wodę wstępującą do kanału na dwie warstwy:

$$h_1 = t - t_1 + \delta x \quad i \quad a_1 = t_1 - \delta x.$$

Krawcowe ciśnienia jednostkowe oznaczymy przez  $s$ ,  $s_1$  i  $s_2$  i zastosujemy wzór l. VI. str. 13, gdzie  $\frac{h_1}{s_1 - s} = 1$ . Mamy więc:

$$s = 2h_0 (0,25 + \sin^2 \omega) \quad s_1 = s + h_1 \quad s_2 = s_1 + e$$

$$h_1 = t - t_1 + \delta x \quad e = 4h_0 \cdot \frac{h - t}{t_1 - \delta x} \cdot \sin^2 \omega \cos^2 \frac{1}{2} \varphi$$

$$Q_1 = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} (s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}})$$

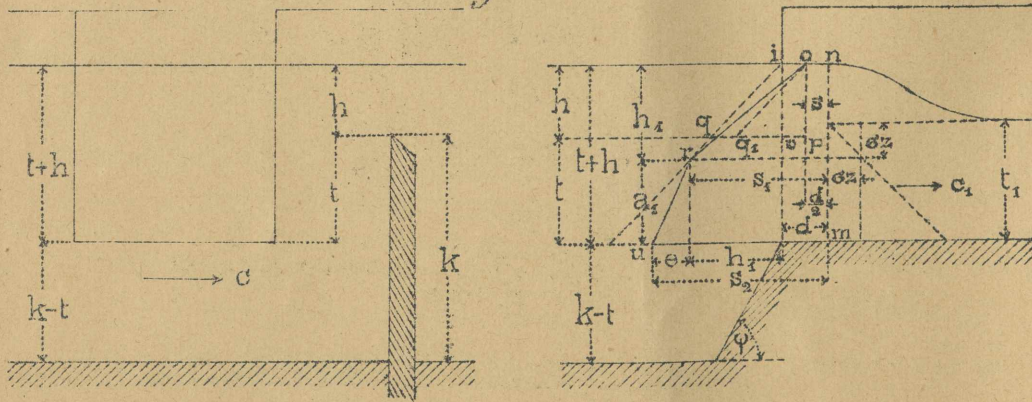
$$Q_2 = \frac{2}{3} \mu_1 b \sqrt{2g} \cdot \frac{a_1}{s_2 - s_1} (s_2^{\frac{3}{2}} - s_1^{\frac{3}{2}})$$

XV.  
(Max l. 37)

b) Część wody przelewa się przez jar stojący prostopadle do biegu rzeki, a reszta idzie do kanału. W tym przypadku widzimy w naturze, że nici wody rozdzielają się już przed początkiem kanału; woda wchodzi zatem do kanału z pewną prędkością początkową, a więc i ciśnienia hydrauliczne przenoszą się z koryta rzeki na przekrój kanału. Teoria nie daje nam sposobu określenia rzeczonych prędkości początkowej, oraz odnośnych ciśnień; zwykle też w podobnych przypadkach hydrauliccy pomijają takowe zupełnie. (Reihlmann Hydromechanik str. 440.)

Jeżeli szluzą wpuścawca stoi bardzo blisko jaru, natenczas w wierzchniej warstwie, równej grubości przelwu na jarze  $h$  (Fig. 20), woda rozchodzi się swobodnie w dwóch kie-

Fig. 20.



runkach; w dolnej zaś warstwie  $t$ , zastkniętej ścianą jaru, ma ona tylko jeden odpływ do kanału. O ile to przedstawienie rzeki zgodzi się z prawdą, ciśnienia hydrauliczne na przekroju kanału będą w warstwie

$h$  mniejsze niż w warstwie  $t$ ; ale nie mamy podstawy do opuszczenia ani pierwszych ani tem mniej drugich. To samo odnosi się do ciśnienia  $h$ , które zależy od  $h_0$ .

Im dalej od jaru stoi szluz, im więcej miejsca od brzegu zajmuje w rzece uprząst, tem więcej będą się ciśnienia wyrównywać w obu warstwach powyższych.

Na Fig. 20 przyjętem, że w warstwie  $h$  przenosi się ciśnienie  $h_0$ , zaś w warstwie  $t$  ciśnienie  $2h_0$  na jednostkę powierzchni, w kierunku prostopadłym do ściany brzeżnej. Będzie zaś rzeczą projektującąs inżyniera uwzględnić miejscowe warunki i skoro sama potrzeba, wprowadzić na całej głębokości  $h + t$  jednokowe ciśnienie.



Wex opuszcza wypełnienie  $h_0$  (wzory l. 39.) a wskutek tego i  $d$  na całej głębokości  $h+t$ , utrzymując, że nici warstwy  $h$  poruszają się równoległe do brzegu. To założenie zgadzałoby się z rzeczywistością w przybliżeniu, gdyby słuza przytykała bezpośrednio do końca jaru; ze względu na konstrukcyjnych jednak jest to niemożliwe; wszakże poniżej kanału stoi w rzece upust, i jest podexas małej wody zamknięty.

Trudno też zrozumieć dlaczego autor opuszcza  $h_0$  dla warstwy  $t$ , skoro wprowadza je w następującym przypadku, gdy słuza stoi przy jarze ukośnym.

W dalszym następstwie opuszczenia  $h_0$  na warstwie  $t$ , powinien był autor opuścić także  $e_1$ ; a jednak wprowadza je we wzorach l. 39.

Na Fig: 20 odcięte jest najprzód  $s$  dla warstwy  $h$ , a to jako połowa tegoż ciśnienia w przypadku poprzeczającym; czyli

$$s = h_0 (0,25 + \sin^2 \omega)$$

Dla warstwy  $t$  przyjętem ciśnienie

$$s_1 = 2s + h_1$$

wreszcie dodatem ciśnienie hydrostatyczne  $h$ , i ciśnienie  $e_1$  z poprzedniego przypadku na warstwę  $t_1$ .

Powyzsze ciśnienia razem wzięte, tworzą powierzchnię  $mnoqgrum$ ; a prowadząc  $Oq$ , równoległe do  $iq$ , zamienimy ją na  $mnoqgrum$ . Niewątpliwie zaś że nie jest prawdopodobnem, ażeby w głębokości  $h$  ciśnienie powiększało się nagle o wielkość  $q,q$ , albo wtem dolne nici pociągają za sobą górne; domyślać się musimy że wzrost prędkości i ciśnienia odbywa się w sposób ciągły; zamiast linii łamanej  $Oq,qr$  przyjmujemy zatem bez znacznego błędu prostą  $O'r$  i otrzymamy powierzchnię ciśnień  $mno'r'u$ . Wzrost ciśnienia zmienia się teraz tylko w głębokości  $h$ , i do obrachowania objętości przepływu mamy wzory:

$$\begin{aligned} s &= h_0 (0,25 + \sin^2 \omega) & s_1 &= 2s + h_1 & s_2 &= s_1 + e_1 \\ h_1 &= h + t - t_1 + \sigma x = h_0 + \sigma x \\ e_1 &= 4h_0 \frac{h-t}{t_1 - \sigma x} \sin^2 \omega \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} s &= h_0 (0,25 + \sin^2 \omega) \\ h_1 &= h + t - t_1 + \sigma x = h_0 + \sigma x \\ e_1 &= 4h_0 \frac{h-t}{t_1 - \sigma x} \sin^2 \omega \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi \end{aligned}} \right\} \text{XVI}$$

$$Q_1 = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \cdot \frac{h_1}{s_1 - s} (s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}}) \quad Q_2 = \frac{2}{3} \mu_1 b \sqrt{2g} \cdot \frac{a_1}{s_2 - s_1} (s_2^{\frac{3}{2}} - s_1^{\frac{3}{2}})$$

Natomiast Wexa wzory odpowiednie, oznaczone liczbą 39 są:

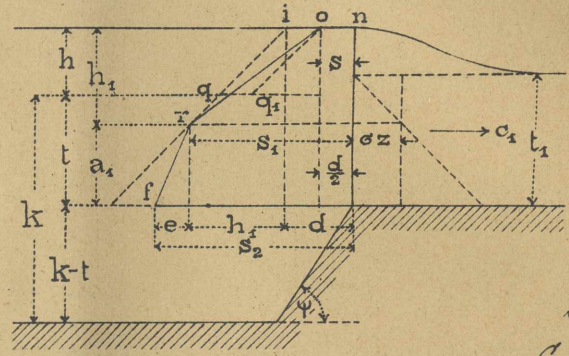
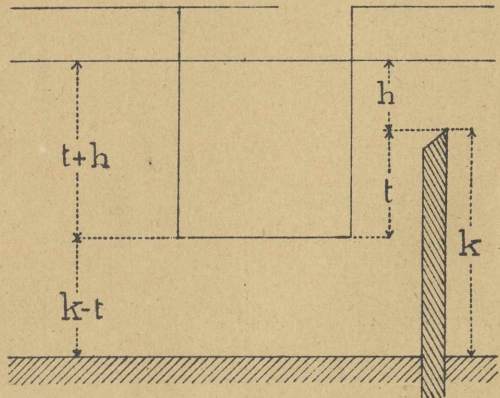
$$\begin{aligned} s &= 0 & s_1 &= h_1 & s_2 &= s_1 + \frac{1}{2} e_1 & \frac{h_1}{s_1 - s} &= 1 \\ Q_1 &= \frac{2}{3} \mu b \cdot \sqrt{2g} \cdot s_1^{\frac{3}{2}} \\ Q_2 &= \frac{2}{3} \mu_1 b \cdot \sqrt{2g} \cdot \frac{a_1}{s_2 - s_1} (s_2^{\frac{3}{2}} - s_1^{\frac{3}{2}}) \end{aligned}$$

c. Szluga wpustowa przy jarze ukośnym.

Jeżeli wszystkie woda odpływa do kanału, natenczas ciśnienia na przekrój jego i wrory na Q są zupełnie te same co w przypadku a (wrory l. XV.).

Mamy więc mówić tylko o tym przypadku, w którym część wody przelewa się przez jar a reszta idzie do kanału.

Wskutek ukośnego ustawienia jaru i działania upustu po stronie kanału stojącego, prąd przyptywającej wody zwrócony zostaje ku temu brzegowi, z którego wychodzi kanał. Mamy zatem warunki inne niż w przypadku b, które nie pozwalają pominąć ciśnień hydraulicznych w warstwie k, równej grubości przelewu na jarze (Fig. 21); uwzględniając jednak uwa-



gi pod b wyprowidriane, przyjmujemy w warstwie k połowę tych ciśnień hydraulicznych, jakże wyrachujemy dla porostatej głębokości kanału t.

Ciśnienie hydrauliczne na ścianę jaru, działające w kierunku prądu, jest

$$W = b \cdot k \cdot \frac{\gamma c^2}{g} = 2\gamma h \cdot b \cdot k.$$

Z tego przenosi się na brzeg, równoległe do jaru, składowa

$$W' = W \cdot \cos \beta$$

Poprowadźmy AC równoległe do jaru, a CB prostopadłe do brzegu, i przypuścimy że z ciśnienia W' przenosi się na stwor kanału AD taka część W'', że zachodzi proporcya:

$$W' : W'' = AB : AD = \frac{b_0}{\tan \beta} : \frac{b}{\sin \omega}$$

a więc:

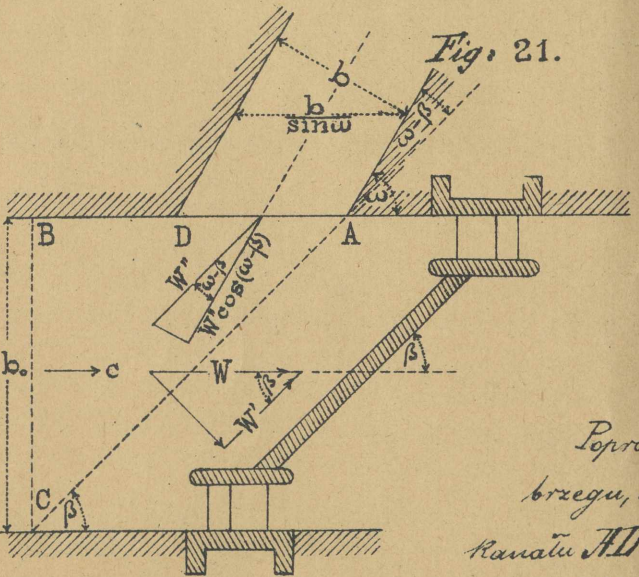
$$W'' = W' \cdot \frac{b}{b_0} \cdot \frac{\tan \beta}{\sin \omega} = W \cdot \cos \beta \cdot \frac{b}{b_0} \cdot \frac{\tan \beta}{\sin \omega}$$

Podstawiając w tem wyrażeniu wartość na W, powyżej zapisaną, musimy jeszcze zamienić k na t; a wtedy otrzymamy:

$$W'' = 2\gamma h \cdot b \cdot t \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \omega}$$

W kierunku osi kanału udziela się składowa  $W'' \cdot \cos(\omega - \beta)$ ; gdzie bądź to kąt  $\beta$

Fig. 21.



bądź też w może być większy, i należy wziąć różnicę obu kątów bez względu na znak.

Jeżeli na koniec przyjmiemy jak dawniej, że powyższe ciśnienie rozkłada się jednostajnie na głębokości  $t$  i wynosi  $h_0'$  na jednostkę powierzchni, to otrzymamy:

$$W'' \cos(\omega - \beta) = 2\gamma h_0' b t \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \omega} \cdot \cos(\omega - \beta) = \gamma b t h_0'$$

$$h_0' = 2h_0 \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \omega} \cdot \cos(\omega - \beta)$$

Wskutek ciśnienia  $h_0'$  na jednostkę przekroju, działającego w kierunku osi kanału, powstaje poziome zwichlenie nici wodnych. Podobnie jak pod  $\alpha$  (str. 21) przyjmiemy że  $x$  szerokości  $2b$  ścieśniają się na szerokości  $b$ ; a wtedy na część przekroju kanału o głębokości  $t$  wypadnie ciśnienie:

$$W_2 = 2\gamma h_0' \cdot \frac{b_0 - b}{2} \cdot t \cos^2 \frac{1}{2} \varphi = \gamma b t d;$$

gdzie  $\varphi$  ma po obu stronach kanału rozmaite wartości, ale połowa ich sumy jest  $90^\circ$ .

Stąd  $\cos^2 \frac{1}{2} \varphi = \frac{1}{2}$  i  $d = 0,5 h_0'$

Według powyższych uwag przyjmiemy zatem, że w warstwie  $t$  działa ciśnienie  $h_0' + d$ , zaś w grubości  $h$  od powierzchni wody przyjmiemy połowę tego ciśnienia. Wex opierała zupełnie ciśnienia na warstwę  $h$  (Wex str. 87-89 oraz Fig. 3/c); zaś dla warstwy  $t$  przyjmuje tylko wyrachowane powyżej  $d$ , a pomija  $h_0'$ ; opierając się na tem, że przedłość  $c$  jest równoległa do brzegu. Ja zaś sądzę, że  $d$  powstaje wskutek  $h_0'$  a więc oba należy uwzględnić jednocześnie.

Ciśnienie hydrauliczne z warstwy  $h-t$ , w kierunku równoległym do biegu rzeki, jest

$$W_3 = 2\gamma h_0 b_0 (h-t).$$

Z tego przenosi się na brzeg składowa  $W_3 \cos \beta$  równoległa do jaru, a według powyższego przypadku z niej na otwór kanału  $AD$ , część

$$W_3'' = 2\gamma h_0 (h-t) b \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \omega}$$

Niechaj ściana brzeżna tworzy z poziomem kąt  $\psi$ ; natenczas wskutek dwukrotnego rozkładu, zamienia się ona na  $W_3'' \cos^2 \frac{1}{2} \psi$ .

To ostatnie ciśnienie działa równoległe do jaru; a w kierunku kanału działa składowa jego

$$W_3'' \cos^2 \frac{1}{2} \psi \cdot \cos(\omega - \beta).$$

Zwykle jednak bulwary są prawie pionowe; można więc przyjąć:

$$\cos^2 \frac{1}{2} \psi = \frac{1}{2}$$

Wreszcie przyjmiemy jak dawniej, że to ciśnienie rozkłada się w stosunku jednostajnie malejącym na warstwę  $t_1 - 5\% = \alpha_1$  (Fig. 21), a więc możemy napisać:

$$W_3 \cdot \cos(\omega - \beta) \cos^2 \frac{1}{2} \psi = 2\gamma h_0 (k-t) b \frac{\sin \beta}{\sin \omega} \cdot \cos(\omega - \beta) \cos^2 \frac{1}{2} \psi = \frac{1}{2} \gamma b (t_1 - \sigma x) e$$

$$e = 4h_0 \cdot \frac{k-t}{t_1 - \sigma x} \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \omega} \cdot \cos(\omega - \beta) \cos^2 \frac{1}{2} \psi.$$

Porównując do powyższego wywodu, restauiowane są ciśnienia na Fig: 21 C. Pierwsze odcięte zostało

$$s = \frac{1}{2} (h'_0 + d) = 1,5 h_0 \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \omega} \cdot \cos(\omega - \beta)$$

na warstwie  $h$ ; a niżej na warstwie  $t$  ciśnienie dwa razy większe. Następnie odcięte jest ciśnienie hydrostatyczne słupa  $h_1$ , gdzie

$$h_1 = h + t - t_1 + \sigma x = h_x + \sigma x$$

jeżeli  $h_x$  oznacza szukane spiętrzenia w silnicy wprustowej; wreszcie ciśnienie  $e$  na warstwie

$$a_1 = t_1 - \sigma x.$$

Powierzchnię w ten sposób otrzymaną przekształcić podobnie jak w przypadku pod b, zamieniając linię łamaną  $OQ_1QR$  na prostą  $OR$ .

Wzrost ciśnienia zmienia się w głębokości  $h_1$ , gdzie ciśnienie na jednostkę powierzchni jest:

$$s_1 = 2s + h_1.$$

Na obrachowanie funkcji mamy zatem następujące wzory:

$$s = \frac{1}{2} (h'_0 + d) \quad s_1 = 2s + h_1 \quad s_2 = s_1 + e$$

gdzie

$$\frac{1}{2} (h'_0 + d) = 1,5 h_0 \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \omega} \cdot \cos(\omega - \beta)$$

$$h_1 = h + t - t_1 + \sigma x$$

$$e = 4h_0 \cdot \frac{k-t}{t_1 - \sigma x} \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \omega} \cdot \cos(\omega - \beta) \cos^2 \frac{1}{2} \psi$$

$$Q_1 = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \frac{h_1}{s_1 - s} (s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}})$$

$$Q_2 = \frac{2}{3} \mu_1 b \sqrt{2g} \frac{a_1}{s_2 - s_1} (s_2^{\frac{3}{2}} - s_1^{\frac{3}{2}})$$

XVII.

