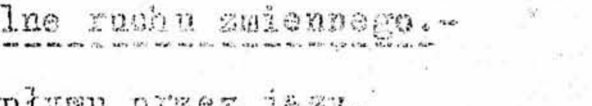
Np. obliczenie drogi dla tratew.
W załamie spadku utworzy się głębokość krytyczna. Objętość która wpłynie do przepustu obliczymy ze wzoru $Q = m.F\sqrt{2gh}$. W punkcie załamu otrzymamy głębokość krytyczną $H' = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{B^2.g}}$;

Stąd obliczymy głębokość wzorem na ruch zmienny. Mając głębokość i prędkość rysujemy krzywe energii i ilości ruchu. To samo poniżej dla ruchu nadkrytycznego. Przecięcie krzywych ilości ruchu da położenie odskoku, zaś różnica energji da wysokość odskoku.

Zagadnienia specjalne ruchu zmiennego.-

Obliczanie przepływu przez jazy.

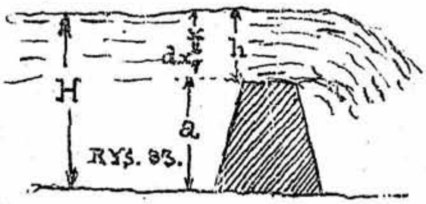
Jaz ustawiony w poprzek koryta rzeki spiętrza wodę do pewnej wysokości. Z powodu powstałej na skutek tego różnicy wyskości, woda przelewa się tworząc t.zw. przelew. Przelew nazywamy zupełnym wtedy, kiedy korona jazu leży wyżej niż zw.w. w części dolnej rzeki, a zatopionym, gdy zw.w. w dolnej części rzeki leży wyżej, niż korona jazu. (RYS.62)



RYS. 62.

Jaz przelewowy.

Obliczenia ilości wody, wysokości spiętrzenia, lub też, co najczęściej się zdarza, długości jazu, dokonywa się tym samym sposobem, którego użyliśmy do obliczania ilości wody przy pomocy przelewu. Jeżeli



RYS. 83.

oznaczymy długość jazu przez l, to, na odległości x od powierzchni wody, przez powierzchnię dx.l przepływa ilość wody $dQ = \mu l\sqrt{2gx}dx$, gdzie μ jest to współczynnik oporu zależny od kształtu koryta jazu, lepkości wody i t.p.

Zatem $$Q = \mu l\sqrt{2g}\cdot\int_0^h x\,dx = \frac{2}{3}\mu l\sqrt{2g}h^{\frac{3}{2}} \quad . . . . 1)$$

wtedy, kiedy ciecz wypływa ze zbiornika o wodzie stojącej. Jeżeli powyżej jazu woda płynie z prędkością u, w korycie o szerokości B oraz średniej głębokości H, to wtedy

$$U_0 = \frac{Q}{B(a+h)} = \frac{Q}{B.H};$$

wtedy wysokość przelewu musimy powiększyć o napór hydrauliczny, czyli zamiast h musimy wstawić h+k, gdzie $k = \frac{u_0^2}{2g}$. W tym wypadku zatem całkę 1) musimy rozwiązać w granicach od h+k do k i w ten sposób otrzymamy:

$$Q = \frac{2}{3}\mu l\sqrt{2g}\left[\left(h+\frac{u_0^2}{2g}\right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{u_0^2}{2g}\right)^{\frac{3}{2}}\right] \quad . . . 2)$$

Dwumian zawarty w nawiasie rozwiniemy w szereg biorąc przed nawias $h^{\frac{3}{2}}$ i opuszczając dalsze wyrazy i w ten sposób otrzymamy

$$Q = \frac{2}{3}\mu l\sqrt{2g}\, h^{3/2}\left(1+\frac{3}{2}\delta\frac{u_0^2}{2gh}\right) \ldots\ldots \quad 3)$$

Konieczność wprowadzania nowego współczynnika δ wynika stąd, że prędkości poszczególnych strug wodnych w warstwie przelewającej się nie będą jednakowe. Współczynnik ten wyznacza się doświadczalnie.

Oznanzymy

$$\mu\left(1+\frac{3}{2}\delta\frac{u_0^2}{2gh}\right) = \mu_0$$

i otrzymamy: $$Q = \frac{2}{3}\mu_0 l\sqrt{2g}\, h^{3/2} \quad \ldots\ldots 4)$$

Jeżeli teraz napiszemy $Q = u_0 \cdot B \cdot (h+a)$

to $$\frac{u_0^2}{2g} = \frac{4}{9}\cdot\frac{\mu_0^2 l^2 h^3}{B^2 (h+a)^2}$$

a stąd $$\mu_0 = \mu\left[1+\frac{2}{3}\delta\cdot\mu_0^2\frac{l^2}{B^2}\cdot\frac{h^2}{(h+a)^2}\right]$$

Tę wartość na μ_0 wstawimy we wzór 4) i otrzymamy wzór ogólny na przelew:

$$Q = \frac{2}{3}\mu l\sqrt{2g}\, h^{\frac{3}{2}}\left[1+\frac{2}{3}\delta\mu_0^2\frac{l^2}{B^2}\cdot\frac{h^2}{(h+a)^2}\right] \quad \ldots 5)$$

Przy stosowaniu tego wzoru największą trudność sprawia dobór odpowiednich współczynników. Badania nad nimi przeprowadzali: Fresse, Bazin oraz Rehbock.

