

Rzecz prosta, że obliczanie otworów wyżej podanym sposobem może być uważane jedynie za nadające się do przedwstępnych kalkulacji.

Wypada wspomnieć jeszcze o obliczaniu światła przepustów pod nasypem. Zauważyć należy wogóle, że ten typ budowli stosuje się przy wyższych względnie nasypach, a to mianowicie dla zaoszczędzenia na murze przyczółków. - Rozróżniamy w obliczaniu 2 wypadki: 1/ przepust nie może być zupełnie zatopiony, 2/ przepust może być zatopiony.

Do pierwszej kategorii należą przepusty murowane sklepienie. Musi tu być dopełniony warunek, ażeby najwyższy poziom wody był - o jakieś 20 /cm./ niższy od opór sklepienia, jeżeli to ostatnie jest z cegły, - jeżeli zaś betonowe lub kamienne, - to ma nie dochodzić do zwornika przynajmniej na jakieś 0,5 metr., jeżeli sklepienie płaskie i nawet na 0,85 metr. - o ile ono jest bardziej wypukłe. Wielkość otworu musi być taka, żeby cała masa wody, odpowiadająca max. Q - przechodziła przez przepust, nie tworząc spiętrzenia większego, niż na to pozwala warunek wyżej wyłuszczoney, i nie wywołując szybkości przepływu większej, niż podane w Tablicy XI. w zależności od rodzaju dna.

Jak widzieliśmy, według przepisów M-stwa Kolei

światło przepustu oblicza się tak samo, jak i światło mostu.

Istnieje jednak jeszcze odrębna metoda, mianowicie: Bress'a, - traktującego przepust sklepienny jako jaz zatopiony, za którym bezpośrednio znajduje się kanał z dnem, leżącym na poziomie grzbietu jazu: jeżeli oznaczmy przez y wysokość spiętrzonej wody nad dnem owego kanału, przez x - wysokość lustra w samym kanale, przez v_m - średnią szybkość przepływu tamże, zaś przez v - szybkość dopływu, przez b - szerokość otworu, a przez Q - wielkość przepływu, to mamy:

$$Q = \mu \cdot b \cdot x \cdot v_m = \mu \cdot b \cdot x \sqrt{2g(y+k-x)},$$

gdzie $k = \frac{v^2}{2g}$.



Rys. 1.

Przy zadanym y , max. Q będzie miało miejsce przy $x = \frac{2}{3}(y+k)$, - o czym łatwo przekonać się. Istotnie

$$\frac{Q^2}{2gb^2} = \mu^2 x^2 (y+k-x).$$

Zakładamy, że przy zadanym $y-k$ wartość Q osiąga jakieś maximum określone. A więc

$$\frac{du}{dx} = \mu^2 (2xy + 2kx - 3x^2) = 0,$$

skąd

$$x = \frac{2}{3} (y - k).$$

Wobec tego mamy:

$$Q = \mu \cdot b \frac{2}{3} \frac{(y-k)}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{2g(y-k)} = 0,35 b (y-k) \sqrt{2g(y+k)}. \quad /6/$$

/przyjmując $\mu = 0,9/$.

Jednocześnie

$$v_m = \sqrt{2g(y+k-x)} = \sqrt{\frac{2g(y-k)}{3}} \quad \dots /7/$$

Przy obliczaniu przepustu, Q jest nam znane, zaś v_m przyjmujemy równe temu $\max v$, któremu odpowiada najwyższe dopuszczalne według rodzaju dna v_d . /patrz Tablica Nr. XI /. Traktując tedy Q i v_m - jako wiadome, wykluczmy z obu powyższych równań y i znajdziemy b w zależności od Q i od v , a mianowicie: $y+k = \frac{3v^2}{2g}$, skąd:

$$Q = 0,35 b \cdot \sqrt{2g} \cdot \left[\frac{3v^2}{2g} \right]^{\frac{3}{2}} = \frac{0,35 b \cdot 3\sqrt{3} v^3}{2g} = \frac{1,82 v^3 b}{2g},$$

skąd wreszcie:

$$b = \frac{2gQ}{1,82 v^3} = 10,8 \frac{Q}{v^3} \quad \dots \dots \dots /8/$$

Zaś

$$y = \frac{3v^2}{2g} - k = 0,153 v^2 - k \quad \dots \dots \dots /9/$$

$$\chi = \frac{2}{3} \cdot 0,153 v^2 = 0,102 v^2 \quad \dots\dots\dots/10/.$$

Tak χ jak i y winny zadość czynić wyłuszczonemu wymaganiu co do najwyższego poziomu lustra wody.