Spiętrzenie  $h_x$  w silnicy, jest zawsze małe; a więc na  $\mu$  i  $\mu_1$  użyjemy wyrażeni podanych w rozdziale l. 4 i literę  $\alpha$ :

$$\mu = 0,5366 + 0,4332 h$$

$$\mu_1 = 0,53$$

Przytem jeszcze raz powtarzam, że w odpowiednich wzorach Wena l. 40, jest  $S=0$ ; a stąd wyrażenie na  $Q_1$  zamienia się na:

$$Q_1 = \frac{2}{3} \mu b h \sqrt{2g} s_1.$$

## 7. Doświadczenia Fteley i Stearns.

W ciągu lat 1877 do 1879 z okoliczności dostarczenia dla miasta Bostonu wody roboczej



mianowicie w trzech szeregach pionowych oznaczonych na Fig. 22 przez aa. Stany wody tych rurk odpowiadały ciśnieniom działającym w uwaranych miejscach.

W ten sposób okazało się, że pod kropkowaną linią DE wypadają stany wyższe, a nad tą linią stany niższe niż przy A; różnice są na rysunku wypisane w stopach angielskich.

Test to wynik zupełnie nowy; dowodzi on bowiem że tam gdzie prędkości są większe ciśnienia są mniejsze i na odwrót. W wierzchniej zatem części przekroju objawia się ssące działanie odpływu, w dolnej zaś, wskutek skracania i zwracania nici ku przelewowi ciśnienie wzrasta, co potwierdza istnienie ciśnienia C, wprowadzonego w powyższych wzorach.

Okazało się nadto, że rzeźbione różnice stanów wody a mianowicie różnice dodatne wra- stają wprawdzie wraz z wysokością jaru;

np. przy wysokościach jaru 3,56 2,60 1,70 1,00 0,50 stopi  
wysokości średnio 0,80h. 0,62h. 0,54h. 0,50h. 0,36h.

ale dla dwóch jarów o jednej wysokości zależy od prędkości przy płycie, jak wskazuje następu- jąca tabella (Wex str. 95).

L. p. doświadczenia.	Wysokość jaru	Wysokość wody nad krawędzią przelewu przy A.	h <sub>0</sub> pod czas doświadczenia.	Wzniesienie stanu wody w rurce po nad stan przy A.
8	3,56	0,2685	0,0002	0,0005
53	3,56	0,9238	0,0070	0,0043
56	2,60	0,2685	0,0004	0,0004
72	2,60	0,9180	0,0114	0,0069
74	1,70	0,2676	0,0090	0,0005
93	1,70	0,9223	0,0221	0,0124
95	1,00	0,2694	0,0022	0,0012
111	1,00	0,8854	0,0426	0,0205
113	0,50	0,2594	0,0060	0,0026
122	0,50	0,8269	0,0860	0,0296

Z liczb wypisanych przy ścianie jaru BD widzimy, że największe ciśnienie ma ściana, ma- nijsze około połowy wysokości, albo dokładniej na  $\frac{5}{9}$  wysokości od D; w ogóle zaś widzimy z po- wyższego, że wpływ prędkości przy płycie jest bardzo doniosły; daleko większy niż dotąd powo- dnie przypuszczano.

Do powyższych uwag Wexa dodam jeszcze następujące:

Widzieliśmy, że blisko przelewu i nad krawędzią DE (Fig. 22) ciśnienia są mniejsze niż

przy A. Stąd wynika, że ssące działanie odpływu  $\zeta$  objawia się w porzelewie zupełnym, i zależy widocznie od prędkości w przekroju porzelewu. Stąd wynika że coś podobnego musi istnieć także przy wypływie z jednego zbiornika do drugiego t.j. gdy  $C_1 = 0$ , czemu Wex pośrednio zaprzecza (Wex. str. 16.)

Gdybyśmy odnosili  $\zeta$  do prędkości w przekroju przechodzącym przez krawędź porzelewu, albo w przekroju leżącym w płaszczyźnie stawidła i t. p. uniknęlibyśmy niepewności zachodzącej przy upuszczeniu, gdy tworzy się wał wodny. Przyjęliśmy tam zgodnie z Wexem, że  $C_1$  mierzyć należy w przekroju poniżej wału, gdzie się powierzchnia wody już wyrównała (str. 19.); a jednak założenie takie uważam jako nie racjonalne. Wyrównanie powierzchni wody zachodzi dopiero w odległości kilku metrów od otworu upustu, a w pobliżu wału widzimy zawsze wzburzenie i wirowanie wody, tem wyraźniejsze, im większa jest różnica pomiędzy  $C_1$  a prędkością w otworze. Wiemy nadto, że przy ruchu wody w korycie otwartym, ciśnienie lub opór działający w pewnym miejscu, nie udziela się na znaczne odległości, lecz owszem wpływ jego znika już na przestrzeni bardzo małej. Ta zasadnicza właściwość ruchu wody w korytach otwartych (którą szczególnie podnosił Hagen), oraz widoczna w powyższym przypadku strata energii, wynikająca ze wzburzenia wody, nie pozwalają przypuszczać jakiegobądź taczności lub oddziaływania pomiędzy przekrojami w płaszczyźnie otworu i poniżej wału wodnego.

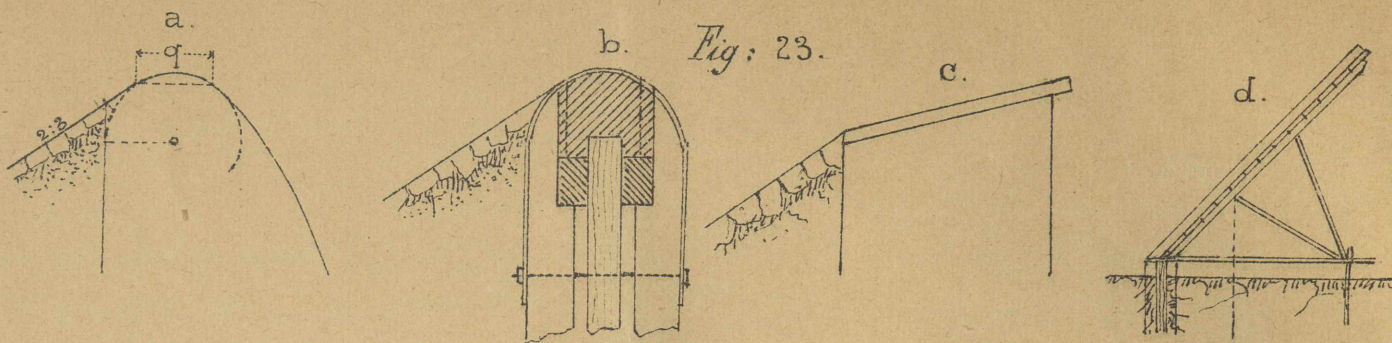
Jeżeli moje zapatrywanie jest trafne, to  $\zeta$  powinno być w rzeczywistości daleko większe niż  $\frac{2}{3} \frac{C_1^2}{2g}$ . Doświadczenie potwierdza ten wniosek; albowiem przy pontonowej bramie Engertha w Kanale Dunaju pod Wiedniem, obserwowano  $\zeta = 0,33$  gdy tymczasem odpowiednie  $C_1$  było 2,088; zatem  $\frac{2}{3} \cdot \frac{C_1^2}{2g} = 0,14$  (Wex str. 142 i 143.)

Tymczasem musimy jednak pozostać przy założeniu Wexa, albowiem zmieniając znaczenie i wartość  $\zeta$ , musielibyśmy zmienić także wyrażenia na  $\mu$ , co nie leży w zakresie niniejszej pracy.

Cisnienie hydrauliczne  $e$  pochodzące od ściany jamy, zależy od jego wysokości; ta zaś jest wymiarem bardzo niepewnym. Zależy ona od działania upustów; — jak bez upustów, zostaje z czasem od strony przepływu zupełnie zasypyany przez rumowisko rzeki; — jak mający upusty ma najwyższą ścianę tuż przy upustach, a im dalej od nich, tem jest więcej zasypyany. Wysokość  $K$  zmienia się zatem, trzeba średnią jej wartość oceniać według miejscowych warunków, a stąd wynika, że ciśnienie  $e$  będzie zawsze obliczone ze znacznym błędem; zapewne 15 do 20% całości.

Wartość  $K$  jest dokładnie wiadoma tylko przy szluzach upustowych i innych przypadkach podobnych, gdy prąd wywołany przez upust ma kierunek równoległy do ściany  $K$ , i płucze ją do poziomu progu w upuszczeniu.

Aby powiększyć ciśnienie  $e$ , a przez to ułatwić przepływ wielkiej wody, należy zatopić przy każdym jamie od przepływu regularną ścianę, jak wskazują szkice Fig. 23 a, b i c. Kształt 23 d mierzy wany dotąd w praktyce odpowiada sam przez się temu warunkowi. —



C. W celu zbadania wpływu zwiężeń koryta w płaszczyźnie poziomej, wykonano 54 doświadczeń. Okazało się przytem, że kalendarz głównie od  $b_0 - b_1$ , a prawie niezależny jest od tego czy przelew jest zwięziony z obu stron czy tylko z jednej.

Wpływ większej liczby zwiężeń, — mianowicie wskutek filarów stojących pośród rzeki, nie został należycie określony, i nie należy wprowadzać z tego powodu poprawek w długości przelewu, jak to niektórzy nalecają.

Doświadczenia wykazały natomiast, że jeżeli ściany boczne kończą się równo z krawędzią przelewu (Fig. 24), i woda może się wachlarzowato rozszerzać, natenczas wynika stąd ułatawienie przepływu znaczące tyle, co przedłużenie przelewu o  $0,021h$ , gdzie  $h$  jest jak zawsze grubość przelewu,  $n$  liczba rozszerzeń na całej długości jaru (liczba odrazów).

Taki przypadek zachodzi przy odrazach drewnianych lub żelaznych, jeżeli za nimi nie ma ścian przedzielających sąsiednie otwory. Nie można natomiast zaliczać tutaj kamiennych filarów, które po stronie odpływu są zawsze znacznie wysunięte po za przelew lub otwór.

Jeżeli  $b$  jest niewiadomą a  $C$  dane, natenczas poprawkę wymiaru  $b$  należy wprowadzić po ukończeniu rachunku, a to ze znakiem minus.

Jeżeli szukamy wysokości otworu  $a$ , należy poprawić  $b$  przed wstawieniem go do rachunku, i nadać poprawkę znak więcej.

Jeżeli wreszcie szukamy  $C$ , natenczas poprawka wymiaru  $b$  może być dokonana przed wykonaniem rachunku, ale również można ją zamienić na poprawkę  $C$  i wprowadzić na końcu.

D) Najważniejszem dla celów praktyki, było badanie nieznanego dotychczas wpływu szerokości grzbietu jaru na grubość przelewu; wspomnianem bowiem na str. 6 że wszystkie nasze wzory na  $C$  odnoszą się do przelewu przez ostrą krawędź. Na poznania tego



wpływ wykonano 92 doświadczeń, a to z przelewami; których grzbiety były 2 3 4 6 i 10 cali szerokie, a grubości przelewów wynosiły od 0,1 do 0,9 st. ang. -

Wyniki doświadczeń przy różnych szerokościach grzbietu były tak do siebie podobne, że według zdania wspomnianych inżynierów, można stosować ich wnioski do grzbietów 2 do 3 stopy szeroki, nie popełniając godnego uwagi błędu; widocznie ten jest, że musimy je również stosować do grzbietów 2 do 3 m. szeroki, bo takie mamy w praktyce.

Doświadczenia polegały na tem, że stałe i wiadome objętości wody, przepuszczano przez przelew tak z ostrą krawędzią, jakoteż z grzbiętami o rozmaitej szerokości, i we wszystkich przypadkach mierzono dokładnie grubość przelewu.

Fig: 25.

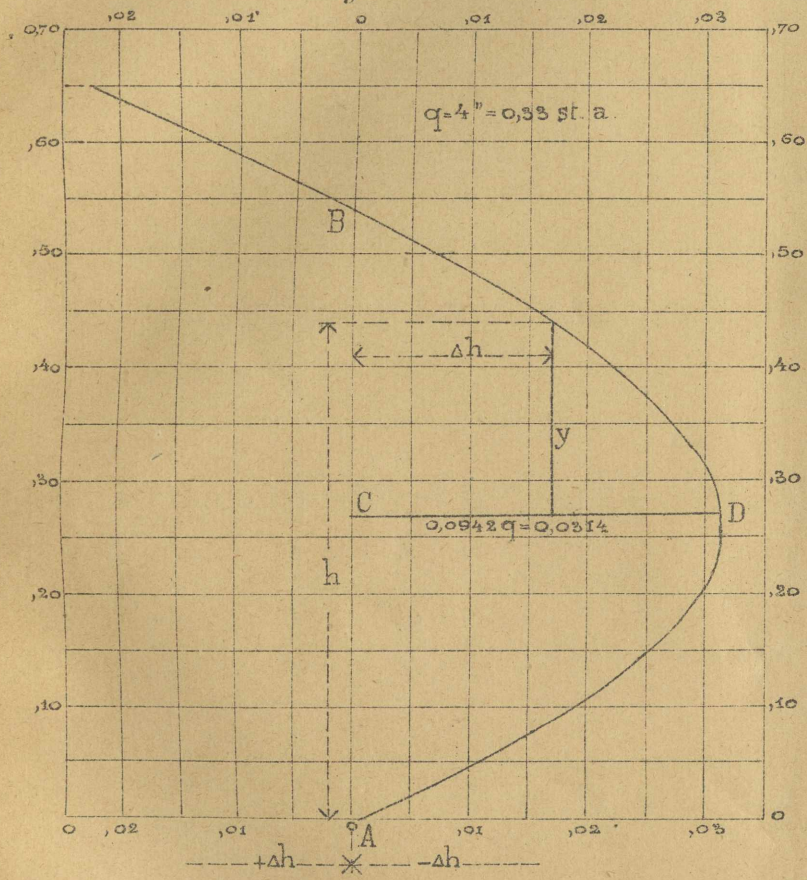


Fig: 25 przedstawia wyniki doświadczeń z przelewem, którego grzebet był 4 cale szeroki. Rzędne krzywej ADB mierzone od dolnego brzegu sieci, przedstawiają grubości przelewu  $h$  odnoszące się do ostrej krawędzi; odpowiednie zaś odcięte mierzone od pionowej punktu A do krzywej ADB, dają nam poprawki  $\Delta h$  dla grzbietu 4 cale szerokiego. Podziałki zwaczą stopy angielskie.

Krzywa ADB jest hyperbola, której wierzchołek leży w D. Odcięta wierzchołkowa  $CD = 0,0942 q$  a rzędna jego  $AC = 0,807 q$ , gdzie  $q$  jest szerokość grzbietu. Przy grubości przelewu  $h = AB = 2 \cdot AC = 1,614 q$  mamy  $\Delta h = 0$ . W tym przypadku zatem,

przez przelew o szerokości grzbietu  $q$  odpływa ta sama objętość jak przez ostrą krawędź. (Fig: 26). - Jeżeli  $h > 1,614 q$ , natenczas  $\Delta h$  jest dodatnie (Fig: 27); w przeciwnym razie jest  $\Delta h$  odjemne (Fig: 28.)

Inneui słowy: grubości przelewu większe od  $1,614 q$ , zostają przez szeroki grzbiec zmniejszone (Fig: 27.); przy grubościach zaś mniejszych od tej wartości, rzecz się na odwrócenie (Fig: 28.)

Dla każdej danej szerokości grzbietu  $q$ , można wykreślić krzywą ADB przy pomocy wzorów:

Fig: 26.

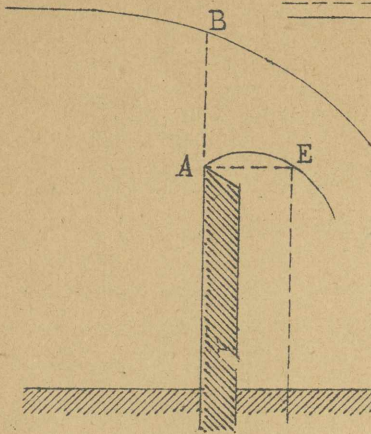


Fig: 27.

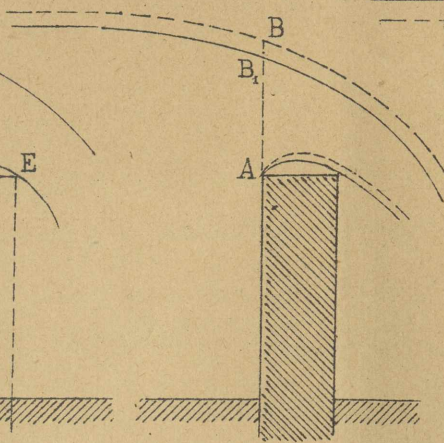
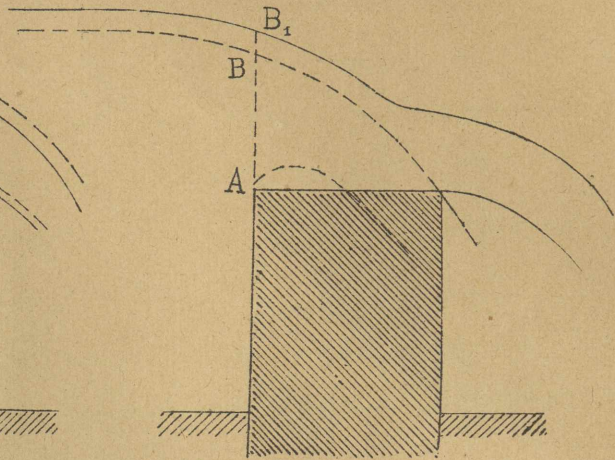


Fig: 28.



$$\left. \begin{aligned} y &= 0,807 q - h \\ \Delta h &= 0,2016 \sqrt{y^2 + 0,2146 q^2} - 0,1876 q \end{aligned} \right\} \text{XVIII.}$$

gdzie  $y$  oznacza rzędną hyperboli mierzoną od osi rzeczywistej, a inne oznaczenia określone były powyżej. Wartości te stosują się do wszelkich miar. Wartości  $\Delta h$  bywają rzadkie - jak wskazuje Fig: 25; - liczebne przykłady podamy w dalszym ciągu.