Doświadczenia Freesego.

Jeżeli $l = B$, czyli długość jazu jest równa szerokości koryta, wtedy mamy jaz bez konstrukcji bocznej. Dla takiego jazu wyraz $\frac{2}{3}\delta\mu_o^2$ jest mało zmienny i można go przyjąć za równy 0.55.

Następnie Fresse doświadczalnie określił:

$$\mu = 0{,}615 + \frac{0{,}0021}{h}$$

a stąd $$Q = \frac{2}{3}\left(0{,}615 + \frac{0{,}0021}{h}\right) l\sqrt{2g}\, h^{\frac{3}{2}} \left(1 + 0{,}55\left[\frac{h}{h+a}\right]^2\right) \ldots\ldots$$ ...Fr.1.

Dla jazu z konstrukcją boczną oznacza Freese:

$$\frac{2}{3}\delta\mu_o^2 = 0{,}25 + k_1\,,\quad k_1 = 0{,}025 + \frac{0{,}0375}{\left(\frac{h}{h+a}\right)^2 + 0{,}02}.$$

oraz $$\mu = 0{,}5759 + \frac{0{,}017}{h+0{,}18} - \frac{0{,}075}{L+1.2}$$

Łącząc teraz te wszystkie stałe i oznaczając je łącznie przez E, otrzymamy

$$E = 1 + \left[0{,}25\left(\frac{l}{B}\right)^2 + 0{,}025 + \frac{0{,}0375}{\left(\frac{h}{h+a}\right)^2 + 0{,}02}\right]\left(\frac{h}{h+a}\right)^2$$

oraz $Q = \frac{2}{3}\mu l\sqrt{2g}\, h^{\frac{3}{2}} \cdot E$;

Dla różnych wartości $\frac{h}{h+a}$ i $\frac{l}{B}$ ułożył Freese tablice na μ i E, przyczem μ zmienia się od 0,5396 do 0,6295

W podobny sposób układa wzory na μ Kinzer; według niego:

$$\frac{2}{3}\mu = 0{,}4342 - 0{,}009\,\frac{l}{B} - 0{,}0777\,\frac{h}{h+a}$$

Uważa on również, że o ile niema kontrakcji bocznej, to można μ uważać za stałe i

$$\frac{2}{3}\mu = 0,434, \text{ a więc}$$
$$Q = 1,80\ \ell . h\sqrt{h};$$

Według Rehbocka

$$\mu = 0,605 + \frac{1}{1050h-3} + 0,08\ \frac{h}{a}$$

dla $\frac{h}{h+a} < \frac{1}{15}$ $\quad \frac{2}{3}\mu = 0,443$

stąd $\quad Q = 1,96\ \ell . h . \sqrt{h};$

Według Bazina $\delta = \frac{5}{3}$ i $\frac{2}{3}\delta\mu_o^2 = 0,55$

i stąd

$$Q = \frac{2}{3}\mu\left[1+0,55\left(\frac{h}{h+a}\right)^2\right]\ell h\sqrt{2gh}$$

a oznaczając $\frac{2}{3}\mu\left[1+0,55\cdot\left(\frac{h}{h+a}\right)^2\right] = m$

uzyskujemy wzór:

$$Q = mlh\sqrt{2gh};$$

Dla μ i m Bazin układa na zasadzie własnych doświadczeń następujące wzory:

$$\frac{2}{3}\mu = 0,40 + \frac{0,003}{h};$$
$$m = 0,43 + 0,2\left(\frac{h}{h+a}\right)^2;$$