Zupełnie jest odrębny sposób obliczania otworów małych przepustów w postaci rur żelaznych, czy betonowych, czy wreszcie żelbetonowych.

Tu przeważnie dopuszczamy do tego, żeby cały przepust był zatopiony, za wyjątkiem pewnych przypadków, - o czym niżej.

Czynimy to świadomie w tym celu, ażeby mieć możliwość zastosowania właśnie rurowego przepustu o niewielkim przekroju. Zatopienie więc jest następstwem tego faktu, że przez przepust przechodzi na sekundę przy normalnym poziomie ilość wody mniejsza, niż wynosi dopływ ze zlewni; w miarę podnoszenia się poziomu wzrasta szybkość przepływu, a więc i przepływ sam, aż nadejdzie chwila przy spiętrzeniu się wody do pewnej wysokości, że nareszcie odnośny przepływ zrówna się z dopływem. Oczywiście zachowane być muszą przy tem dwa warunki: 1/ żeby osiągnięte podobne spiętrzenie wody nie pociągnęło za sobą szkodliwych skutków dla sąsiednich pól, t.zn. żeby nie przyczyniło się do zalania ich, jak również żeby nie stało się niebezpieczne dla samej drogi; 2/ żeby szybkość

u wylotu nie doszła do takiej granicy, przy której musiałoby nastąpić rozmycie gruntu. W myśl tego ostatniego żądania staramy się wzmocnić możliwie teren u wylotu, czy to urządzając tam bruk podwójny, czy też betonowe łożysko, czy też drewniane koryto, czy wreszcie obrukowanie, wzgl. umocowanie opłótkami faszynowemi kaskady. Czyniąc tak mamy następnie możliwość doprowadzenia szybkości przepływu u wylotu do możliwego maximum. Za takie uważać należy: przy kamiennem łożysku $V_{max} = 4$ mtr/sek., przy drewnianem korycie $V_{max} = 6$ mtr/sek.; przy łożysku faszynowem z kaskadami $V_{max} = 9$ mtr/sek.

Niebezpieczeństwo zalewu dla pól sąsiednich nie będzie istniało tylko wtedy, kiedy będziemy mieli do czynienia ze zlewnią, mającą kształt mniej lub więcej głębokiego i niezbyt szerokiego parowa. Tylko więc w takich wypadkach może być stosowany typ przepustów zatapiających i przytem oczywiście dla zlewni małych /do 1 km². pow./, gdyż przepusty rurowe - czy to żelazne, czy żelbetowe, czy wreszcie betonowe nie bywają większe nad 1,5, wyjątkowo 2 mtr. O ile jednak w takich razach niebezpieczeństwo zalewu może nie być brane pod uwagę, to zato zawsze uwzględniany być musi ten warunek, aby lustro spię-

trzonej wody było niższe od poziomu drogi o jakieś 1/2 do 1 mtr. - zależnie od tego, czy mamy do czynienia z drogą kołową, czy też z koleją żelazną. Ponieważ istnieje ścisły związek pomiędzy wysokością tego lustra, a szybkością wypływającej przez przepust wody, przeto z wyżej zaznaczonego warunku wynika, że możemy przyjmować za miarodajne przy obliczeniu tylko takie wartości V_{max} , które odpowiadają wysokości lustra h , nie większej niż owa wyżej podana granica. Związek, o którym mowa, wyraża się równaniem: $h_n = (1 + \xi + \lambda \frac{l}{d}) \frac{V_m^2}{2g} \dots \dots /11/$ gdzie V_m oznacza największą dopuszczalną szybkość wody u wylotu rury, ξ - współczynnik oporu przy wypływie przez wylot zwężony; współczynnik ten podług Wejsbacha stanowi 0,87, - jeżeli prostopadła do ściany naczynia /w danym wypadku - do stoku nasypu/ tworzy z osią podłużną wylotu kąt 50° , jeżeli zaś kąt ten $= 0$, to $\xi = 0,505$ /często się przyjmuje tę alternatywę/; l - oznacza długość rury, d - jej średnicę, zaś λ - jest to znany w hydraulice współczynnik tarcia w przewodach rurowych; podług Wejsbacha:

$$\lambda = 0,01439 + \frac{0,009471}{\sqrt{V}}$$

Dla ułatwienia znajdowania λ mamy tablicę Nr.XV.