Przy wprowadzeniu do rachunku poprawki  $\Delta h$ , należy rozróżnić następujące przypadki:

### 1. Przelew zupełny.

a. Spiętrzenie małej wody jest zwykle dane przez wysokość niwelacyjną, której nie można zmienić; wprowadzimy zatem  $\Delta h$  jako poprawkę wysokości jaru, i to ze znakiem odwrotnym od tego który wypadnie ze wzoru XVIII. W ten sposób zmienią się  $k$  i  $c$ , ale w obec niepewności tych czynników, o których mówiliśmy pod B, należy w każdym przypadku rozważyć, czy warto prowadzić z tego powodu rachunki.

b. Jeżeli w danym razie  $k$  jest niewiadome, a wysokość jaru już określona, wypadnie nam zmienić poziom spiętrzenia przez wprowadzenie  $\Delta h$ . Poziom ten niemore być wówczas naprzód dany, jak pod a. Poprawka  $\Delta h$  zmienia w tym razie  $t$  i  $c$ ; ale to można zawsze pominąć.

c. Odnosnie do spiętrzenia wielkiej wody. Przy tym rachunku, wysokość grzbietu przelewu jest już określona, odpowiednio do wymaganego spiętrzenia małej wody; zaś  $k$  niewiadome i niezmiernie nieokreślone, albo przepisane jako maximum, którego nie wolno przekroczyć.

Jeżeli  $k$  niewiadome, natenczas  $\Delta h$  będzie poprawką poziomu spiętrzenia.

Rozumie się, że oznaczając  $k$  przez próby, trzeba wprowadzać  $\Delta h$  do każdej próby, ale z końcem każdego rachunku próbnego.

Jżeli zaś dane jest największe Dopuszczalne  $h$ , natenczas  $\Delta h$  należy wprowadzić przed rachunkiem ze znakiem odwrótnym, a niewiadomą będzie  $Q$ .

2. Przelew niezupełny. Wpływ szerokości grzbietu jest zapewne odmienny niż przy przelewie zupełnym; ale nie mamy żadnej podstawy do określenia poprawki.

Dla przypadków odnoszących się do wielkiej wody, oraz przy upustach, niema istotnej potrzeby wprowadzania poprawki  $\Delta h$ , albowiem  $Q$  jest niepewne. Natomiast bardzo ważną byłaby ona przy szluzach wpuściech, gdzie stosunkowo potrzeba najdokładniejszego rachunku.

Fl.) Wykonano też osobne doświadczenia, ażeby określić wpływ zaokrąglenia grzbietu przelewu; jednakże okazały się one niewystarczające do zamierzonego celu.

Z tego powodu opiera się Wex na dawniejszych doświadczeniach Poileau i Weisbacha, i postanawia, że po wprowadzeniu poprawki  $\Delta h$ , należy  $Q$  odpowiadające płaskiemu grzbietowi pomnożyć przez 1,22, ażeby otrzymać objętość przelewu przez grzbiet okrągły tej samej szerokości (Wex str. 122/3).

Jest to bardzo wielka poprawka, a przytem w książce Wexa słabo uzasadniona. Zawiera ona błąd przynajmniej na 2% całości; i z tego powodu na nic nam się nie przyda większa dokładność współczynnika  $\mu$ .

Wspomniane dawniejsze doświadczenia wykonane były z przelewami zaokrągleniami według półkola; co w praktyce rzadko kiedy może być zachowane, jak to widzimy na przedstawionych powyżej szkicach Fig. 23.

Najwięcej zbliża się do półkola przekrój 23 b. - Kształt 23 c. najwięcej używany przy jamach drewnianych, uważać musimy przy rachunku za grzbiet płaski poziomy, będzie on zwykle niekorzystny dla przepływu, bo za szeroki;  $\Delta h$  wypadnie dodatnie.

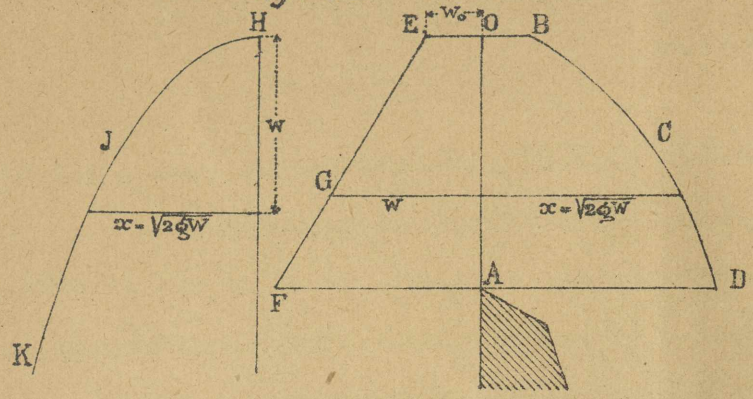
Żak 23 d. może być wykonany bądź to z płaskim grzbietem poziomym o małej szerokości, co jest korzystne dla przepływu, bądź też z ostrą krawędzią.

8.) Zastosowanie rachunku wykreślnego do metody Wexa.

We wszystkich powyższych wrotach przyjmowaliśmy, że jeżeli w głębokości  $y$  ma miejsce ciśnienie  $W$  na jednostkę powierzchni (Fig. 29), natenczas odessa na nią wody posiada prędkość

$$x = \sqrt{2gw}$$

Fig. 29.



Jeżeli  $EF$  przedstawia prawo wzrostu ciśnienia  $W$ , zaś  $BCD$  odpowiednio prawo wzrostu prędkości  $X$ , natomiast powierzchnia  $ABCD$ , promienna przez włośnicowy w danym przypadku współczynnik  $\mu$ , przedstawia nam objętość wody przepływającej przez otwór o wysokości  $AO$ , i na jednostkę w kierunku, prostym do płaszczyzny rysunku, t.j. w

Kierunku szerokości otworu lub przelewu, którą w poprzednich rozdziałach oznaczaliśmy przez  $b$ .

Jeżeli więc oznaczymy powierzchnię  $ABCD$  przez  $Q$ , a objętość przepływu na długości  $b$ , jak dawniej przez  $Q'$ , to mamy

$$\mu Q = \frac{Q'}{b}$$

Powierzchnia  $Q$  przedstawia wartość całki we wzorze

$$Q = \mu b \int \sqrt{2gy} \cdot dy$$

zawiera ona zatem czynnik  $\frac{2}{3}$ , a współczynnik empiryczny jest  $\mu$ ; nie zaś  $\frac{2}{3} \mu$  jak przyjmie  $Wex$ . Będziemy więc umierać współczynniki  $Wex$  przez  $1,5$ .

Skoro tylko prawo  $EF$  jest dane, łatwo znaleźć dla każdego  $W$  odpowiednie  $X$ , a to za pomocą na przykład wykreślonej paraboli  $HJK$ , której rzędne są  $W$  a odcięte  $X$ , i którą nazwać będziemy dla skrótowi parabolą spadku.

We wszystkich przypadkach jakie omawialiśmy powyżej, prawo ciśnienia  $EF$  przedstawia jedną lub dwie proste; odnośnie zatem prawo prędkości przedstawia jedną lub dwie parabole. Odcięte tych ostatnich będą odciętami paraboli spadku, przesuniętymi nieco w kierunku pionowym, o ile na powierzchni wody mamy zwykłe ciśnienie

$$OE = W_0 > 0,$$

albo ten, jeżeli  $W$  wzrasta w stosunku odmiennym od głębokości.

Prawo wzrostu ciśnienia  $W$ , przedstawia odnośnie do przepływu przez jary i otwory cztery różne przypadki.

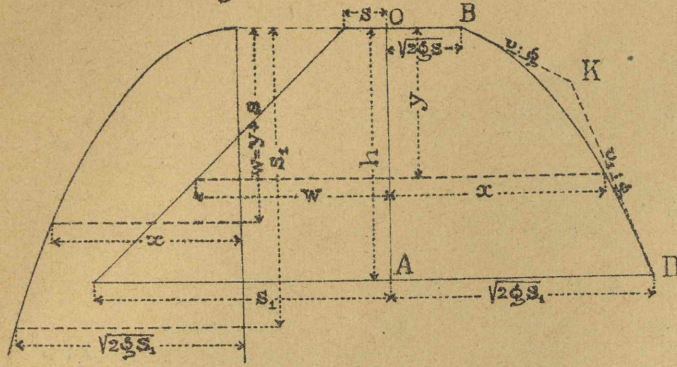
1.)  $W - W_0 = y$

t.j. wzrost ciśnienia jest równy wzrostowi głębokości.

To ma miejsce przy przelewie zupełnym, w części wierzchołkowej przelewu nierozrębnego, leżącej ponad zwierciadłem odpływu, oraz w odpowiedniej części wypływu z upustku lub

szluzy wpustowej.

Fig: 30.



Cisnienie na powierzchni wody oznaczmy przez  $s$  (Fig: 30), a ciśnienie w głębokości  $h$  przez

$$s_1 = s + h$$

W dowolnej głębokości  $y$  mamy ciśnienie

$$w = s + y$$

oraz prędkość

$$x = \sqrt{2g(s+y)},$$

złąd:

$$x^2 = 2g(s+y)$$

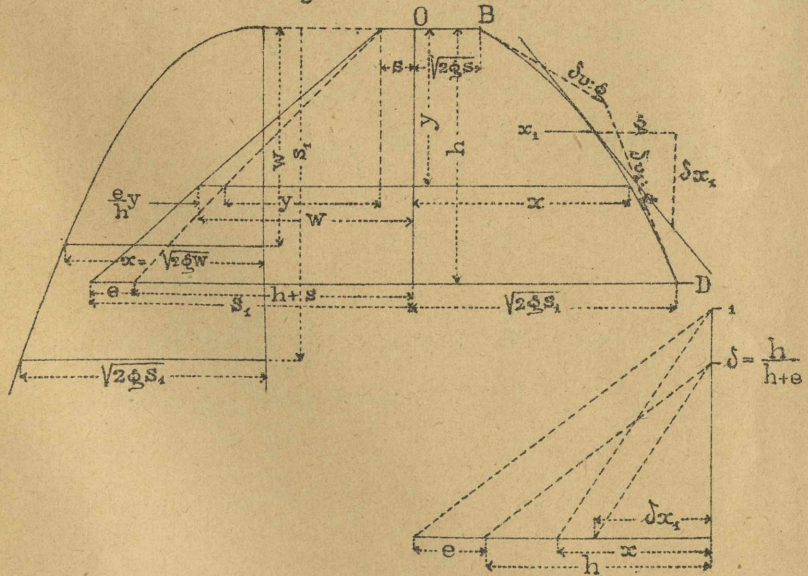
$$y = \frac{x^2}{2g} - s$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{x}{g} \dots \dots \dots (XIX.)$$

2.) 
$$\underline{w - w_0 = y + \frac{e}{h} \cdot y}$$

Wzrost ciśnienia zależy od głębokości oraz od ciśnienia hydraulicznego  $e$ ; ten przypadek mamy przy przelewie zupełnym, oraz w części stwora upustu, położonej nad stanem odpływu.

Fig: 31.



Według oznaczeń na Fig: 31, w dowolnej głębokości  $y$  mamy ciśnienie

$$w = s + y + \frac{e}{h} \cdot y$$

oraz prędkość

$$x = \sqrt{2g(s + y + \frac{e}{h} \cdot y)}$$

złąd

$$y = \frac{h}{2g(h+e)} x^2 - \frac{sh}{h+e}$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{x}{g} \cdot \frac{h}{h+e} = \delta \cdot \frac{x}{g} \quad (XXa)$$

gdzie  $\delta = \frac{h}{h+e}$

Przy szluzach wpustowych (według wzorów XVI i XVII), mamy ciśnienia przedstawione na Fig: 32.

Wierzchniej części  $h_1$  wrasta ciśnienia w ten sposób, że w głębokości  $y$  mamy ciśnienie

$$W = s + \frac{s+h_1}{h_1} \cdot y$$

Prędkość zatem jest

$$x = \sqrt{2g(s + \frac{s+h_1}{h_1} \cdot y)}$$

$$y = \frac{h_1 x^2}{2g(s+h_1)} - \frac{sh_1}{s+h_1}$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{h_1 x}{g(s+h_1)} = d \cdot \frac{x}{g} \dots \dots \dots \text{XXI})$$

gdzie:  $d = \frac{h_1}{h_1 + s}$

Dolną część  $a_1$  (Fig. 32) zaliczamy do następującego przypadku.

3.) 
$$W - W_0 = \frac{e}{a_1} \cdot y$$

Ten przypadek zachodzi przy części podwodnej porzelewni nieuprętej, oraz przy upustach i szluzach wpułstowych. Ciśnienie hydrostatyczne nie zmienia się, a wzrost ciśnienia  $W$  pochodzi wyłącznie od ciśnienia hydraulicznego  $e$ .

W głębokości zatem  $y$  pod stanem odpływu, mamy według oznaczeń na Fig. 33.

$$W = s_1 + \frac{e}{a_1} \cdot y$$

$$x = \sqrt{2g(s_1 + \frac{e}{a_1} \cdot y)}$$

$$y = \frac{a_1 \cdot x^2}{e} - \frac{a_1 \cdot s_1}{e}$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{x}{g} \cdot \frac{a_1}{e} = d \cdot \frac{x}{g} \dots \dots \dots \text{XXI.)}$$

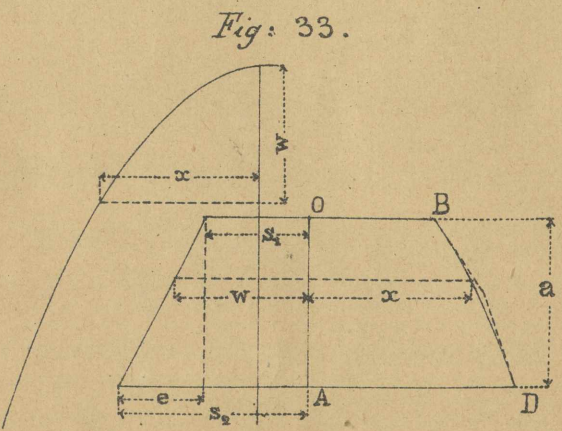
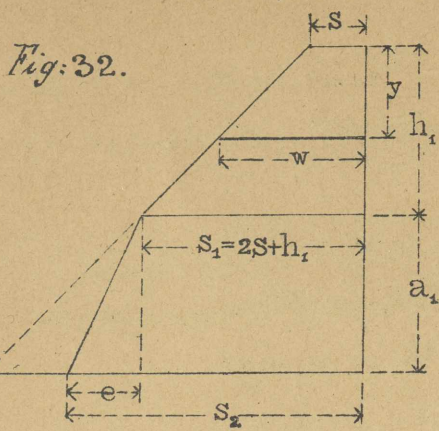
gdzie  $d = \frac{a_1}{e}$

W każdym z powyższych przypadków, stosunek  $\frac{dy}{dx}$  wskazuje nam sposób wykreślenia stycznych do paraboli  $BD$ . Jeżeli

$$\frac{dy}{dx} = \frac{x}{g}$$

matemáticas od punktu styczności odetniesz poziomą  $g$  w podziatce prędkości, stąd zaś pionowo  $x$  w podziatce wysokości. Otrzymany punkt będzie punktem styczności. Zwykle używac będziemy wielkich podziatek, a więc wygodnie będzie odcinać tylko ułamki  $g$  i  $x$  np.

od  $\frac{1}{5}$  do  $\frac{1}{20}$ .



Jęzieli

$$\frac{dy}{dx} = \frac{Dx}{g}$$

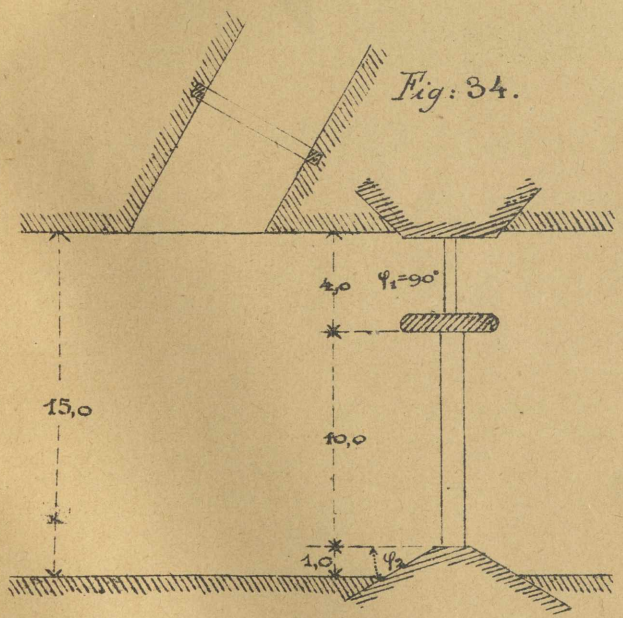
natenczas trzeba poprzedzyszkciem pomnożyć  $X$  przez stosunek  $D$  którego wartości podane są we wzorach XIX do XXI. Będzie to proste mnożenie wykresłne, które zobaczymy w następujących przykładach; nadto na Fig. 31 przedstawione jest dla przykładu wykresłenie wartości  $D$  i  $Dx$ . Dla wykresłenia każdej paraboli, wystarczy oznaczenie stycznych w punktach końcowych. Punkt przecięcia się stycznych przypada w połowie poziomej odległości punktów styczności, co posłuży za kontrolę.

Na podziałkę wysokości zalecam  $\frac{1}{10}$  m.w., na podziałkę prędkości  $\frac{1}{20}$  lub  $\frac{1}{40}$ . Rysunki zalecane w dalszym ciągu, uważać należy za połowę rysunków rzeczywistych, na których odmierzone były wyniki przytoczone w tekście i na rysunkach wypisane.

## 9. Przykłady.

### I. Przelew zupełny.

Przyjmijmy rzekę 15 m. szeroka, w której postawiony został jak kamieniec, przeciętnie 4 m. wysoki, tworzący 10 m. długi przelew. (Fig. 34.)



Pytanie: jaka będzie grubość przelewu dla wielkiej wody, której objętość jest 35 m<sup>3</sup>, a której stan naturalny jest niższy od grzbietu jaru. Pod lewym brzegiem mamy upust zajmujący 4 m. z szerokości koryta, i przyjmijmy tutaj  $\varphi_1 = 90^\circ$ . Pod prawym brzegiem mamy przyrostek występujący tylko 1 m. poza linię brzoinę, przy którym  $\varphi_2 = 30^\circ$ .