Drugi wyraz we wzorze na m można oczywiście opuścić jeżeli wysokość jazu jest bardzo duża, a h - mało. Bazin uzależnił jeszcze współczynniki od nachylenia jazu i podał tabele ułożone na mocy swych doświadczeń, jednak przy ich pomocy można się jedynie tylko orjentować w przybliżonej wartości współczynników, wprost brać ich stamtąd nie można o ile nie mamy do czynienia z temi samemi warunkami, co w doświadczeniach Bazina. Wszystkie doświadczenia Bazina nie uwzględniają wpływu kontrakcji bocznej, co spotykamy np. u Freesego. Flamant radzi w wypadku kontrakcji bocznej uwzględniać doświadczenia amerykańskie i zamiast ℓ podstawiać wartość $(\ell - 0{,}2h)$;

$$\text{wtedy} \quad Q = q(1 - \frac{2h}{10})$$

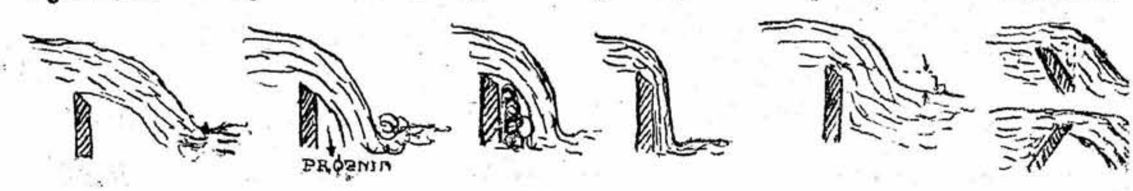
gdzie q jest to odpływ przypadający na jednostkę długości jazu ze wzoru Bazina.

Bazin przeprowadził nadto szereg doświadczeń nad przelewąmi przez jazy o różnej kontrakcji, a więc dla krawędzi ostrej, szerokiej, dla różnych kształtów jazów: o ścianach pionowych i nachylonych, wkońcu dla różnych typów przelewów, zależnych od prędkości napływowej.

Rozróżnia on pięc wypadków przelewów:

1. przelew swobodny. (rys.84) 2. przelew strugą przyciśnioną (rys.85.) 3. przelew strugą dołem wypełnioną (rys.86) 4. przelew ze strugą przylegającą (RYS.87) 5. przelew ze strugą zanurzoną. (RYS.88)

rys.84. rys 85. rys86 rys 87. rys 88 RYS.89.



Ściana jazu może być nachylona w górę lub w dół rzeki (rys 89.) Jeżeli przez „i" oznaczymy kąt między osią jazu i pionem, to według Bazin'a wzór na m ulegnie zmianie; i $m_1 = 0{,}4342(1-0{,}3902\frac{i}{\pi}) = m\varphi$ $\varphi = 1 - 0{,}3902\frac{i}{\pi}$. Przyczem dla kąta „i" dodatniego i nachylenia zmieniającego się od 1:1 do 1:13, φ zmienia się od 0,93 do 0,96 , a dla $i<0$ i pochylenia jazu od 1:3 do 2:1, φ zawiera się między 1,04 i 1,12.

Dotąd mówiliśmy tylko o jazach mających ostre krawędzie i cienką ściankę. Jeżeli grubość ściany jazu jest równa lub większa od $\frac{2}{3}$ wysokości przelewu to wtedy, ściany tej nie można uważać za wązką i wtedy wchodzi w grę nowa wartość wsp.m.; mianowicie wtedy

$$m_1 = m(0{,}7+0{,}185\frac{h}{b});$$

Przez b oznaczamy tu grubość ściany jazu.

Gdy krawędź jazu jest zaokrąglona łukiem o promieniu 0,05 do 0,01 m., to otrzymany powyżej w ten sposób współczynnik należy pomnożyć przez nowy współczynnik „1" zmieniający się od 1,12 do 1,14, a zatem wtedy

$$m_1 = m.1.(0{,}7+0{,}185\frac{h}{b}) = m.1.\psi;$$

dla wsp. ψ można ułożyć następującą tabelę:

$\frac{h}{b}$ =	0,5	1,0	1,5	2	> 2
ψ =	0,79	0,88	0,98	1,07	1,0

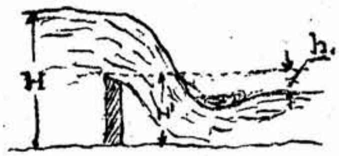
Jeżeli pod przelewem wytwarza się próżnia, to m zwiększa się o kilka procent, w razie próżni zupełnej „m" wzrasta o 10%. Można przyjąć że współczynnik „m" ulega widocznej zmianie wskutek działania próżni już wtedy gdy $h = \frac{2}{5} H_1$, przyczem H_1 jest to odległość od korony jazu do dna odpływu. Poniżej tej wartości powietrze dostaje się pod przelew i oddziela go od ścian jazu; wtedy należy stosować współczynnik:

$$m_2 = (0,878 + 0,128 \frac{H_1}{h}) m$$

Jeżeli wodospad jest zatopiony (rys 90) to wtedy:

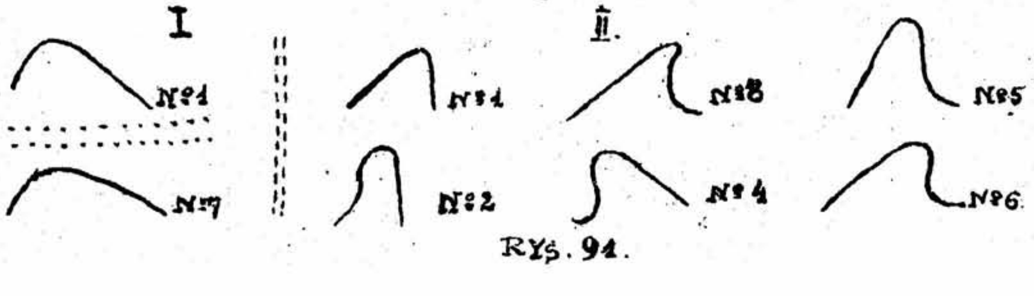
$$m_3 = m(1,05 + 0,15 \frac{h_1}{h})$$

Wreszcie wrazie wodospadu spływającego po ścianie jazu, współczynnik m należy pomnożyć przez stałą liczbę od 1,1 do 1,3 gdy h jest zmienne od 0,1 do 0,45 i zależną również od kształtu jazu.



RYS. 90.

W końcu podać należy typy jazów, na jakich Bazin wykonywał swe doświadczenia (rys 91;)



RYS. 91.

dla pierwszych $\frac{Q_1}{Q}$=0,8 do 0,96 i $\frac{Q_1}{Q}$= 0,93 do 1,08

Q-kraw. ostre

dla h = 0,1 dla h = 0,4

dla drugich $\frac{Q_1}{Q}$= 1,06 – 1,15 (h=0,1) i $\frac{Q_1}{Q}$ = 1,24 – 1,29 (h = 0,35)

Folkmitt podaje bardzo ogólnikowo liczby dla różnych typów:

1. gdy korona jest zaokrąglona, konstrukcja boczna z ukośnymi bulwarami $\frac{2}{3}\mu=0,55$

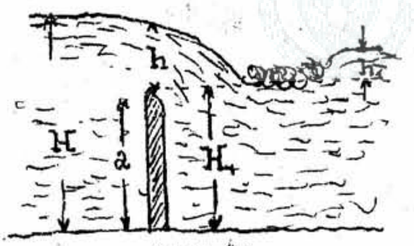
2. korona pozioma, ostre krawędzie $\frac{2}{3}\mu=0,45$

3. Jaz krótki bez bulwarów $\frac{2}{3}\mu=0,4$

4. jaz o b. szerokiej koronie $\frac{2}{3}\mu=0,36$

Jaz zatopiony czyli przelew niezupełny mamy wtedy, kiedy powierzchnia zwierciadła wody poniżej jazu leży wyżej, niż jego korona (rys 92) Bazin stosuje tu to samo obliczenie, co dla przelewu zupełnego , zmienia tylko współczynnik m i ustala go jak następuje

$$m_1 = m\left\{1,05\left(1+\frac{1}{5}\cdot\frac{h_1}{H_1}\right)\sqrt[3]{\frac{h-h_1}{h}}\right. = m.k$$



RYS. 92

Przy różnych $\frac{h-h_1}{h}$ i $\frac{h_1}{H_1}$ Flamant podaje tabelkę dla k:

$\frac{h-h_1}{h}$ \ $\frac{h_1}{H_1}$	0	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	1,0	1,5
0,05	1,05	0,84	0,74	0,64	0,54	0,5	0,45	0,43
0,1	-	0,93	0,85	0,76	0,66	0,61	0,57	0,54
0,2	-	0,98	0,94	0,87	0,79	0,74	0,69	0,67

$\frac{h-h_1}{H}$ \ $\frac{h_1}{H}$	0	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	1.0	1,5
0,3		1,01	0,97	0,92	0,85	0,81	0,77	0,75
0,4	-	1,02	0,99	0,95	0,9	0,87	0,83	0,81
0,5	-	1,03	1,01	0,98	0,93	0,9	0,87	0,86
0,7	-	1,04	1,02	1.0	0,98	0,96	0,94	0,92
>0,7	1,06	1,05	1,04	1,02	0,99	0,97	0,94	0,92

Inaczej obliczają takie jazy Niemcy. Oddzielają oni warstwę będącą przelewem od przepływu i osobno obliczają objętości odpowiadające poszczególnych warstwom, dla każdej przyjmując inne współczynniki. (rys 93.) a zatem:

$$Q = \frac{2}{3}\mu_1 l\sqrt{2g}\left[\left(z+\frac{u^2}{2g}\right)^{\frac{3}{2}}-\left(\frac{u^2}{2g}\right)^{\frac{3}{2}}\right]+\mu_2 l \cdot h_1\sqrt{2g\left(z+\frac{u^2}{2g}\right)}$$