Wpływ obu powyższych kątów można uwzględnić w proporcji do odpowiednich rzęziń. W tym celu przyjmijmy średni kąt  $\varphi$  według warunku:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \varphi &= \frac{4}{5} \cdot \frac{1}{2} \varphi_1 + \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{2} \varphi_2 \\ &= \frac{4}{5} \cdot 45 + \frac{1}{5} \cdot 15 = 36 + 3 = 39 = \text{okr. } 40^\circ \end{aligned}$$

$$\text{tg } \frac{1}{2} \varphi = 0,839.$$

Kąt nachylenia ściany jaru od strony przypląwu niech będzie

$$\varphi = 47^\circ, \text{ stąd } \frac{1}{2} \varphi = 23^\circ 30' \quad \text{tg } \frac{1}{2} \varphi = 0,435.$$

Według powyższego mamy zatem następujące dane:

$Q = 35 \text{ m}^3$

$h = 4 \text{ m}$

$b_0 = 15 \text{ m}$

$\text{tg } \frac{1}{2} \psi = 0,839$

$b = 10 \text{ m}$

$\text{tg } \frac{1}{2} \varphi = 0,435$

Dla zorientowania się co do wartości  $h$ , wyrachujemy ją z prostego wzoru:

$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} h^{\frac{3}{2}}$

gdzie dla  $\mu$  użyjemy wyrażenia podanego przy wzorach l. I str. 9., przyjmując tamże  $k=1$ . Otrzymamy więc

$\frac{2}{3} \mu = 0,45$

$35 = 0,45 \cdot 10 \cdot 4,429 \cdot h^{\frac{3}{2}}$

$h^{\frac{3}{2}} = 1,84$

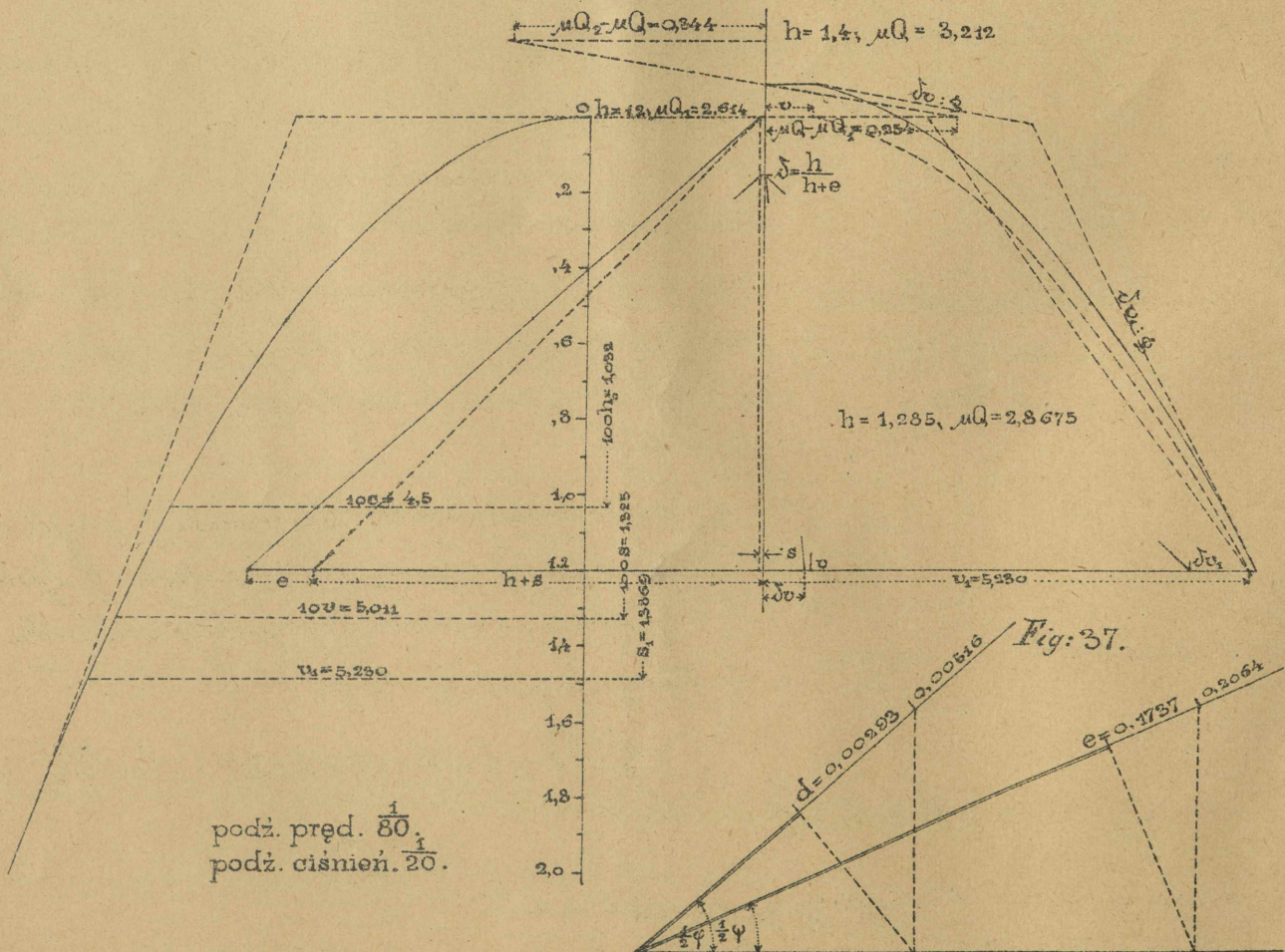
$h^3 = 3,385$

$h = 1,5$

Nawarywszy że wzór użyty w tym razie nie zawiera ciśnienia hydraulicznego, możemy się domyślać że otrzymane  $h$  jest za wielkie. Na pierwszą próbę przyjąłem

Fig. 36.

Fig. 35.





x tego powodu  $h = 1,2$  m. i na podstawie tego założenia wykonatem wykreślenie przedstawione na Fig. 35 do 37. Co do skrajnych, powołuje się na wzory l. I.

Ciążenie hydrauliczne oznaczamy po części za pomocą rachunku, pro części drogi wykreślają. Przedewszystkiem potrzebuemy mieć  $c$ .

Według powyżej wyliczonych danych

$$t = k + h = 4 + 1,2 = 5,2$$

$$c = \frac{Q}{b \cdot t} = \frac{35}{15 \cdot 5,2} = 0,45 \text{ m.}$$

Fig. 36 przedstawia parabolę spadku, na której dla odciętej  $10c = 4,5$  m, odczytujemy rzędnę

$$100h_0 = 1,032 ; \text{ a więc } h_0 = 0,01032.$$

Przy pomocy tej wartości mamy:

$$d = h_0 \cdot \frac{b_0 - b}{b} \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi = 0,01032 \cdot \frac{5}{10} \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi = 0,00516 \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi$$

To mnożenie wykonane jest na Fig. 37; daje ono

$$d = 0,00293$$

Na oznaczenia wartości  $e$ , wyrachujemy najprzód

$$4h_0 \cdot \frac{b_0 \cdot k}{b \cdot h} = 0,04128 \cdot \frac{60}{12} = 0,2064 = l$$

a wtedy . . . . .

$$e = l \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi.$$

To mnożenie wykonane na Fig. 37. daje:

$$e = 0,1737.$$

Mamy więc:

$$s = h_0 + d = 0,01325$$

$$s_1 = s + h + e = 1,3869$$

Na paraboli spadku odmierzamy rzędnę  $100s$  i  $s_1$ , i odczytujemy odpowiednie odcięte

$$10v = 5,011 ; \quad v = 0,5011 \quad v_1 = 5,230$$

Te wartości odcięte na prawo od osi rzędnych, dają nam końcowe punkty paraboli przedkości (Fig. 35), która na rysunku jest kreskowana. Aby kreślić styczną do tej paraboli, trzeba znaleźć wartości  $Dv$  i  $Dv_1$ , gdzie

$$D = \frac{h}{h+e}$$

a wtedy nachylenie stycznej w punkcie  $v$ , jest  $Dv = g$ .

Oznaczenie wartości  $D$  wskazane jest pod parabolą spadku; zaś redukcja  $v$  i  $v_1$  na  $Dv$  i  $Dv_1$ , jest po prawej stronie, pod parabolą przedkości. Są to proste mnożenia wykresłne.

Powierzchnia ograniczona osią rzędnymi i parabola prędkości, może być obrachowana za pomocą przekształcenia <sup>paraboli</sup> na prostą, albo jako suma trapezów i odcinka parabolicznego. Ta powierzchnia

$$Q = 4,2148 \text{ m}^2$$

Według wzoru l. I. str. 9.

$$\frac{2}{3} \mu = 0,4137 \quad \mu = 0,6205$$

a więc:

$$\mu Q = 2,614 \text{ m}^2$$

Długość przeklewni jest

$$b = 10 \text{ m.}$$

ale z powodu zaokrąglenia korony, mamy wprowadzić 1,22 b, czyli 12,2 m. Powierzchnia  $\mu Q$  powinna zatem mieć wartość

$$\mu Q = \frac{Q}{12,2} = \frac{35}{12,2} = 2,869 \text{ m}^2$$

Według powyższego wypadku nam zatem powierzchnia o  $2,869 - 2,614 = 0,255 \text{ m}^2$  za mało.

Na drugą próbę przyjętem  $h = 1,4 \text{ m.}$ , a po przeprowadzeniu wykresienia w ten sam sposób jak wyżej, otrzymatem

$$\mu Q = 0,619 \cdot 5,185 = 3,212 \text{ m}^2$$

a więc wartość o

$$3,212 - 2,869 = 0,343 \text{ m}^2 \text{ za wielką.}$$

Odcinając różnicę 0,255 i 0,343 w odpowiednich porównaniach i z odpowiedniami znakami, otrzymamy z wykresłej interpolacji wskazanej na osi rzędnych Fig: 35, poprawną wartość

$$h = 1,285 \text{ m.}$$

Tę wartość sprawdzitem na rysunku, przeprowadzając po raz trzeci powyższy rachunek, oraz wykresienie powierzchni  $Q$ . Ostateczna parabola jest pełno wyciągnięta, a wykresienia potrzebne do oznaczenia d, e, d' i redukcya prędkości zostały starte z rysunku, ażeby nie zagmatwać wykresień poprzednich. Otrzymałem

$$Q = 4,6205 \quad \mu = 0,6202 \quad \mu Q = 2,8675$$

Tę wartość na  $\mu Q$  możemy uważać jako aż nadto dokładną, albowiem różnica  $2,8690 - 2,8675 = 0,0015 \text{ m}^2$

wynosi około 0,0005 calosci; gdy tymczasem prawdopodobny błąd potężniejszy z  $\mu, h,$  i z długością 1,22 b, wynosi przynajmniej 0,02 calosci.

Dla porównania wykreślenia z rachunkiem, oraz w celu wskazania właściwego sposobu postępowania dla studiujących przedmiot, podaje rachunek liczebny wartości  $\mathcal{Q}$ , dla  $h = 1,285$ .

$t = k + h = 5,285 \text{ m}$

$c = \frac{\mathcal{Q}}{b \cdot t} = 0,44$

$g = 9,808$

$h_0 = \frac{c^2}{2g} = 0,00987$

$d = h_0 \cdot \frac{b_0 - b}{b} \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \varphi$   
 $= 0,00987 \cdot 0,5 \cdot \cos^2 40^\circ$

$\lg h_0 \cdot \frac{b_0 - b}{b} = \bar{3},6932872$

$\frac{2 \lg \cos \frac{1}{2} \varphi = \bar{1},7685080}{\lg d = \bar{3},4617952}$

$d = 0,00289$

$e = 4h_0 \cdot \frac{b_0 k}{bh} \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \varphi$

$4h_0 = 0,03948$

$b_0 k = 60$

$bh = 12,85$

$\frac{1}{2} \varphi = 23^\circ 30'$

$\log 4h_0 = \bar{2},5963771$

$\log b_0 k = 1,7781513$

$C \log bh = \bar{2},8910969$

$\frac{2 \lg \cos \frac{1}{2} \varphi = \bar{1},9247956}{\log e = \bar{1},1904209}$

$e = 0,15503$

$s = h_0 + d = 0,01276$

$s_1 = s + h + e = 1,45279$

$s_1 - s = 1,44003$

$s_1^{\frac{3}{2}} = 1,7511$

$\frac{2}{3} \mu = 0,41357$

$s^{\frac{3}{2}} = 0,0014414$       $\sqrt{2g} = 4,429$

$\frac{s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}}}{s_1 - s} = \frac{1,7497}{1,4400}$

$\mathcal{Q} = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \cdot h \cdot \frac{s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}}}{s_1 - s}$

gdzie z powodu zaokrąglenia grzebienia

$b = 12,2 \text{ m}$  zamiast  $10 \text{ m}$ .

$\log \frac{2}{3} \mu = \bar{1},6165490$

$\log b = 1,0863598$

$\lg \sqrt{2g} = 0,6463057$

$\lg h = 0,1089031$

$\lg (s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}}) = 0,2429636$

$C. \lg (s_1 - s) = \bar{1},8416375$

---

$\lg \mathcal{Q} = 1,5427187$

$\mathcal{Q} = 34,89 \text{ m}^3$

Tak więc k ma lexione Droga, wykreślony, daje przy sprawdzeniu rachunkiem błąd wynoszący około

$\frac{11}{3500}$  czyli 0,003 części;

a więc około  $\frac{1}{7}$  błędu dowolnego wskutek nieprecyzyjności  $\mu$  i  $h$ .

Otrzymane powyżej  $h$  można jeszcze poprawić stosownie do szerokości grzebienia jaku, według wzoru l. XVIII.

Przyjmijmy że  $q = 1,5 \text{ m}$ ; natomiast

$y = 0,807 \cdot 1,5 - 1,285 = -0,075$

$$\Delta h = 0,2016 \sqrt{y^2 + 0,2146 q^2} - 0,1876 q = -0,14.$$

Ta poprawka może mieć praktyczną wartość tylko wtedy, gdy nam chodzi o wykaranie najmniejszego o ile być może spiętrzenia wielkiej wody; w żadnym razie nie wywoła ona zmian w rachunku lub w rozmiarach jaru.

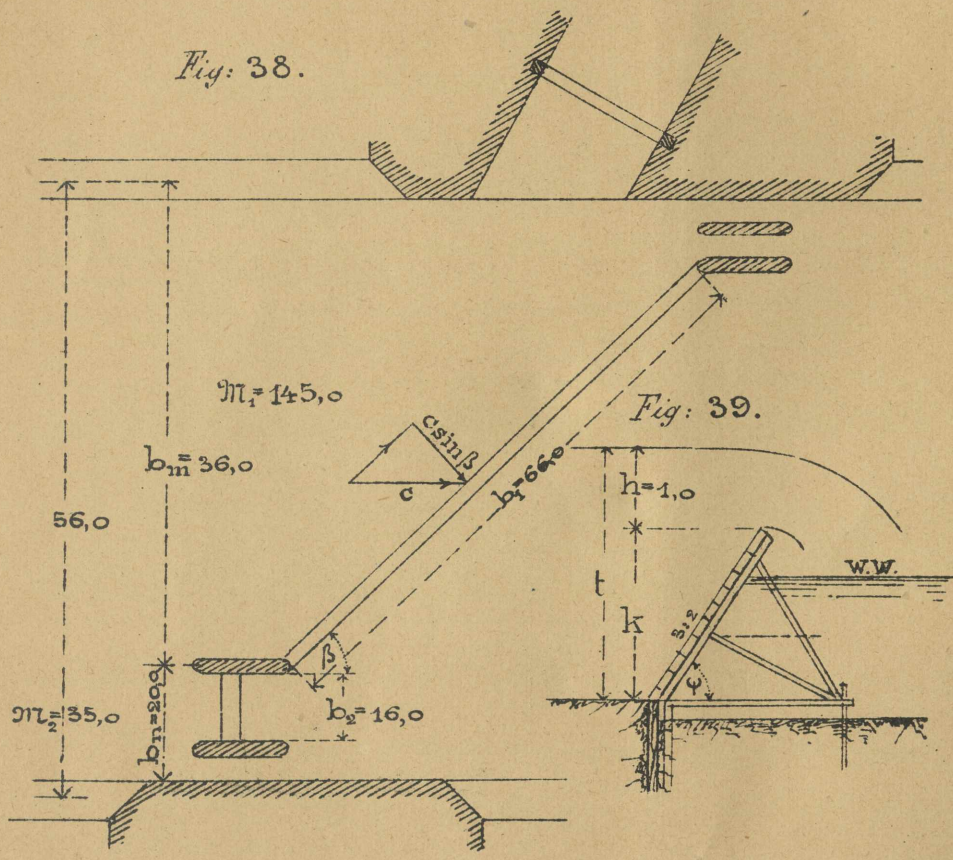
### 2. Przelew tamany.

Przekaz tamany przedstawiony na Fig. 38 i 39 przelewa się wielka woda, której objętość jest 180 m<sup>3</sup> na sekundę.

Tworzy ona przelew rurkowy, którego grubość stosownie do największego dowolnego spiętrzenia, może wynosić najwyżej 1 m.

Przyjmujemy jar drewniany zakończony ostrą krawędzią; nie ma więc poprawki  $\Delta h$ . Gdyby zaś należało uwzględnić szerokość grzbietu, należałoby wprowadzić poprawkę terca, t.j. przed rozpoczęciem rachunku (patrz str. 33.)

Wysokość jaru, czyli niwelacyjną wysokość grzbietu uważam również jako daną, a



mianowicie określona, według żądanego spiętrzenia małej wody, której objętość i grubość przelewu nie jest nam potrzebna w tym przykładzie.

Z powyższego wynika, że do przepisanej grubości przelewu zastosować musimy długość jego. Przyjmujemy też że całe 180 m<sup>3</sup> ma przejść przez jar przelewowy, a pomijamy upusty, przez które również część wody przepływać może.

Aby oszacować długość jaru w przybliżeniu, wyrachujemy ją z prostego wzoru:

$$Q = \frac{2}{3} \mu b h^2 \sqrt{2g} = \frac{2}{3} \mu b \cdot 1,0 \cdot 4,429$$

ponijając wszelkie ciśnienia hydrauliczne. Wartość  $\frac{2}{3} \mu$  oznaczamy z wyrażenia podanego pod l. I albo III; przyjmując ją można w przybliżeniu

$$\frac{2}{3} \mu = 0,5$$

a wtedy:  $b = 81,8 \text{ m.}$  czyli okr. 82 m.

Podzielmy korytło rzeki na dwie części:  $b_m = 36 \text{ m}$ . i  $b_n = 20 \text{ m}$ ; Sługość przelewu prostokątnego przyjmijmy stałe:  $b_2 = 16 \text{ m}$ ; a więc ukośny musi mieć sługość  $b_1 = 66 \text{ m}$ . Te sługość wstawimy w część rzeki  $b_m$ , porostawiając pod lewym brzegiem  $6 \text{ m}$ . naj upust.

Stąd wypada

$$\sin \beta = \frac{30}{66}$$

Skoro utworzy się na jarze w środku jednokława grubość przelewu, natenczas objętości  $M_1$  i  $M_2$  przepływające w częściach rzeki  $b_m$  i  $b_n$  będą w przybliżeniu proporcjonalne do  $b_1$  i  $b_2$ ; możemy więc przyjąć:

$$180 : M_2 = 82 : 16$$

stąd  $M_2 = 35 \text{ m}^3$  a następnie:  $M_1 = 145 \text{ m}^3$ .

Niechaj jar będzie w części  $b_2$  średnio  $2 \text{ m}$ . wysokości; w części zaś  $b_1$  średnio  $2,5 \text{ m}$ ; natenczas musiałyby według powyższego powstać prędkości:

$$c_1 = \frac{M_1}{b_m t} = \frac{145}{36 \cdot 3,5} = 1,15 \text{ m}$$

i  $c_2 = \frac{35}{20 \cdot 3} = 0,58 \text{ m}$ .

Jeżeli lewy brzeg jest wklęśnym brzegiem rzeki; wtedy może być jest tak wielka różnica pomiędzy prędkościami  $c_1$  i  $c_2$ ; w prostym zaś korycie utworzą się prędkości mniej różne, a przytem część  $b_2$  zostanie o tyle nasypiana, że utworzy się wysokość  $k_2 < 2,0 \text{ m}$ .

Z powyższego wnosić należy, że właściwiej będzie przyjąć  $k_2$  mniejsze od powyższego, np.  $k_2 = 1,5 \text{ m}$ , a wtedy

$$c_2 = \frac{35}{20 \cdot 2,5} = 0,7 \text{ m}$$

Wartości  $k_1$  i  $k_2$  należy tak obierać, ażeby powyżej jaru, idealne dno rzeki leżało wyżej od progu sąsiedniego upustu, a ten znowu musi leżeć nieco wyżej od dna naturalnego poniżej jaru. W powyższym n.p. przypadku rozumiem wypada, że próg upustu będzie uniesiony przy lewym brzegu około  $3,5 \text{ m}$ ., a przy prawym około  $2,0 \text{ m}$ . pod grzbietem jaru.

Jar ma być drewniany, ściana spierająca pochyłona na  $3:2$ , ( $\text{tg } \psi = 1,5$ ), a grzbiet przelewu ukośnego musi leżeć w spadku  $\alpha$  odpowiadającym prędkości  $c_1$ ; a więc:

$$c_1 = k \sqrt{\alpha t}$$

$$1,15 = 45\sqrt{\alpha \cdot 3,0}$$

$$\alpha = 0,0022$$

gdzie  $k = 45$ , odpowiada wzorowi Ganquileta i Kuttera.

Obrachowanie u-  
kosnej części przele-  
wu  $\tau_1$  (wzory l.V.)

Opuszczając indexy, mamy dane:

$$c = 1,15 \text{ m}$$

$$b = 66 \text{ m}$$

$$k = 2,5 \text{ m}$$

$$h = 1,0$$

$$\text{tg } \psi = 1,5$$

$$\sin \beta = \frac{30}{66}$$

Na paraboli spadtku Fig. 40 dla  $2c = 2,30 \text{ m}$

odmierzam

$$4h_0 = 0,276;$$

z pomocą mnożenia wykresłowego Fig. 41, znajduję:

$$h_0 \cdot \sin^2 \beta = s = 0,014$$

oraz

$$e = 4h_0 \cdot \frac{k}{h} \cdot \sin^2 \beta \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi$$

$$= 0,69 \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi = 0,108.$$

$$c \cdot \sin^2 \beta = v = \sqrt{2gs}$$

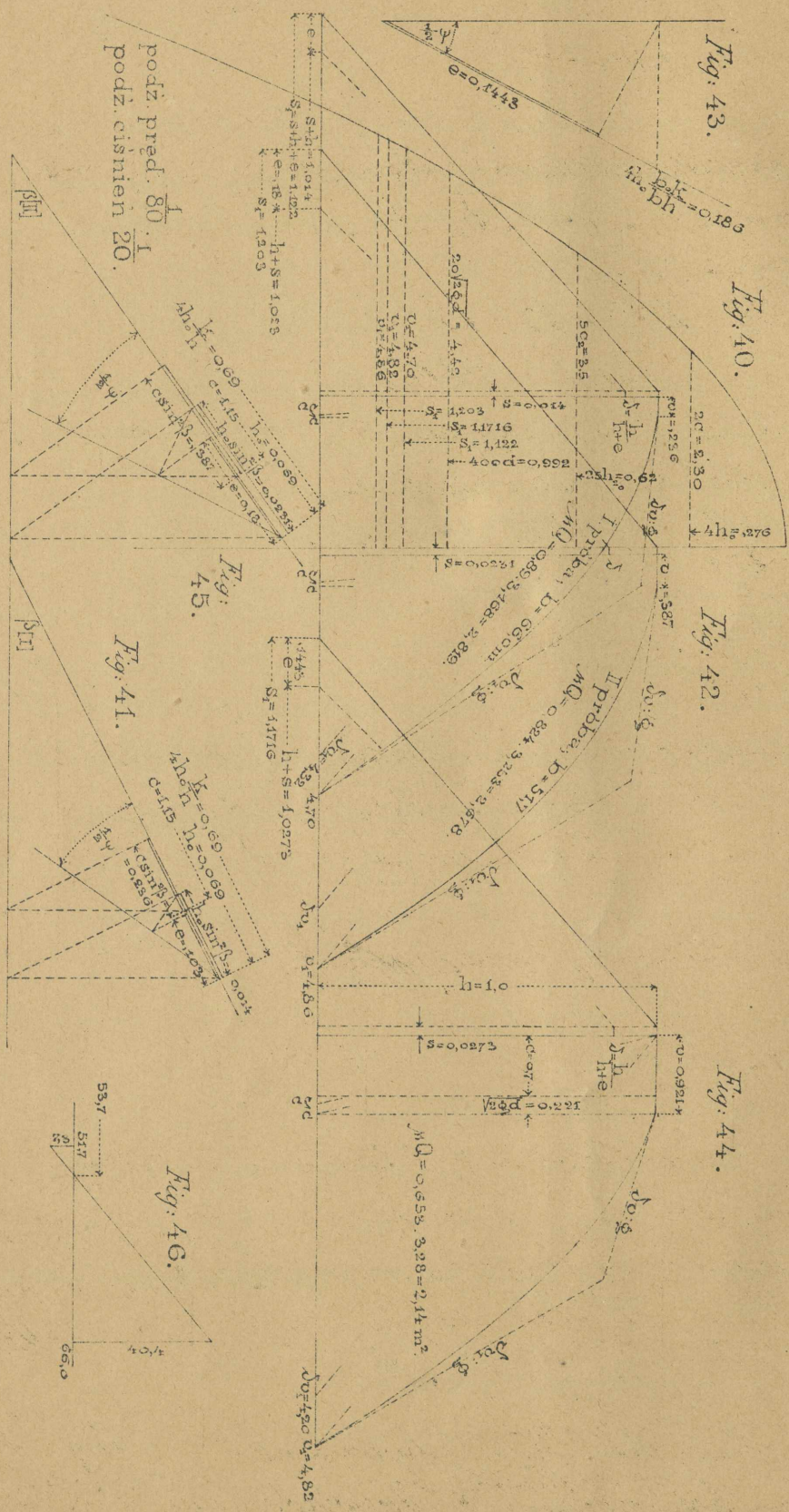
$$= 0,236 \text{ m.}$$

Cisnienie na krawędzie przelewu jest:

$$s_1 = s + h + e = 1,122 \text{ m.}$$

a z paraboli spadtku odkrytuje odpowiednią prędkość:

$$v_1 = \sqrt{2gs_1} = 4,70 \text{ m.}$$



Powyżej opuszcitem ciśnienie  $\bar{d}$ , tak jak to uczynił Weis (wzory l. V); gdyby jednak na jaxie stały filary lub odkrowia - n. p. dla oparcia części ruchomych, - należałoby wprowadzić  $\bar{d}$  w przekroju równoległym do  $b_1$ . Również należałoby wprowadzić  $\bar{d}$  w przekroju poprzecznym rzeki, gdyby zamiast przelewu  $b_2$  znajdował się zamknięty upust jak to robaczymy w następującym przykładzie pod l. III.

Wartości  $v$  i  $v_1$  dają nam końcowe punkty paraboli prędkości (Fig. 42), a styczne w tych punktach wykreślamy według stosunku

$$\frac{dy}{dx} = \frac{Dv}{g} \quad \text{gdzie } D = \frac{k}{k+e} \quad (\text{str. 35. wzór XXa.})$$

Mnożenie dające  $D$  w składowej jest po lewej stronie osi rzędnych pod parabolą spadku, redukcya zaś prędkości  $v$  i  $v_1$  na  $Dv$  i  $Dv_1$ , po prawej stronie pod parabolą prędkości.

Powierzchnia  $Q_1$  wypada:

$$Q_1 = 3,168 \text{ m}^2;$$

według wzoru l. I.

$$\frac{2}{3} \mu = 0,593 \quad \text{stad } \mu = 0,89$$

$$\underline{\underline{\mu Q_1 = 2,819 \text{ m}^2}}$$

Dla prostopadłej części przelewu  $b_2$ , mamy:

$$c_2 = 0,70$$

z paraboli spadku Fig. 40 dla

$$5c_2 = 3,50$$

$$25h_{2_0} = 0,62$$

$$h_{2_0} = 0,0248$$

$$d = h_{2_0} \cdot \frac{b_0 - b}{b} \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi$$

$$\psi = 90^\circ \quad b_0 = 20 \text{ m.} \quad b = b_2 = 16 \text{ m.}$$

$$\frac{b_0 - b}{b} = \frac{4}{20} = 0,2$$

$$\cos^2 \frac{1}{2} \psi = 0,5$$

$$d = h_{2_0} \cdot 0,2 \cdot 0,5 = 0,00248$$

$$e = 4h_{2_0} \cdot \frac{b_0 k}{bh} \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi$$

$$\frac{b_0 k}{bh} = \frac{20 \cdot 1,5}{16 \cdot 1} = \frac{30}{16} = 1,875$$

$$e = 4 \cdot 0,00248 \cdot 1,875 \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi$$

$$= 0,1860 \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi$$

z wykreślenia na Fig. 43.

$$\underline{e = 0,1443}$$

$$20^2 \cdot d = 0,992$$

(Fig. 40)  $20 \cdot \sqrt{2gd} = 4,42$

$$\sqrt{2gd} = 0,221$$

$$d + h_{2_0} = s = 0,02728$$

$$h + e = 1,14430$$


---

$$s_1 = 1,17158$$

z wykreślenia Fig. 44

$$Q_{h_2} = 3,280$$

ze wzoru l. I.

$$\mu = 0,653$$

$$\underline{\underline{\mu Q_{h_2} = 2,14}}$$

Długość przeklewu prostokątnego  $b_2$  przyjęliśmy jako daną i niezmienną;  
 długości  $b_1$  rastworujemy zatem do objętości przepływu.

Zeneli

$$b_2 = 16 \text{ m.}$$

więc.

$$\mu Q_2 \cdot b_2 = 2, 14 \cdot 16, 0 = 34, 24$$

Porostaje więc na przeklew ukośny objętość

$$Q_1 = 180, 0 - 34, 24 = 145, 76$$

a na tę objętość potrzeba długości

$$b_1 = \frac{Q_1}{\mu Q_1} = \frac{145, 76}{2, 82} = \underline{\underline{51, 70}}$$

Przelew ukośny będzie kątem krótki niż przyjęliśmy tymczasowo, i kąt  $\beta$  zmieni się, bo mamy teraz

$$\sin \beta = \frac{30}{51, 7}$$

wykresłne umoczenie (Fig. 45) daje teraz

$$v = c \cdot \sin^2 \beta = 1, 15 \cdot \sin^2 \beta = 0, 387$$

$h_0$  porostaje niezmiennione

$$h_0 = 0, 069$$

i podobnie

$$4h_0 \cdot \frac{kc}{h} = 0, 276 \cdot \frac{2, 5}{1} = 0, 69$$

Według Fig. 45 otrzymujemy

$$h_0 \sin^2 \beta = s = 0, 0231$$

i

$$e = 4h_0 \cdot \frac{kc}{h} \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi = 0, 180,$$

a więc

$$s_1 = s + h + e = 1, 203.$$

W paraboli spadku, dla rzędnej  $s_1$  czytamy odciętę:

$$v_1 = \sqrt{2gs_1} = 4, 86$$

Prędkości  $v$  i  $v_1$  dają nam końcowe punkty paraboli prędkości; dla wykreslenia stykających redukujemy  $v$  i  $v_1$  tak jak poprzednio na  $\partial v$  i  $\partial v_1$ , i otrzymujemy

$$\partial v = 0, 32$$

$$\partial v_1 = 4, 10.$$

W przekształcenia wypadła

$$Q_{II} = (0, 387 + 6, 12) \frac{1}{2} \cdot 1, 0 = 3, 253 \text{ m}^2$$

ze wzoru l. I.

$$\frac{2}{3} \mu = 0, 5491$$

$$\mu = 0, 824$$



$\mu_{Q_I} = 2,678$

Mając dwie próbne wartości na  $\mu_{Q_I}$ , i wiedząc że  $145,8 m^3$  ma przejęć przez ten przelew, musimy wykonać interpolację graficzną.

Dla pierwszej próby mamy

$b_1 \mu_{Q_I} = 66 \cdot 2,82 = 186,1$

czyli o

$186,1 - 145,8 = 40,3 m^3$

przepływu za wielki.

Dla drugiej próby zaś

$b_2 \mu_{Q_I} = 51,7 \cdot 2,678 = 138,45$

czyli o

$145,8 - 138,4 = 7,4 m^3$  przepływu za mały.

Przy pomocy różnic  $+40,3$  i  $-7,4$ , interpolacja na Fig. 46 daje nową długość

$b_1 = 53,7 m.$

dla której należałoby po raz trzeci przeprowadzić wykreślenie powierzchni  $Q$ . A mianowicie ustawić przelew według nowego kierunku, tak żeby było

$\sin \beta = \frac{30}{53,7}$

co wpłynie na wartość  $S$  i  $e$ , a więc także na  $V$  i  $V_1$ .

Wreszcie zmienić się także  $\mu$ . Ponieważ jednak to postępowanie nie przedstawiało by żadnego nowego znaczenia, przeto opuszczam je. Można to zrobić też więcej, że wartość  $b_1 = 53,7$  różni się tylko o 4% różni od poprzednio otrzymanej ( $51,7$ ), będzie zatem prawie wystarczająco dokładna.

Powyższy sposób próbowania będzie również wtedy najprostszym, gdy przelew tamany składać się będzie z trzech części. W takim razie porostawimy dwie niezmienne, a tylko jedną zmienić będziemy przy próbach co do jej kierunku i długości, wypełniając zawsze miejsce przekształcone u niej w miejsce, jak to czyniliśmy powyżej.

Jeżeli mamy nadmiar miejsca na upusty, albo też, jeżeli dozwolonym jest wycięcie jakiej ruchomego dla przepuszczenia wielkiej wody, natenczas wszelkie próby odpadają. Długości wszystkich przelewów stałych mogą być z góry przyjęte, a jeżeli w danej grubości przelewu nie przepływa cała objętość w. w.  $M$ , lecz mniejsza objętość  $Q$ , natenczas  $M-Q$  jest podstawą do obrachowania upustów lub ruchomej części jaku.

Otrzymana powyżej długość przelewu ukłosego  $b_1 = 53,7 m$ , sprawdzimy rachunkiem.

I. Ukośna część przelewu.

Dane są:

$c = 1,15 \text{ m}$        $k = 2,50$        $h = 1,0$        $b = 30$        $b_1 = 53,7$   
 $\sin \beta = \frac{30}{53,7} = 0,5586$        $\operatorname{tg} \psi = \frac{3}{2}$        $\psi = 56^\circ 20'$        $\frac{1}{2} \psi = 28^\circ 10'$

$s = h_0 \cdot \sin^2 \beta$

$2 \operatorname{lg} c = 0,1213956$

$C \operatorname{lg} 2g = \bar{2},7072976$

$2 \operatorname{lg} \sin \beta = \bar{1},4932474$

---

$\operatorname{lg} s = \bar{2},3219406$

$s = 0,020986$

$e = 4h_0 \cdot \frac{k}{h} \cdot \sin^2 \beta \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi$

$= 4s \cdot \frac{k}{h} \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi$

$\operatorname{lg} 4 = 0,6020600$

$\operatorname{lg} s = \bar{2},3219406$

$\operatorname{lg} k = 0,3979400$

$2 \operatorname{lg} \cos \frac{1}{2} \psi = \bar{1},8905218$

---

$\operatorname{lg} e = \bar{1},2124624$

$e = 0,16310$

$s_1 = s + h + e = 1,18409$

$\frac{2}{3} \mu = 0,555561 \dots$  (wartość l.I.)