RYS.93

Folkmitt przytem podaje tabelę

	μ_1	μ_2
1. korona zaokrąglenia	0,8-0,85	0,67
2. korona pozioma ostre krawędzie	0,83	0,62
3. Stały jaz jako podstawa dla części ruchomej	0,6	0,6-0,65
4. Sluza gruntowa, próg	0,75-0,85	0,75-0,85

Naogół te założenia są zupełnie dowolne, sam zaś wzór nie ma podstaw teoretycznych, bo w rzeczywistości podobne warstwy nie istnieją oraz μ_1 i μ_2 nie można oznaczyć doświadczalnie; dlatego też według Bornemanna:

$$\mu_1=\mu_2= 0,702 - 0,2226\sqrt{\frac{e}{l}}+0,1845\left(\frac{h_1}{h}\right)^2$$

Ostatnie doświadczenia na jazie Angst-Wyhlen na Renie wykazują, że na ogół przyjmuje się współczynnik μ za mały i że wzrasta on wraz z ilością wody.

Szluzy wpustowe i upustowe.

Obliczenie szluz polega na wzorach wyprowadzonych dla wypływu cieczy z naczynia, czyli

$$Q = m.F.\sqrt{2gh}$$

przyczem F jest to powierzchnia otworu, a h - odległość środka ciężkości otworu od powierzchni wody w zbiorniku. Tego uproszczonego wzoru wtedy można używać, kiedy otwór jest mały w porównaniu z głębokością.

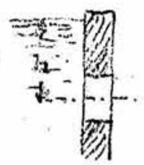
Współczynnik m wyznaczono doświadczalnie; a więc według Smitha dla otworów kwadratowych o ostrych brzegach, gdy bok kwadratu zawarty jest między 0,006 m a 0,3 m. a h = od 0,12 m. do 30,0 m. i liczone od środka otworu, to m zawiera się między 0,596 i 0,66. Dla otworów okrągłych w tych samych warunkach $0,59 \leqslant m \leqslant 0,655$; przytem wsp. m naogół zmniejsza się wraz ze wzrostem otworu i ciśnienia.

Przy dużych ciśnieniach współczynnik ten jest stały i zupełnie nie zależy od wielkości otworu, wówczas można przyjąć dla otworów kwadratowych $m = 0,598$ i dla okrągłych $m = 0,592$.

Gdy mamy do czynienia z otworem prostokątnym, to możemy użyć tablicy ułożonej dla otworów kwadratowych zwiększając m o 0,012 do 0,015, albo też skorzystać z doświadczeń Poncelet'a i Lesbros'a, którzy dla wysokości h zawartych między 0,01 m i 0,2 m i ciśnień do 3 atm. oznaczyli

$$0,572 \leq m \leq 0,701$$ (rys 94.)

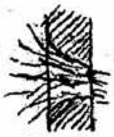
Jeżeli otwór przylega do którejś ze ścian zbiornika (np. szluza otwarta od dna), wtedy Bidone radzi zmienić wsp. m na



Rys. 94.

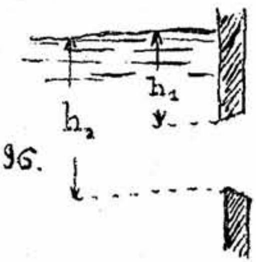
$m_1 = m(1+0,15\theta)$, przyczem θ jest stosunek obwodu tej części otworu, która dotyka do ścian zbiornika, do całego obwodu. Nie jest to jednak dotąd ustalone i wymaga doświadczeń.

Gdy ściany otworu są grubsze, to m zależy jeszcze od rodzaju tego otworu. Gdy ściany otworu są prostopadłe do ścian naczynia, to wtedy m wynosi około 0,62 (dla koła) Gdy będziemy otworowi nadawać kształt, jak na rys. 95 to możemy dojść do granicy $m = 1$.



Rys. 95.

Graeff podaje wartości na m w zależności od rodzaju krawędzi i wartości $\frac{h_1}{h_2-h_1}$ (rys.96)



RYS.96.

Dla otworów powyżej 3 cm. wysokości m = 0,6 do 0,7, poniżej 3cm., m =0,6 do 0,75. Wartości te należy zmniejszać gdy otwór ma przedłużenie w formie kanału. Gdy mamy do czynienia z dużemi otworami, to nie możemy już brać średniej głębokości h lecz należy uwzględniać h_1 oraz h_2, a zatem w tym wypadku

$$Q = m.F.\sqrt{2g(h_2-h_1)} = m.l.\sqrt{2g}(h_2-h_1)^{3/2} \text{ bo}$$

$$F = l.(h_2-h_1)$$

a jeżeli przed szluzą istnieje prędkość napływowa u , a zatem i napór

$$k = \frac{u^2}{2g}$$

to wtedy $Q = m.l.\sqrt{2g}\left\{(h_2+k)^{3/2} - (h_1+k)^{3/2}\right\}$

na m można i tu przyjmować wartości wyżej podane.
Gdy otwór szluzy jest zatopiony, to jego położenie jest obojętne, a wypływ zależy jedynie tylko od różnicy wysokości $h - h_1$; (rys 97)

a zatem $u = \sqrt{2g(h-h_1)}$

RYS.97.