$s_1^{\frac{3}{2}} = 1,2885$

$s^{\frac{3}{2}} = 0,0030402$

---

$s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}} = 1,28546$

$s_1 - s = 1,16309$

$O_1 = \frac{2}{3} \mu \cdot \frac{b \sqrt{2g}}{\sin \beta} \cdot \frac{h}{s_1 - s} \cdot (s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}})$  (wartość V)

$= \frac{2}{3} \mu \cdot b_1 \cdot \sqrt{2g} \cdot h \cdot \frac{s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}}}{s_1 - s}$

$\operatorname{lg} \frac{2}{3} \mu = \bar{1},7447310$

$\operatorname{lg} b_1 = 1,7299743$

$\operatorname{lg} \sqrt{2g} = 0,6463495$

$\operatorname{lg} (s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}}) = 0,1090585$

$C \operatorname{lg} (s_1 - s) = \bar{1},9343865$

---

$\operatorname{lg} O_1 = 2,1644998$

$O_1 = 146,05 \text{ m}^3$

II. Część prostokątna.

$b_0 = 20$        $b_2 = 16,0 \text{ m}$        $\varphi = 90^\circ$        $\frac{1}{2} \psi = 28^\circ 10'$        $k = 1,50 \text{ m}$        $h = 1,0 \text{ m}$   
 $c_2 = 0,70 \text{ m}$

$s = h_0 + d$

$h_0 = 0,02497$

$d = h_0 \cdot \frac{b_0 - b}{b} \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \varphi$

$= 0,002497$

$s = 0,02747$

$e = 4h_0 \cdot \frac{b_0 k}{bh} \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi$

$\operatorname{lg} 4 = 0,6020600$

$\operatorname{lg} h_0 = \bar{2},3974185$

$\operatorname{lg} b_0 k = 1,4771213$

$C \operatorname{lg} b = \bar{2},7958800$

$2 \operatorname{lg} \cos \frac{1}{2} \psi = \bar{1},8905218$

---

$\operatorname{lg} e = \bar{1},1630014$

$$s_1 = s + h + e = 1,17302$$

$$\frac{2}{3}\mu = 0,43559$$

$$Q_2 = \frac{2}{3}\mu b_2 \sqrt{2g} \cdot \frac{s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}}}{s_1 - s}$$

$$s_1^{\frac{3}{2}} = 1,2704$$

$$s^{\frac{3}{2}} = 0,004553$$

$$s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}} = 1,26585$$

$$s_1 - s = 1,14555$$

$$\lg \frac{2}{3}\mu = \bar{1},6390779$$

$$\lg b_2 = 1,2041200$$

$$\lg \sqrt{2g} = 0,6463495$$

$$\lg (s_1^{\frac{3}{2}} - s^{\frac{3}{2}}) = 0,1023823$$

$$C. \lg (s_1 - s) = \bar{1},9409859$$


---

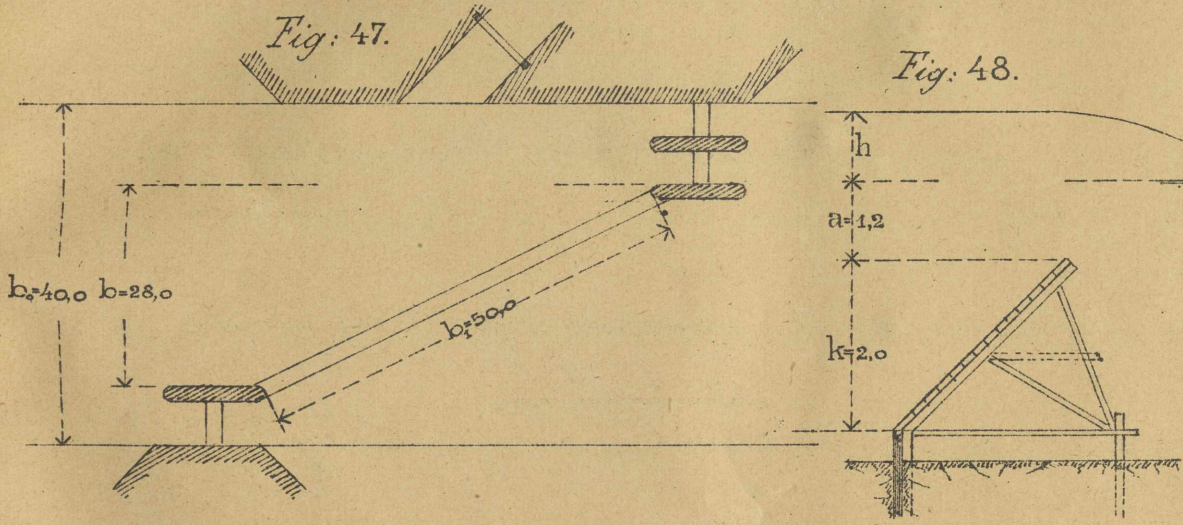

$$\lg Q_2 = 1,5329156$$

$$Q_2 = 34,11 \text{ m}^3$$
  

$$Q_1 + Q_2 = 180,16 \text{ m}^3$$

### Przykład 3. Przelew niezupetny

Wielka woda, której objętość jest 360 m<sup>3</sup> na sekundę, przelewa się przez jak drewniany ukosiny, złożony według Fig. 47 i 48. - Jak jest 2 m wysoki, a grzbiet jego leży 1,2 m. pod naturalnym stanem w.w. - Pytanie, jak wielkie będzie spiętrzenie? Rozwiązujemy je z 40<sup>a</sup> metrów szerokości rzeki, właściwy jak przelewowy zajmuje tylko 28 m. oraz że średnia prędkość w wody spiętrzonej będzie znaczną, wypadła uwzględnić w tym razie ciśnienie hydrauliczne, pochodzące od zwężenia poziomego warstwy wody h + a.



leży 1,2 m. pod naturalnym stanem w.w. - Pytanie, jak wielkie będzie spiętrzenie? Rozwiązujemy je z 40<sup>a</sup> metrów szerokości

rzeki, właściwy jak przelewowy zajmuje tylko 28 m. oraz że średnia prędkość w wody spiętrzonej będzie znaczną, wypadła uwzględnić w tym razie ciśnienie hydrauliczne, pochodzące od zwężenia poziomego warstwy wody h + a. Wzory C. V. ulegną zatem tej zmianie, że będzie

$$s = (h_0 + d) \sin^2 \beta$$

dalejze zaś części składowe ciśnień S<sub>1</sub> i S<sub>2</sub> nie zmieniają się.

Wartość d obrachowana będzie bez względu na ukos jaku, a ma ona być pomnożona przez sin<sup>2</sup>β, albowiem całe ciśnienie W działające równoległe do brzości, udeśla się w kierunku prostopadłym do przelewu tylko składową W sin β; nadto a przekroju b(h + a) przeucsi się ono na przekroju większym

$$b_1(h + a) = \frac{b(h + a)}{\sin \beta}$$

Łąd wypada

$$d_1 = \frac{W \cdot \sin^2 \beta}{\gamma b (h + a)} = h_0 \cdot \frac{b_0 - b}{b} \cdot \sin^2 \beta \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \varphi = d \cdot \sin^2 \beta$$

Po tem wyjaśnieniu, następujący rachunek nie przedstawia nic nowego.  
Ponieważ

$$Q = 360 \text{ m}^3$$

a długość przeklewu

$$b_1 = 50 \text{ m}$$

więc mamy znaleźć wartość na  $h$ , której odpowiada

$$\mu Q = \frac{Q}{b} = \frac{360}{50} = 7,2 \text{ m}^2$$

Najprościej wyrachować  $h$  dla orientacyji

$$Q = \mu b_1 \sqrt{2g} \left( a + \frac{2}{3} h \right)$$

przyjmując:

$$\mu = 0,8$$

$$Q = 360 \text{ m}^3$$

$$b_1 = 50$$

$$a = 1,2$$

$$\sqrt{2g} = 4,4.$$

otrzymuje

$$h = 1,3$$

Opierając się na tem, zrobitem dwa próby wykreślenia powierzchni  $Q$ ,

dla  $h = 1,3 \text{ m}$  otrzymany  $\mu Q = 7,0221$ ; różnica  $-0,1779$

"  $h = 1,4$  " "  $\mu Q = 7,4134$ ; "  $+0,2134$ .

Interpolacya wykreślna przedstawiona przy Fig. 49 u góry, daje

$$\underline{h_0 = 1,3450.}$$

Postępowanie ostateczne dla tej wartości  $h$  podaje szeregółowo poniżej.

$$c = \frac{Q}{b_0 t} = \frac{360}{40 \cdot (2 + 1,2 + 1,345)}$$

$$= \frac{9}{4,54} = 1,980 \text{ m}$$

$$2c = 3,960$$

a z parabolii spadku Fig. 50.

$$4h_0 = 0,7945$$

$$\underline{h_0 = 0,1986}$$

$$d = h_0 \cdot \frac{b_0 - b}{b} \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \varphi$$

$$\varphi = 90^\circ \quad \cos^2 \frac{1}{2} \varphi = \frac{1}{2}$$

$$d = 0,1986 \cdot \frac{40 - 28}{28} \cdot \frac{1}{2}$$

$$= 0,101 \cdot \frac{3}{7} = 0,04254$$

Anożenie wykreślnie na Fig. 51 daje.

$$s = (h_0 + d) \cdot \sin^2 \beta = 0,0754$$

$$\sin \beta = \frac{28}{50} = 0,56.$$

gdzie

Fig. 51.

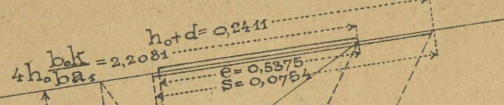


Fig. 50.

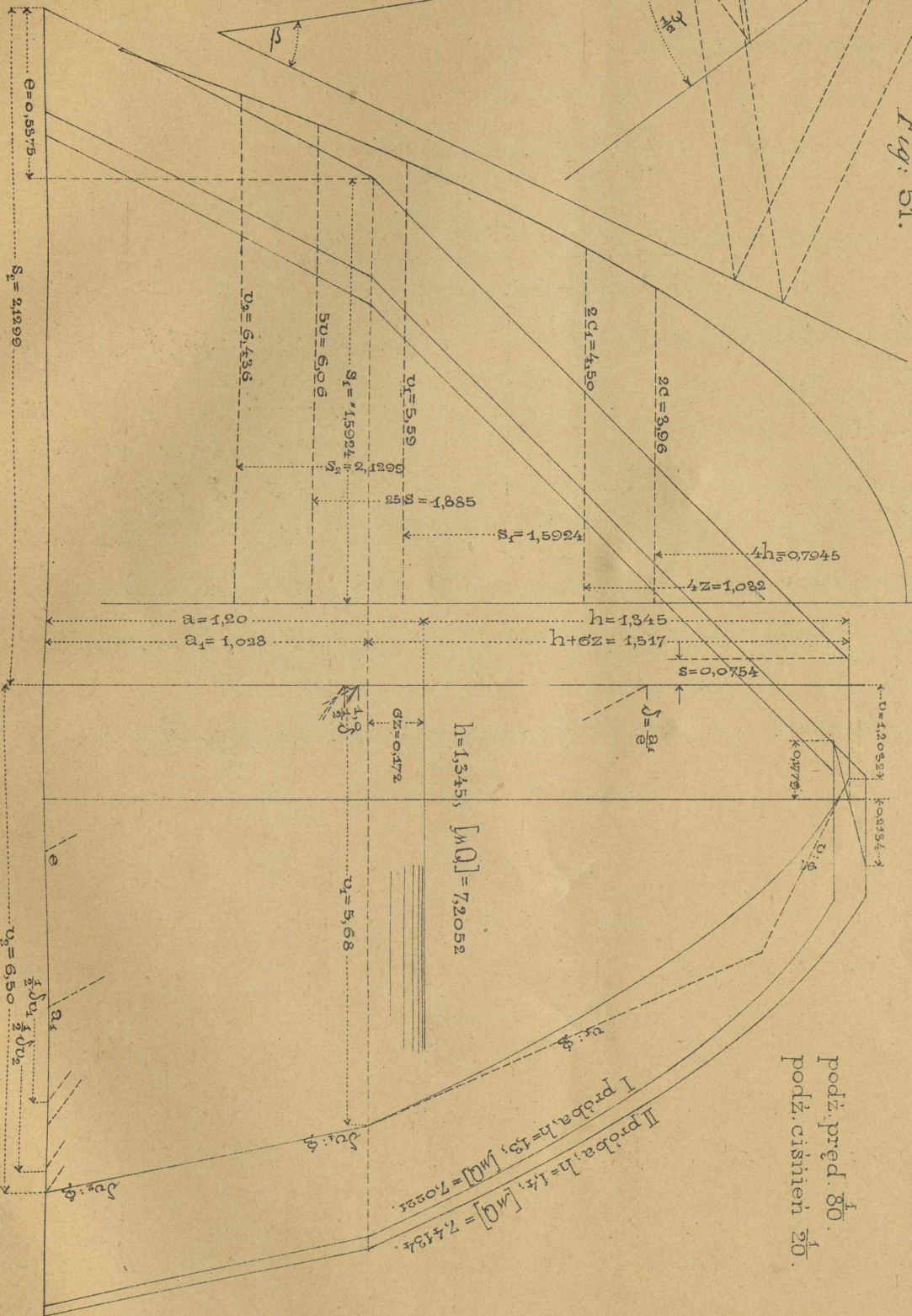


Fig. 49.

podz. pred.  $\frac{1}{80}$   
 podz. cisnien  $\frac{1}{20}$ .

I. prdba,  $h=13, [M_Q] = 7,0291$   
 II. prdba,  $h=14, [M_Q] = 7,4134$

Na paraboli spadku, dla średniej 25 s, odczytuje odcięte  $5v = 6,06$  więc:

$$v = 1,212$$

Prędkość wody odpływającej może ocenić, przyjmując że głębokość w odpływie jest  $k+a$ , a szerokość przekroju  $b_1$ . Mamy więc

$$c_1 = \frac{Q}{(k+a)b_1} = \frac{360}{3,2 \cdot 50} = \frac{360}{160} = 2,25 \text{ m.}$$

Dla odciętej  $c_1$ , parabola spadku daje średnie

$$z = 0,258$$

a

$$\sigma z = \frac{2}{3} z = 0,172.$$

więc

$$s_1 = s + h + \sigma z = 1,5924$$

$$a_1 = a - \sigma z = 1,028$$

$$e = 4h_0 \cdot \frac{b_0 k}{b \cdot a_1} \cdot \sin^2 \beta \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi$$

$$4h_0 = 0,7945$$

$$\frac{b_0 k}{b \cdot a_1} = \frac{40 \cdot 2}{28 \cdot 1,028} = \frac{10}{7 \cdot 0,514}$$

$$e = 2,2081 \sin^2 \beta \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi$$

$$e = 0,5375 \dots \dots \dots (\text{Fig. 51.})$$

$$v_1 = 5,59 \dots \dots (\text{z paraboli spadku})$$

$$s_2 = s_1 + e = 2,1299$$

$$v_2 = 6,436 \dots \dots (\text{z paraboli sp.})$$

Według tego co mówiliśmy na str. 36. (wzór l. XXI.) wypada mnożyć  $v_1$  i  $v_2$  przez  $D = \frac{a_1}{e}$  dla wykreślenia dolnej paraboli. Dla wygody nas w rysunku, wziętem  $\frac{1}{2} D$  zamiast  $D$ , co łatwo rozporować z Fig. 49.

Do przekształceniu obu parabol, strzymujemy dla warstwy  $k + \sigma z$  powierzchnię

$$Q = 5,8671 \text{ m}^2$$

a ze wzoru pod C.) str. 14:

$$\mu = 0,639$$

$$\mu Q = 3,7490 \text{ m}^2$$

Dla warstwy nas  $a_1$

$$Q_1 = 6,1892$$

$$\mu_1 = 0,5586$$

$$\mu_1 Q_1 = 3,4562 \text{ m}^2$$

$$(\mu Q) = \mu Q + \mu_1 Q_1 = 7,2052 \text{ m}^2$$

$$Q = 7,2052 \cdot 50 = 360,26 \text{ m}^3$$

Błąd wynosi zatem 0,0007 części.

#### IV. Upust z odpływem pod wodą.

Na Fig. 52 i 53 dane są wymiary upustu i stany wody; pytanie jaka jest obję-

kość przepływu  $Q$ .

W tym razie niewiadoma jest prędkość przepływu  $C$ ; a natomiast współczynnik  $\mu_1$  - od niej niezależny - może być bezpośrednio obrachowany ze wzoru pod l. X. Wypada on:

$$\mu_1 = 0,559.$$

Na pierwszą próbę obrachujemy  $Q$  z prostego wzoru:

$$Q = \mu_1 a b \sqrt{2gh}$$

a ponieważ pomijamy ciśnienia hydrauliczne, więc niechaj będzie

$$\mu_1 = 0,60$$

następnie

$$Q = 20,6 m^3 \text{ albo okr. } 27 m^3$$

$$c = \frac{Q}{b_0 t} = \frac{27}{6,2 \cdot 6,3} = 0,69 m.$$

W tym przypadku potrzebujemy tylko tej części paraboli spadku, która odpowiada ciśnieniom większym od 3m. Aby mieć rysunek w drugiej podziałce, opuścimy część od wierzchołka paraboli do 2,5m. wysokości (Fig. 54); a następnie, dla dalszej części od 2,5 do 4,5m. wysokości zmniejszymy prędkości o 6m, t.j. przyjętym ze osi rzędnych przedstawia nam pionową odsuniętą o 6m. od osi paraboli.

Określmy na tej paraboli odciętę

$$10c = 6,9 m.$$

oderzytą

$$100h_0 = 2,423^*)$$

a więc

$$h_0 = 0,0242$$

$$d = h_0 \cdot \frac{b_0 - b}{b} \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \varphi$$

$$d_1 = h_0 \cdot \frac{b_0 h_1}{ab} \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \varphi$$

$$\varphi = 90^\circ \quad \cos^2 \frac{1}{2} \varphi = \frac{1}{2}$$

$$= 0,0242 \cdot \frac{6,2 \cdot 4,5}{1,2 \cdot 4,8} \cdot \frac{1}{2}$$

$$d = 0,0242 \cdot \frac{6,2 - 4,8}{4,8} \cdot \frac{1}{2} = 0,0121 \cdot \frac{0,7}{2,4}$$

$$= 0,00605 \cdot \frac{3,1}{0,32}$$

$$d = 0,0036.$$

$$d_1 = 0,0586.$$

\*) Odczyty odnoszące się do tego przykładu, są na Fig. 54 oznaczone liczbą IV.

Fig. 52.

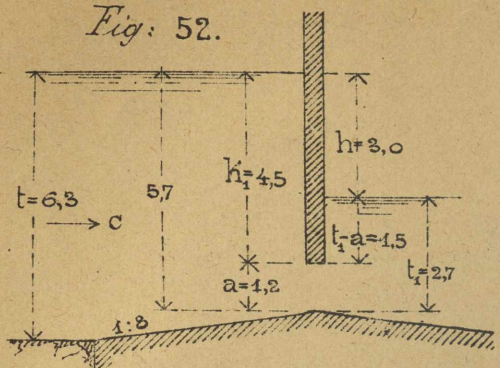
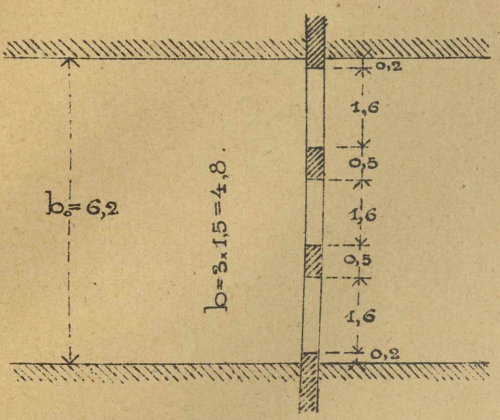


Fig. 53.



Na podstawie do wyrachowania prędkości odpływu  $c_1$ , weźmiemy przekrój tuż za stawkami; a więc:

$$c_1 = \frac{Q}{b \cdot t_1} = \frac{27}{6,2 \cdot 2,7} = 1,613 \text{ m.}$$

$$5c_1 = 8,065$$

$$25\% = 3,312$$

$$x = 0,13248$$

$$\frac{2}{3}x = 0,08832$$

$$s = h_0 + h + d_1 + d + \frac{2}{3}x$$

$$s = 3,1747 \text{ m}$$

$$v = 7,888 \dots \dots \dots (\text{Fig. 54})$$

$$e = 4h_0 \cdot \frac{b_0 k}{ba} \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi$$

$$\frac{b_0 k}{ba} = \frac{6,2 \cdot 0,6}{4,8 \cdot 1,2} = 0,646$$

$$4h_0 = 0,0968$$

$$e = 0,0625 \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi = 0,0623 \dots (\text{Fig. 55})$$

$$s_1 = s + e = 3,2370$$

$$v_1 = 7,966 \dots \dots \dots (\text{Fig. 54})$$

Różnica pomiędzy  $v_1$  i  $v$ , czyli  $e$  jest bardzo mała; parabolę prędkości można uważać za linię prostą, a powierzchnię  $Q_2$  za trapez.

Nie potrzebujemy zatem wykreślać tej powierzchni, albowiem:

$$Q_2 = \frac{1}{2} a (v + v_1) = 9,512 \text{ m}^2$$

Na Fig. 56 jest przedstawiona część tej powierzchni, porostata po mniejszym prędkości o 6 m., a to jedynie dla uzupełnienia obraru tego cośmy otrzymali.

Z powyższego wypadka:

$$Q = \mu_1 \cdot b \cdot Q_2 = 0,559 \cdot 4,8 \cdot 9,512 = \underline{\underline{25,52 \text{ m}^3}}$$

stad

$$c = \frac{25,52}{b \cdot t} = 0,65 \text{ przyjęliśmy zaś } 0,69$$

błąd rachunku wynosi zatem około 6%.

Gdyby chodziło o większą dokładność, należałoby powtórzyć rachunek zakładając dla  $C$  mniejszą wartość od powyższej, n.p. 0,60. Wtem sposób objętość przepływu zmniejszy się znacznie, t.j. w prostym stosunku do  $C$ , zaś objętość wypływu zmniejszy się bardzo mało, tak jak ciśnienia hydrauliczne. Różnica pomiędzy przepływem a odpływem może zatem mieć znak odwrotny od poprzedniego, a wtedy przez interpolację znajdziemy prawdziwe  $Q$  i  $C$ .

## V.) Upust z odpływem nad wodą.

Wymiary upustu i stawy wody dane są na Fig. 57 i 58; jaka jest objętość wypływu  $Q$ .



Niewiadomą jest rurowa prędkość  $C$  od strony przyływu; ażeby ją w przybliżeniu oszacować obrachujemy  $Q$  z prostego rurow.

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} (h_1^{\frac{3}{2}} - h_2^{\frac{3}{2}}) + \mu b t_1 \sqrt{2gh}$$

Pierwszy wyraz tego wyrażenia, który przedstawia objętość wypływającą z części skworu  $h-h_2$ , jest jednorurowy ze wzorem 2 na str. 5. Drugi wyraz przedstawia objętość wypływającą z części skworu  $t_1$ , leżącej pod wodą, która jest cała pod stałym ciśnieniem  $h$ . Jest on jednorurowy ze wzorem 3 (str. 5), i różni się od niego tylko odniesieniem znaczeniem głosek.

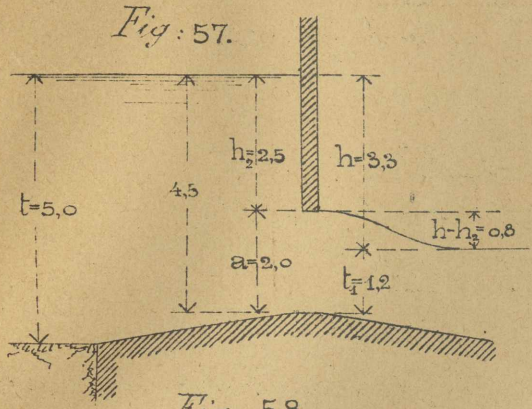


Fig. 57.

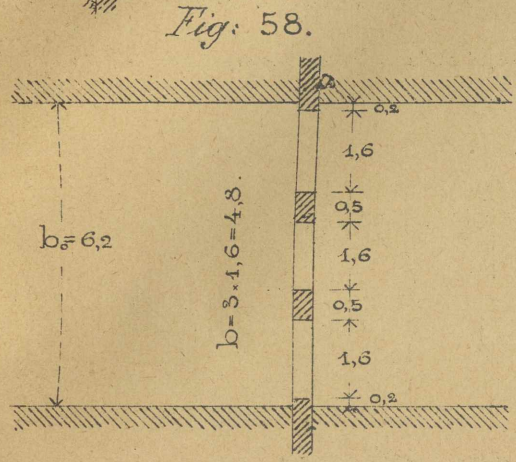


Fig. 58.

W wyrażeniu na  $Q$  wszystko jest wiadome;  $\mu$  wyrachujemy ze wzoru podanego pod l. 1 (do wzorów XI) str. 18.

$$\mu = 0,6125$$

Zas  $\mu_1$  z wyrażenia podanego do wzorów l. X.

$$\mu_1 = 0,5628$$

Na razie, do tego wstępnego rachunku przyjmujemy

$$\mu = \mu_1 = 0,60$$

a wtedy z powyższego wyrażenia,

$$Q = 45,3 \text{ m}^3 = \text{okr. } 45 \text{ m}^3$$

i stąd mamy

$$C = \frac{Q}{b \cdot t} = \frac{45}{6,2 \cdot 5,0} = 1,451 \text{ m.}$$

W dalszym ciągu wzięjemy tej samej paraboli spadku, którą wykreśliśmy dla poprzedniego przykładu (Fig. 54). Z tej paraboli dla odciętej:

$$5C = 7,255$$

$$25h_0 = 2,685$$

$$h_0 = 0,1074$$

$$d = h_0 \cdot \frac{b_0 - b}{b} \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi$$

$$\psi = 90^\circ \quad \cos^2 \frac{1}{2} \psi = \frac{1}{2}$$

$$d = 0,0537 \cdot \frac{1,4}{4,8}$$

$$\underline{d = 0,0156}$$

$$d_1 = h_0 \cdot \frac{b_0 h_2}{b a} \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi$$

$$= 0,0537 \cdot \frac{6,2 \cdot 2,5}{4,8 \cdot 2,0}$$

$$\underline{d_1 = 0,0867}$$

$$C_1 = \frac{45,0}{6,2 \cdot 1,7} = 4,27$$

$$2C_1 = 8,54$$

$$4z = 3,703 \dots \dots \dots (\text{Fig. 54})$$

$$z = 0,926$$

$$\frac{2}{3}x = 0,618$$

$$e = 4h_0 \cdot \frac{b_0 k}{b a_1} \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi$$

$$k = 0,5$$

$$a_1 = t_1 - \frac{2}{3}x = 0,582$$

$$4h_0 = 0,4296$$

$$\frac{b_0 k}{b a_1} = 1,1097$$

$$e = 0,4768 \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi$$

$$e = 0,474 \dots \dots \dots (\text{Fig. 55.})$$

$$d = \frac{a_1}{e} = 1,227$$

$$s = h_0 + d + d_1 + h_2$$

$$s = 2,7097$$

$$v = 7,288 \dots \dots \dots (\text{Fig. 54.})$$

$$s_1 = s + (h - h_2) + 5x$$

$$s_1 = 4,1277$$

$$v_1 = 8,987$$

$$s_2 = s_1 + e = 4,6017$$

$$v_2 = 9,5012$$

Obie parabole ograniczające powierzchnię  $Q_n$  (Fig. 59) są bardzo płaskie; dla tego też obrachowanie jej obu części, każdej jako sumy trapezu i odcinka parabolicznego, będzie dołkłaśniejsze niż przekształcanie. Mamy więc:

nad wodą:

$$Q_{n1} = \frac{1}{2} (7,288 + 8,987) \cdot 1,418 + \frac{2}{3} \cdot 0,038 \cdot 1,650 = 7,093 \text{ m}^2$$

pod wodą:

$$Q_{n2} = \frac{1}{2} (8,987 + 9,501) \cdot 0,582 = 5,380 \text{ m}^2$$

$$[\mu Q] = \mu Q_1 + \mu Q_2$$

$$= 0,6125 \cdot 11,5807 + 0,5628 \cdot 5,380 = 10,121$$

$$Q = [\mu Q] \cdot b = 10,121 \cdot 4,8 = 48,58 \text{ m}^3$$

$$c = \frac{Q}{b \cdot t} = \frac{48,58}{6,2 \cdot 5,0} = 1,567 \text{ m.}$$

Otrzymana prędkość przyprływu, jest większą od prędkości przyjętej na próbie; a mianowicie wynosiła różnica

$$1,567 - 1,451 = 0,1161$$

Na Drugą próbę przyjętem

$$c = 1,80 \text{ m}$$

i powtórztem powyższe postępowanie. Otrzymałem z niego

$$c = 1,616$$

czyli wartość mniejszą od przyjętej. Przy pomocy interpolacji wykresłnej (Fig. 60) otrzymałem

$$c = 1,587$$

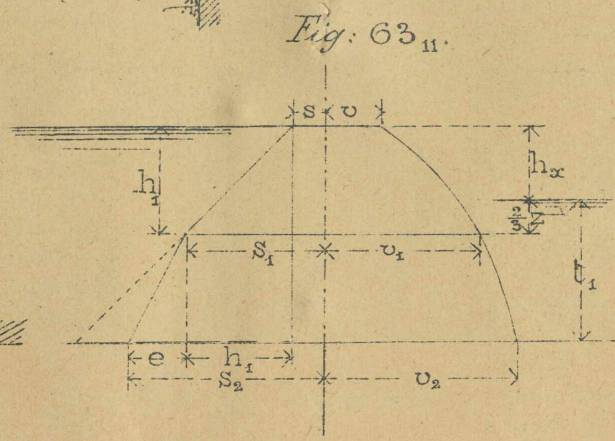
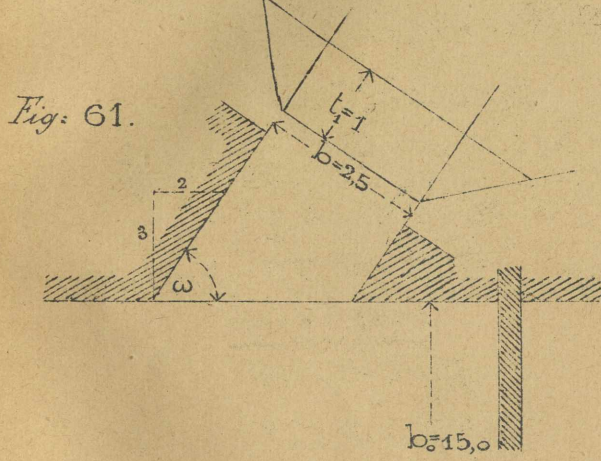
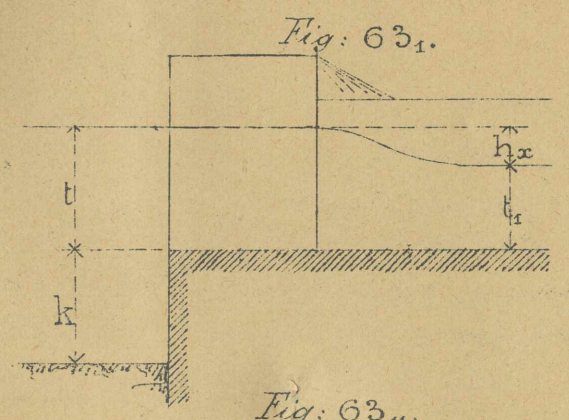
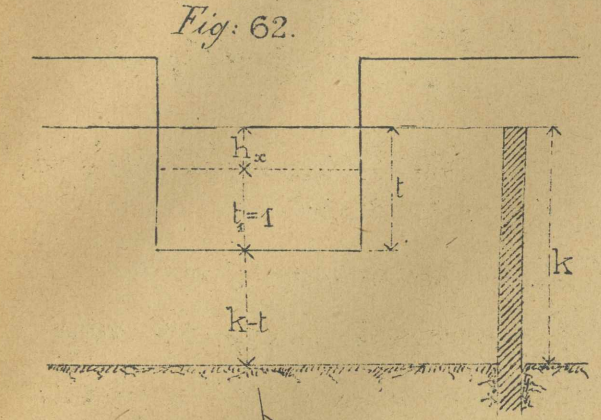
a stąd

$$Q = 49,2 \text{ m}^3$$

Przeprowadzając rachunek trzeci raz dla ostatecznej wartości  $Q$ , otrzymaliśmy zapewne prawie tę samą objętość jako wypływ; co porostawiam czytelnikowi do sprawdzenia.

VI.) Szluza wpustowa bez przelewu na jazie.

Jaz przyjęty w przykładzie I zatrzymuje całą objętość masej wody, dla kanału wyprowadzonego z lewego brzegu (Fig. 61. 62).



Dane są:  
 $Q = 3 \text{ m}^3$   
 $\text{tg } \omega = 1,5$   
 $k = 4, \text{ m}$   
 $b_0 = 15 \text{ m}$   
 (szerokość rzeki)  
 $t_0 = k$   
 Przekrój kanału ma wynosić  $4 \text{ m}^2$  (Fig. 62), ale przy salwacie wpustowej jest on ścieśniony do  $2,5 \text{ m}^2$  przez pionowe ściany salwaty. Pomiędzy pionowymi ścianami musi zatem powstać prędkość

$$\frac{3,0}{2,5} = 1,2 \text{ m.}$$

aby w dalszym ciągu kanału mogłaby być prędkość normalna

$$\frac{3,0}{4,0} = 0,75 \text{ m.}$$

Szerokość łuku w kanale oznaczmy przez  $b$ , głębokość wody przez  $t_1$ ;

$$b = 2,5$$

$$\mu Q = \frac{Q}{b} = \frac{3}{2,5} = 1,2 \text{ m}^2$$

$$t_1 = 1,0 \text{ m.}$$

Głębokość  $t$  pomiędzy ścianami saliury musi być większa od  $t_1$  i oznaczamy

$$t = t_1 + h_x$$

Ten wyznik przedstawia nam głębokość tętu kanału pod grzbietem jaru.

Prędkość wody spiętrzonej w rzece jest

$$c = \frac{Q}{b \cdot t_0} = \frac{Q}{b \cdot k} = \frac{3,0}{15,4} = 0,05 \text{ m.}$$

Dalszy rachunek łatwo zrozumieć bez wyjaśnień (patrz wzory l. XV.).

$$100c = 5 \text{ m.} \dots \dots \dots (\text{Fig. 64})$$

$$100^2 h_0 = 1,28 \text{ m.}$$

$$2h_0 = 0,000256 \text{ m}$$

$$s = 2h_0 (0,25 + \sin^2 \omega)$$

$$s = 0,00024 \dots \dots \dots (\text{Fig. 65})$$

Na próbie przyjmijmy

$$h_x = 0,10 \text{ m.} \dots \dots \dots (\text{Fig. 63}_1)$$

Prędkość odpływu

$$c_1 = 1,2$$

$$2c_1 = 2,40$$

$$4z = 0,296 \dots \dots \dots (\text{Fig. 64})$$

$$z = 0,074$$

$$\frac{2}{3}z = 0,0493$$

$$s_1 = s + h_x + \frac{2}{3}z$$

$$= 0,14954$$

$$e = 4h_0 \cdot \frac{k-t}{t_1 - \frac{2}{3}z} \cdot \sin^2 \omega \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi$$

$$= 0,000512 \cdot \frac{4,0 - 1,10}{1,0 - 0,0493} \cdot \sin^2 \omega \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi$$

$$= 0,001562 \cdot \sin^2 \omega \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi$$

To mnożenie przedstawia Fig. 66, którą łatwo zrozumieć śledząc ciąg linii  $OII$  i  $II O III IV$ . Otrzymujemy

$$e = 0,00054$$

$$s_2 = s_1 + e = 0,15008$$

$$\text{Dla} \dots \dots 50^2 s = 0,6 \text{ m}$$

$$\text{Fig. 64 daje } 50 \cdot v = 3,43$$

$$v = 0,0686$$

$$\text{dla} \dots \dots 9s_1 = 1,346$$

$$3v_1 = 5,127$$

$$v_1 = 1,709$$

$$\text{dla} \dots \dots 9s_2 = 1,351$$

$$3v_2 = 5,139$$

$$v_2 = 1,713$$

Prędkości  $v$  i  $v_1$  postawią wiadomy sposób do wykreślenia paraboli  $BC$  (Fig. 67).

Dla wykreślenia zaś paraboli  $CD$  potrzeba  $v_1$  i  $v_2$  zredukować na  $\sqrt{v_1}$  i  $\sqrt{v_2}$ , gdzie

$$D = \frac{t_1 - \frac{2}{3}z}{e} = \frac{a_1}{e} = \frac{0,9507}{0,00054} = 1760,6$$

W naszym rysunku jednak różnica pomiędzy  $v_1$  i  $v_2$  nie da się wcale dostrzec, a więc uważaliśmy  $CD$  jako prostą pionową

Na Fig. 67 otrzymujemy z przekształcania:

nad stanem odpływu:

$$Q_2 = (0,14954 + 0,052) \frac{1}{2} \cdot 1,709 = 0,1723$$

pod stanem odpływu:

$$Q_1 = 1,709 \cdot 0,9507 = 1,6243.$$

Przy  $h < 0,20$ , mamy na współczynnik  $\mu$  dla części  $Q_1$ , według wzoru pod a str. 14 wyrażenie

$$\mu = 0,5366 + 0,4332 h$$

dla  $h = 0,10$

$$\mu = 0,5799 = \text{okr. } 0,58$$

zaś  $\mu_1 = 0,53$ ;

a więc:

$$\begin{aligned} \mu Q_2 + \mu_1 Q_1 &= 0,58 \cdot 0,1723 + 0,53 \cdot 1,6243 \\ &= 0,0999 + 0,86088 = \underline{0,9608 = (\mu Q)} \end{aligned}$$

A ponieważ powinniśmy tak obrać  $h$ , żeby wypadło

$$(\mu Q) = \frac{Q}{b} = \frac{3}{2,5} = 1,2 \text{ m}^2.$$

więc powyżej wypadło nam  $\mu Q$

$$1,20 - 0,9608 = 0,2392 \text{ m}^2.$$

za mało. —

Powtórzyliśmy zatem wykreślenie, obierając

$$h = 0,20,$$

i otrzymaliśmy

$$(\mu Q) = 1,3390 \text{ m}^2$$

a więc o 0,139 za wiele.