$$Q = m.F.\sqrt{2g(h-h_1)} = m.F\sqrt{2gh_0}$$

Jakie wartości należy przyjmować na współczynnik m tego dotąd doświadczalnie nie stwierdzono i bywa on przyjmowany taki sam jak przy wolnym wypływie. Jeżeli oznaczymy prędkość napływową przez u_1 i odpływową przez u_2, to pierwsza zwiększa wielkość naporu przez ciśnienie, a druga przez ssanie; przy obliczaniu szluz należy uwzględnić oba te działania.

W razie istnienia tylko prędkości napływowej napór

$$k = \frac{u_1^2}{2g}$$

oraz $$Q = mF\sqrt{2g\{(h-h_1)+k\}} = mF\sqrt{2g(h_0+k)}$$

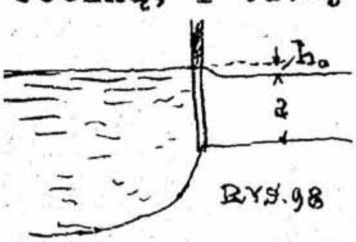
gdzie $h_0 = h - h_1$;

Gdy prędkość odpływowa istnieje, to wtedy

$$Q = mF\left\{\sqrt{2g\left(h_0 + \frac{u_1^2 - u_2^2}{2g}\right)} + u_2\right\}$$

tu bowiem prędkość odpływową przyjmujemy za prędkość rzeczywistą przepływu dodając jednak tę prędkość, jaka wypadnie z różnicy poziomów h_0 i z różnicy naporów. Gdy otwór jest częściowo wolny, a częściowo zatopiony, to obie części można liczyć osobno, chociaż nie ma tu uzasadnienia teoretycznego.

Szluza wpustowa do młynówki jest to również wypływ częściowo zatopiony lub jaz zatopiony z konstrukcją boczną, i tutaj zatem stosować możemy wzór niemiecki



Rys. 98

$$Q = \frac{2}{3}\mu_1 l\sqrt{2g}\,h^{3/2} + \mu_2 a l\sqrt{2gh_0} \quad \text{(rys 98)}$$

Zwykle jednak przy obliczaniu takich szluz nie chodzi nam o obliczenie wymiarów, rzadko bowiem są ona inne, niż wymiary samego kanału, idzie tu raczej o obliczenie straty wysokości h_0, jaka wytworzy się skutkiem kontrakcji. W tym wypadku stosujemy prosty wzór:

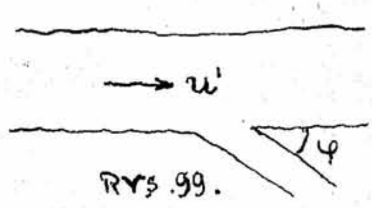
$$h_0 = \alpha \cdot \frac{u^2}{2g} \qquad 1,0 \leqslant \alpha \leqslant 1,5$$

albo też według Reinharda: $h_0 = 0,051 \frac{u^2}{\mu^2}$; $\mu = 0,85$ do 0,95 zależnie od kształtu wlotu. W tym jednak wypadku przyjmujemy, że woda przed szluzą jest w spoczynku, co jest słuszne przy dużych spiętrzeniach; w przeciwnym wypadku należy uwzględniać prędkość napływową. Jeżeli szluza wpustowa u góry zamknięta jest płaszczem, tak, że zw. wody poniżej szluzy leży wyżej niż spód pładzcza, to wtedy można użyć wzoru na wypust zatopiony

$$Q = mF\sqrt{2gh_0} \text{ a stąd } h_0 = \left(\frac{Q}{mF\sqrt{2g}}\right)^2$$

Gdy wlot młynówki jest ustawiony pod kątem do kierunku ruchu wody, to wtedy uważamy,, że działa tu tylko składowa prędkość, a mianowicie (rys 99)

$$u_1 \sin\varphi$$



RYS. 99.

Bazin zmienia tu odpowiednio m.

np. dla $\varphi = 45^\circ$ $m = 0,942\ m$

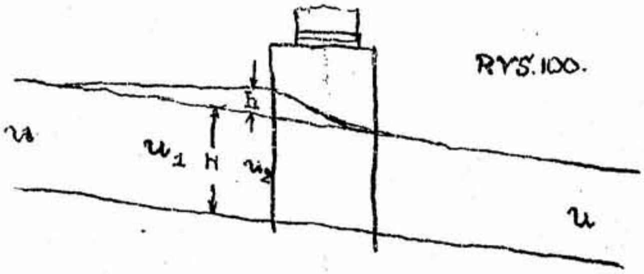
" $\varphi = 25^\circ$ $m = 0,911\ m$

Spiętrzenie przez most. Przyczółki i filary wybudowane w korycie rzeki wywołują nagłe zwężenie przekroju, co pociąga za sobą spiętrzenie wody, a stąd napór zwiększający prędkość, która z kolei może wpływać ujemnie na filary. Z tego powodu konieczna jest znajomość tego spiętrzenia. Oznaczymy prędkość w rzece niespiętrzonej przez u, przez u_1 - prędkość powyżej mostu i przez u_2 - przy moście, przez H naturalną głębokość i przez h - spiętrzenie, B - szerokość rzeki, L wolna rozpiętość rzeki (rys 100.)

Otóż $Q = u.B.H$

$$Q = u_1 B(H+h)$$

$$Q = u_2 L.H\mu$$



RYS. 100.

$$u_1 = \frac{Q}{B(H+h)}; \quad u_2 = \frac{Q}{L.H\mu}$$

Ale h potrafimy już wyznaczyć ze wzoru:

$$h = \frac{\alpha(u_2^2 - u_1^2)}{2g}$$

A wstawiając wartości na u_1 i u_2, otrzymamy:

$$h = 0{,}0566 \cdot Q^2 \left[\frac{1}{\mu^2 L^2 H^2} - \frac{1}{B^2 (H+h)^2}\right]$$

podstawiając jeszcze $Q = u.B.H$, dojdziemy do wzoru:

$$h = 0{,}0566\ u^2 \left[\frac{B^2}{\mu^2 L^2} - \frac{H^2}{(H+h)^2}\right]$$

Równanie to bezpośrednio nie da się rozwiązać, można to uczynić przybliżenie, przyjmując pewne h i sprawdzając, czy przy takiej jego wartości, równanie zostanie spełnione. Albo też, gdy H jest znaczne, możemy równanie uprościć i napisać w tej postaci

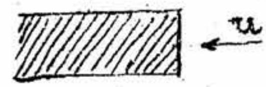
$$h = 0{,}0566\cdot v^2\left[\frac{B^2}{\mu^2L^2} - 1\right] = \frac{\alpha u^2}{2g}\left[\left(\frac{B}{\mu L}\right)^2 - 1\right];$$

μ według Eytelveina i Naviera należy przyjmować:

dla filarów ostrych (rys 101) 0,95
" " okrągłych (rys 102) 0,9
" " ściętych (rys 103) 0,8
" mostu z łukami zanurzonymi
w wielką wodę 0,7

RYS. 101.

RYS. 102.



RYS. 103.

Według Bresse'a μ powinno zależeć również od stosunku $\frac{B}{L}$, bo jeżeli $\frac{B}{L} = 1$ to i $\mu = 1$; gdyż wtedy niema zwężenia przekroju i nie może być spiętrzenia.

Niemieccy badacze używają wzorów na jaz zatopiony

$$Q = \frac{2}{3}\mu L\sqrt{2g}\left[\left(h + \frac{u_1^2}{2g}\right)^{3/2} - \left(\frac{u_1^2}{2g}\right)^{3/2}\right] + \mu_2 L\cdot H\sqrt{2g\left(h + \frac{u_1^2}{2g}\right)}$$

przytem $\mu_1 = \mu_2 = \mu$

Podstawiając $\frac{u_1^2}{2g} = k$, otrzymamy

$$Q = \mu L\sqrt{2g(h+k)}\left\{\frac{2}{3}\cdot h + H + \frac{2}{3}\cdot k\left(1 - \sqrt{\frac{k}{h+k}}\right)\right\}$$

Ostatni wyraz, jako nieznaczny, można opuścić; zatem $$Q = \mu L\sqrt{2g(h+k)}\left(\frac{2}{3}h+H\right)$$

Stąd można już obliczyć h drogą prób

Dla filarów ostro zakończonych $\mu = 0,88$
" " tępo " $\mu = 0,81$

Według Gamanna dla filarów ostrych $\mu = 0,85+0,014\sqrt{L}$
" " półkulistych $\mu = 0,78+0,021\sqrt{L}$
" " tępych $\mu = 0,7+0,029\sqrt{L}$

L jest to tutaj rozpiętość przęsła

We Francji inaczej obliczają światło mostów. Wobec wielkiej ilości istniejących mostów, biorą pod uwagę te mosty, których filary nie są narażone na podmycie i obliczają stosunki powierzchni ich zlewni do powierzchni przepływu:

$$f_1 = \frac{A_1}{F_1};\ f_2 = \frac{A_2}{F_2}\ \ldots\ldots\ f_n = \frac{A_n}{F_n},$$ stąd obliczają