Przy pomocy zaś tych dwóch rozwiązań, które na Fig. 67 u góry, odcięte są w odpowiednich poziomach i w odwrotnych kierunkach, otrzymujemy z wykres'nej interpolacji:

$$h_x = 0,164$$

Wykreślenie przeprowadzone pro rax trzeci dla tej wartości  $h$ , daje:

$$\mu Q = 1,204$$

$$i \quad Q = b \cdot \mu Q = 2,5 \cdot 1,204 = \underline{3,010 \text{ m}^3}$$

Tę wartość sprawdzimy poniżej rachunkiem. —

60.

$$s = 2h_0 (0,25 + \sin^2 \omega)$$

$$c = \frac{Q}{b \cdot k} = \frac{3}{15,4} = 0,05$$

$$\frac{1}{g} = 0,102$$

$$2h_0 = \frac{c^2}{g} = 0,0025 \cdot 0,102$$

$$= 0,000255$$

$$\sin^2 \omega = 0,6914$$

$$s = 0,0002400$$

$$h_x = 0,164$$

$$s_1 = s + h_x + \sigma x$$

$$c_1 = \frac{3,0}{2,5} = 1,2$$

$$c_1^2 = 1,44$$

$$t_1 = 1,0$$

$$\sigma x = \frac{\sigma c_1^2}{2g} = \frac{1}{3} \cdot 1,44 \cdot 0,051$$

$$= 0,04896$$

$$s_1 = 0,2132$$

$$e = 2h_0 \cdot \frac{k-t}{t_1 - \sigma x} \cdot \sin^2 \omega$$

$$k-t = 2,836$$

$$t_1 - \sigma x = \alpha_1 = 0,95104$$

$$\lg 2h_0 = \bar{4},3885402$$

$$\lg(k-t) = 0,4527062$$

$$C. \lg(t_1 - \sigma x) = 0,0218012$$

$$\lg \sin^2 \omega = \bar{1},8397294$$

$$\lg e = \bar{4},7027770$$

$$e = 0,0005044$$

$$s_2 = s_1 + e = 0,21370$$

$$\mu_Q = \frac{Q_1}{b} = \frac{2}{3} \mu \sqrt{2g} (s_1^{\frac{3}{2}} - s_2^{\frac{3}{2}})$$

$$\mu_1 Q_1 = \frac{Q_2}{b} = \frac{2}{3} \mu_1 \sqrt{2g} \cdot \frac{\alpha_1}{s_2 - s_1} \cdot (s_2^{\frac{3}{2}} - s_1^{\frac{3}{2}})$$

gdzie s można opuścić jako bardzo małe.

$$\mu = 0,6076$$

$$\mu_1 = 0,53$$

$$\sqrt{2g} = 4,429$$

$$\alpha_1 = 0,95104$$

$$s_2 - s_1 = e = 0,00050$$

$$s_2^{\frac{3}{2}} - s_1^{\frac{3}{2}} = 0,000346$$

$$\lg 2 = 0,3010300$$

$$C. \lg 3 = \bar{1},5228787$$

$$\lg \mu = \bar{1},7836178$$

$$\lg \sqrt{2g} = 0,6463057$$

$$\lg s_1^{\frac{3}{2}} = \bar{2},9931808$$

---


$$\lg \mu_Q = \bar{1},2470130$$

$$\mu_Q = 0,17661$$

$$\lg 2 = 0,3010300$$

$$C. \lg 3 = \bar{1},5228787$$

$$\lg \mu_1 = \bar{1},7242759$$

$$\lg \sqrt{2g} = 0,6463057$$

$$\lg \alpha_1 = \bar{1},9781988$$

$$C. \lg(s_2 - s_1) = 3,3010300$$

$$\lg(s_2^{\frac{3}{2}} - s_1^{\frac{3}{2}}) = \bar{4},5390761$$

---


$$\lg \mu_1 Q_1 = 0,0127952$$

$$\mu_1 Q_1 = 1,0299$$

$$Q = (\mu_Q + \mu_1 Q_1) b = 3,016 \text{ m}^3$$

### VII.) Szluzka wpustowa z przelewem na jarze.

Jarz ratowane jest według Fig. 68-70. Podczas małej wody przelewa się przez niego 30 m<sup>3</sup> tworząc przelew o grubości:

$h = 0,40 \text{ m.}$

a do kanału odchodzą

$Q = 8 \text{ m}^3$

Przekrój kanału jest (Fig. 68)  $1,2 \cdot 9,5 = 11,4 \text{ m}^2$ , zatem średnia prędkość w kanale będzie

$\frac{8}{11,4} = 0,702 \text{ m.}$

jednakże między przekrótkami słupy wprostowej jest ściśniony, wynosi on tylko

$1,2 \cdot 7,7 = 9,24 \text{ m}^2$

a więc musi tu powstać prędkość

$c_1 = \frac{8,0}{9,24} = 0,865 \text{ m.}$

Fig. 69.

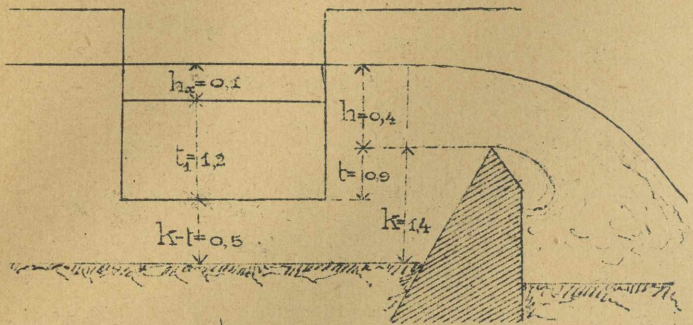
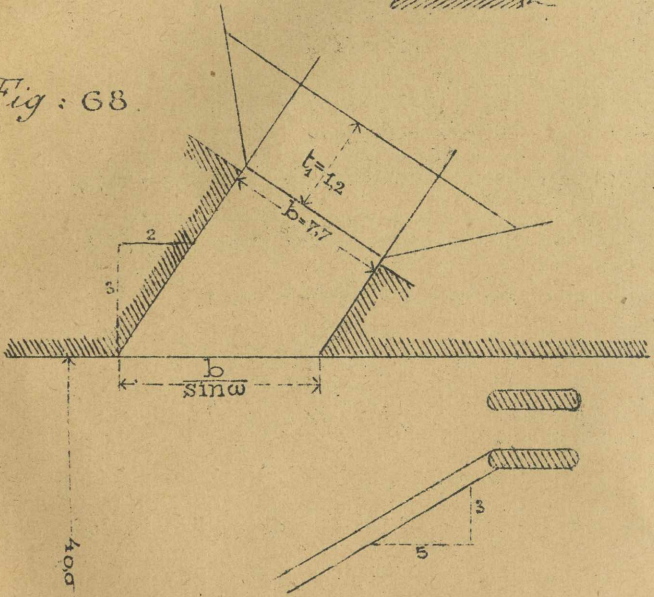


Fig. 68.



Do tego przykładu wrytem paraboli spadku Fig. 64, z przykładu poprzedzającego. Odnośne odległości i wymiary są tam oznaczone liczbą VII.

Według Fig. 68 i 69

$c = \frac{38,0}{40,1,8} = 0,528$

$5c = 2,64 \dots \dots \dots$  (Fig. 64)

$25h_0 = 0,357$

$h_0 = 0,01428$

Z tego udrziła się w kierunku osi kanału, i wraz z ciśnieniem od zwichlenia poziomego (wzory XVII)

$s = 1,5 h_0 \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \omega} \cdot \cos(\omega - \beta)$

Fig. 71 przedstawia to muwienie i daje:

$s = 0,01455$

$100s = 1,455 \dots \dots \dots$  Fig. 64

$10v = 5,33$

$v = 0,533$

$s_1 = 2s + h_1$

$h_1 = h + t - t_1 + \frac{2}{3} x \dots \dots \dots$  (Fig. 70)

$= h_x + \frac{2}{3} x$

Na próbę przyjmijmy  $h_x = 0,10 \text{ m}$

Fig. 64 daje dla

$5c_1 = 4,325 \text{ m.}$

$25x = 0,958$

$x = 0,03828$

$\frac{2}{3} x = 0,0255.$

$$\text{więc } h_1 = h_x + \frac{2}{3}z = 0,1255$$

$$s_1 = 2s + h_1 = 0,1546$$

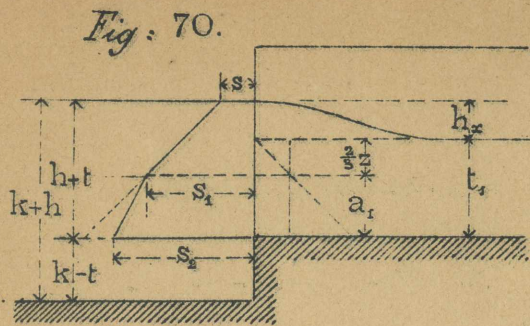
z Fig. 64 dla

$$9s_1 = 1,3914$$

$$3v_1 = 5,215$$

$$v_1 = 1,738$$

$$e = 4h_0 \cdot \frac{k-t}{a_1} \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \omega} \cdot \cos(\omega - \beta) \cdot \cos^2 \frac{1}{2} \psi$$



$$\psi = 90^\circ \quad \cos^2 \frac{1}{2} \psi = \frac{1}{2}$$

$$e = 2h_0 \cdot \frac{k-t}{a_1} \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \omega} \cdot \cos(\omega - \beta)$$

$$k-t = 1,4 - 0,9 = 0,5 \dots (\text{Fig. 69})$$

$$a_1 = t_1 - \frac{2}{3}z = 1,1745$$

$$2h_0 \cdot \frac{k-t}{a_1} = l = 0,01216$$

Fig. 71 przedstawia mnożenie długości  $l$

przez dalsze trzy cyfryliki wyrażenia na  $e$ .

Daje ono

$$e = 0,0083,$$

a więc

$$s_2 = s_1 + e = 0,1546 + 0,0083$$

$$s_2 = 0,1629$$

$$9s_2 = 1,4661 \dots (\text{Fig. 64})$$

$$3v_2 = 5,360$$

$$v_2 = 1,787$$

Otrzymane powyżej  $v$  i  $v_1$  służą do wykreślenia paraboli prędkości dla odpływu nad wodą (Fig. 72.); a to w ten sposób, że wartości te są odcięciami punktów końcowych paraboli. Dla wykreślenia zaś stycznych w tych punktach, trzeba zredukować te prędkości na  $\partial v$  i  $\partial v_1$ , gdzie według wzorów l. XX b

$$\partial = \frac{h_1}{h_1 + s} = \frac{0,1255}{0,1400} = 0,9$$

Dla paraboli odpływu pod wodą należy również zredukować prędkości  $v_1$  i  $v_2$ , przy czym

$$\partial = \frac{a_1}{e} = \frac{1,1745}{0,0083} = 141,5,$$

jednakże  $v_1$  i  $v_2$  tak się mało od siebie różnią, że można tę parabolę uważać za prostą.

Według powyższego otrzymujemy na Fig. 72 powierzchni:

dla odpływu nad wodą:

$$Q = 0,1424$$

dla odpływu pod wodą:

$$Q_1 = 2,0787$$

Według wzoru pod a str. 14 dla  $h_x = h = 0,10$



$$\mu = 0,58$$

$$\mu_1 = 0,53$$

a więc

$$\mu_Q + \mu_{Q_1} = 1,184 \text{ m}^2$$

Szerokość szluzy wpustowej jest 7,7 m., a objętość przepływającej wody ma wynosić 8 m<sup>3</sup>; - szukana zatem powierzchnia  $\mu_Q$  powinna wynosić

$$\frac{8,0}{7,7} = 1,039 \text{ m}^2.$$

Otrzymaliśmy więc powierzchnię o 5% za wielką, i należałoby na drugą próbę przyjąć  $k_x$  mniejsze od powyższego, n.p. 0,05. Ponieważ jednak dalsze postępowanie nie przedstawia nic nowego, porostawiam je czytelnikowi. -

Mamy jeszcze inne dwa przypadki szluzy wpustowej, ale wystarczy opisać je ogólnie, bez przykładu liczebnego.

### VIII.) Szluzka wpustowa bez jamy.

W celu namulania nizin, a niekiedy też dla młynów, stawiane bywają szluzki wpustowe we wklęsłym brzegu rzeki, i działają bez pomocy jamy.

Nader ważnym będzie oznaczenie straty spadku  $k_x$  (Fig. 73) dla takich szluk; do czego może posłużyć metoda Wexa.

Mamy w tym razie znaczną prędkość  $C$  równoległą do brzegu, oś kanału tworzy z brzegiem ostry kąt  $\omega$ , i widzimy w naturze, że nici wody, jak przed wstąpieniem do kanału, doznają zbroczenia i rozdwojenia, które zależą od kąta  $\omega$ , od kształtu koryta rzeki i kanału, oraz innych okoliczności. -

Przyjmując zatem w kierunku osi kanału prędkość prostażkową

$$C_2 = C \cdot \cos \omega.$$

mniej zapewne zbladniesz, niż przyjmując  $C_2 = 0$ , jak zaleca teoria.

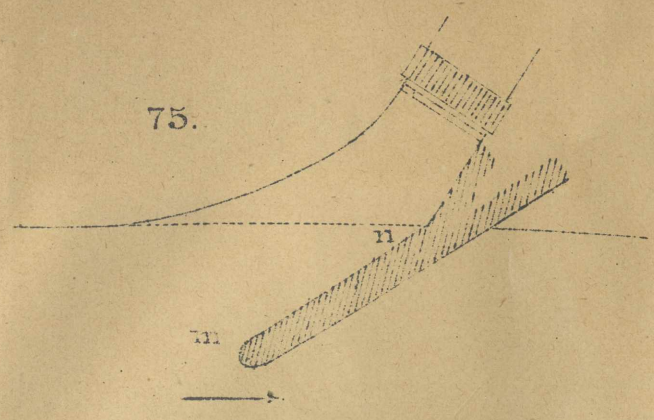
Na poparcie tego założenia, postępują następujące uwagi.

1. Wskutek ubytku z rzeki tej objętości wody, która wstępnie do kanału, przekroją rzeki musi się zmniejszyć; koryto zostanie namulone, albo zwiędłać się musi. W dalszem zaś następstwie, woda odchodząca do kanału stanie się nadmiarowa dla dalszej części rzeki; co teraz, w otwartej rzece, wywoła niewątpliwie wyrażniejsze i wkrótcejsze rozdwojenie nici przy początku kanału, niż w poprzednich przypadkach, w rzece spiętrzonej przez jamy.

2. Wobec możliwego zarzutu, że powyższa wartość na  $C_2$  będzie w wielu razach za wielką, zauważyć wypada, że w rzeczywistości,  $C_2$  zależy od prędkości jaka ma miejsce przy wklęsłym brzegu; ta zaś jest znacznie większa od idealnej średniej prędkości  $C$  w ca-



75.



Jeżeli mamy wykonać jedno tylko obra-  
chowanie, jeżeli poprzestajemy na niewiel-  
kiej dokładności lub ogólnej orientacyi,  
natenczas prostowanie wykreslne nie bę-  
dzie krótsze od rachunku liczbowego. Mia-  
nowicie, jeżeli do rachunku wykreslnego  
nie przedtem nie było przygotowane, jeżeli  
n.p. musimy wykreslać umyślnie parabolę  
spadku. Zwyczaj jednak warunki są odwro-

te; - obrachowanie jaru przeprowadzać musimy kilkakrotnie, odnośnie do rozmaitych sta-  
nów wody; oprócz obrachowania właściwego jaru, mamy nadto osobne rachunki odnośnie  
do upustu, służy wpustowej i t. p.; a wtedy jedno przygotowanie wykreslne, jedna parabola  
spadku, sturzy nam do wszystkich przypadków. Droga wykreslna wywoła zatem oszczęd-  
ność czasu.

Nadto, tak jak wszystkie rachunki wykreslne, tak i te powyższe, daje nam pewien o-  
brar, pewien pogląd na to co robimy; i dlatego bez porównania częściej pozwala uniknąć  
omyłek, niż rachunek liczbowy.

Rachunek wykreslny jest zatem nader przyteczny dla początkującego; ułatwia  
mu bowiem, albo raczej musi go do gruntownego zrozumienia rzeczy, i umiędz-  
nego zastosowania metody; która w danym razie może się niekiedy wydawać zawiła, z  
powodu licznych szczegółów i części składowych, o których pamiętać trzeba przy usta-  
wianiu ciśnień hydraulicznych.

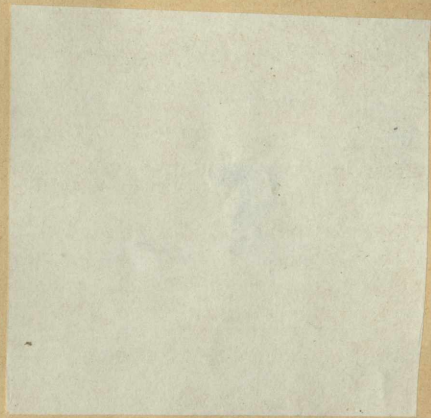
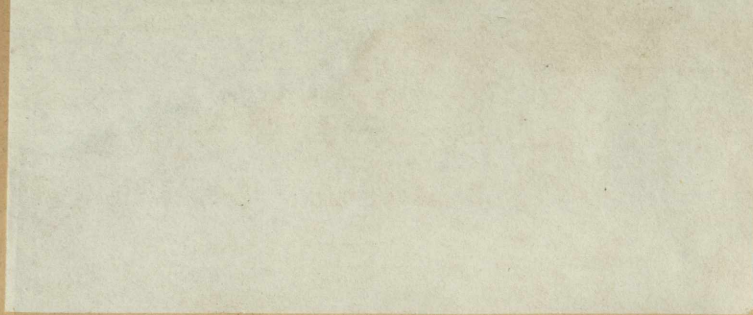
Lwów, w Sierpniu 1890 r.





S. U.





BIBLIOTEKA  
KRAKÓW  
\*  
politechniczna

# Wykaz rozdziałów.

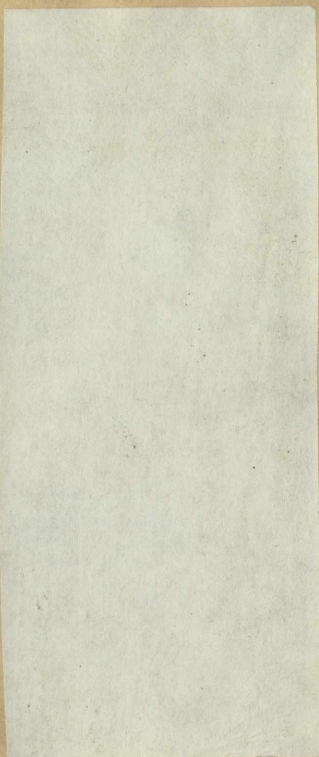
	str.
Wstęp . . . . .	3
1. Dawne wzory na wypływ z wielkiego zbiornika przez przelew . . . . .	4
2. Przepływ przez jar przelewowy . . . . .	5
3. Przelew ukosny albo tamany . . . . .	10
4. Przepływ przez jar kątowy i przez zwężenie koryta . . . . .	12
5. Wypływ ze szluk i upustów . . . . .	16
6. Szluky wpustowe do kanałów . . . . .	20
7. Doświadczenia Fteley i Stearns . . . . .	26
8. Zastosowanie rachunku wykreślonego do metody Wexa . . . . .	33
9. Przykłady:	
I. Przelew zupełny . . . . .	37
II. Przelew tamany . . . . .	42
III. Przelew niezupełny . . . . .	49
IV. Upust z odpływem pod wodą . . . . .	52
V. Upust z odpływem nad wodą . . . . .	54
VI. Szluk wpustowa bez przelewu na jarze . . . . .	57
VII. Szluk wpustowa z przelewem na jarze . . . . .	60
VIII. Szluk wpustowa bez jaru . . . . .	63
IX. Szluk wpustowa podczas wielkiej wody . . . . .	64

---

POLITECHNIKA KRAKÓW  
BIBLIOTEKA GŁÓWNA

III 1656  
L. inw.

Kdn 452/57



S. C.















BIBLIOTEKA GŁÓWNA

III 16 567

PK 349/83 - 100.000 egz.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000231986