średnie: $$f = \frac{1}{n}(f_1 + f_2 + \ldots + f_n)$$

Jeżeli projektowany most ma zlewnię A to jego powierzchnia przepływu winna być:

$$F = f.A$$

Do nowych mostów, których przęsła mają dużą rozpiętość, podane sposoby obliczania spiętrzenia nie nadają się. Występują tu zwykle spiętrzenia tylko przy samych filarach, w środku zaś między filarami nikną one zupełnie. Potwierdzają to pomiary prędkości, które nadto wykrywają przy filarach tworzenie się wirów, prądów wstecznych i t.p., których nie umiemy uwzględnić rachunkiem. Dlatego też wskazane jest, aby przy opracowywaniu nowych projektów opierać się na dawnych doświadczeniach. Nowsze doświadczenia Rehbocka potwierdzone przez Engelsa wykazały, że spiętrzenie

$$h = \beta . L . k_0$$

przytem L jest to stosunek powierzchni zabudowanej f do całego przekroju : $L = \frac{f}{F}$

$k_0 = \frac{u^2}{2g}$, gdzie u jest to średnia prędkość niespiętrzonej wody; $\beta = (0,72+1,2L+40L^4)(1+2w)$, a $w = \frac{k_0}{t_0}$, gdzie t_0 jest to średnia głębokość niespiętrzonej wody.

β zwykle bywa bardzo bliskie do jedności, a zatem

$$h = L . k_0 = \frac{f}{F} \cdot \frac{u^2}{2g}$$

ten prosty wzór ważny jest dla filarów ostrych, dla filarów tępych, spiętrzenie jest większe i może być nawet 2,1 razy większe, gdy filary są ścięte prostopadle do kierunku prądu. Gdy spadki są silne i powstanie skutkiem tego ruch podkrytyczny, to musimy użyć metody poniżej podanej. Jeżeli mamy daną ilość wody i spadek powyżej mostu, to mamy również napełnienie profilu i głębokość. Z wzoru $H_r' = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{B^2 \cdot g}}$ obliczymy gębokość krytyczną w rzece, a ze wzoru $H_m' = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{L^2 g}}$ głębokość pod mostem. Następnie obliczamy dla rzeki i dla mostu, dla różnych głębokości, rzędne energji (głębokość + napór hydrauliczny) i ilość ruchu. Dla danej głębokości powyżej mostu mamy z obrachowanej tabeli pewną rzędną energji $H + \frac{u^2}{2g}$. Dla głębokości krytycznej pod mostem mamy znów rzędną energji.

$H_m' + \frac{u_m^2}{2g}$; u_m = prędkość przy głębokości krytycznej pod mostem

Dodając spad w obrębie mostu: J.l otrzymamy rzędną energji po spiętrzeniu, a z obliczonej tabeli odnośną głębokość $(H + h)$ a więc spiętrzenie h.
Głębokości znalezionej odpowiada pewna ilość ruchu, która pozostanie niezmieniona i przy ruchu podkrytycznym a zatem można znaleźć znów odpowiednią głębokość w stanie podkrytycznym, a zarazem i wysokość od skoku dla powrotu do stanu pierwotnego głębokości. Na odległość odskoku wpływa też odległość, na której ginie już wpływ kontrakcji, a którawynosi zwykle pięciokrotną wielkość odchylenia strugi. (np. dla filaru o długości 4 m. odchylenie wynosi 2 m., a szukana odległość 10 m.) Odliczając od głębokośći krytycznej spad energji, dostaniemy punkt, w którym ona równa jest pierwotnej energji w rzece powiększonej o stratę na

odskoku i to będzie punktu odskoku. Całe to obniżenie zwierciadła wody jest zwykle wypełnione wodą płynącą w wirach poziomych w odwrotnym kierunku. Skutkiem wzmożonej prędkości i wirów cała ta przestrzeń jest niebezpieczna dla rzeki i filarów, dlatego też przy obliczaniu światła mostu należy kierować się tem że spiętrzenie winno być takie, aby poniżej mostu nie wytworzył się ruch podkrytyczny.

Przepusty.

Przepusty obliczać należy tak, jak kanały, a o ile działają pod ciśnianiem, to tak jak rury. Nadto należy tu uwzględniać stratę spadku przy wlocie wskutek mającego zwykle miejsce zwężenia przekroju. Wogóle można tu stosować te same obliczenie co dla szluzy wpustowej.

Uderzenie wodne.

Jeżeli zamykamy przewód działający pod ciśnieniem to następuje zwiększenie tego ostatniego; woda płynąca w przewodzie z prędkością u posiada energję kinetyczną:

$$E = \frac{\gamma . l . F . u^2}{2g} \; ; \quad \frac{\gamma . l . F}{2g} \text{ jest to masa}$$

Jeżeli zamykanie trwa T sekund, to w tym czasie zmieniać się będzie ciśnienie, co spowoduje nadwyżkę