Tablica Nr. XV.

| $v \text{ m/sek}$ | λ | $v \text{ m/sek}$ | λ | $v \text{ m/sek}$ | λ |
|-------------------|-----------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|
| 1,75 | 0,0215 | 4 | 0,0191 | 8 | 0,0177 |
| 2 | 0,0211 | 5 | 0,0187 | 9 | 0,0176 |
| 2,5 | 0,0201 | 6 | 0,0183 | 10 | 0,0174 |
| 3 | 0,0198 | 7 | 0,0180 | 12 | 0,0171 |

Co się tyczy wartości v_m , to podane one zostały nieco wyżej.

Określając h_n z wzoru /11/, należy rozumieć, że rura położona jest poziomo; jeżeli zaś ona leży pochyło, - to h_n musi być zmniejszone o $h' = i \ell$, gdzie i - wielkość spadku, zaś ℓ - długość rury. Dodać należy, że liczymy h_n - nad środkiem rury, z tej mianowicie strony, gdzie woda wchodzi.

Przechodząc teraz do samego sposobu obliczania przepustów rurowych zatapianych, zaznaczyć należy, że zaczyna się ono od ustalenia v_{max} ; jeżeli przy wartościach, podanych w swoim miejscu, okaże się, że odpowiadająca im wysokość h jest $>$ od h_{max} , to należy wyliczyć v podług tego h_{max} i przyjąć je za miarodajne.

Jednocześnie, oczywiście, musimy sobie zadać

jakaś średnicę d przepustu /gdyż inaczej nie określilibyśmy składnika $\frac{\lambda l}{d}$ /, poczem znajdujemy z równania $\max Q = \frac{\pi d^2}{4} v$ - czy tę największą ilość wody, która spływać będzie ze zlewni /za-
wczasu określona/, rura nasza może przepuścić przy zachowaniu warunków co do $\max h$ i co do v_{\max}

Jeżeli owo $\max Q$ okaże się $>$ od $\frac{\pi d^2}{4} v$ - to albo możemy uznać, że rura jest za mała i powiększyć średnicę, albo też przedtem, zapomocą niżej podanego obliczenia, przekonać się, czy przypadkiem czas potrzebny na podniesienie się lustra do przyjętego $\max h$ nie będzie większy od czasu trwania ulewy, uznawanego wogóle za maksymalny.

Gdyby bowiem z obliczenia to wypadło w takim razie należałoby wnioskować, że poziom $\max h$ w rzeczywistości nie będzie nigdy osiągnięty, tylko jakiś niższy, poczem /po skończeniu się ulewy/ woda zacznie już spadać, stopniowo spływając przez zaprojektowany przepust - bez niebezpieczeństwa prze-lania się przez nasyp lub wytworzenia szybkości niedozwolonej. Innymi słowami-okazałoby się wtedy, że wbrew pozorom wybrana średnica przepustu jest dostateczną. Podobna ewentualność może się zdarzyć wtedy mianowicie, kiedy zlewnia posiada pewne za-

głębień - w planie i w profilu, -umożliwiające magazynowanie nadmiaru wody, nie mogącej się prze-
lać przez przepust. W takim wypadku, oczywiście,
potrzeba znacznie dłuższego czasu dla podniesie-
nia się poziomu wody, niż w razie braku wspomnia-
nych zagłębień.

Obliczenie, o którym mowa, ma przebieg następu-
jący: niech w miarę dopływu woda częściowo się
zatrzymuje, spiętrzając lustro. W miarę podnosze-
nia się poziomu - zwiększa się szybkość przepływu,
a więc też i sam przepływ. Niech będzie F_x po-
wierzchnia poziomego przekroju zlewni na pewnej
wysokości. W okresie czasu dt woda podniesie
się o dx , przybędzie jej więc $F_x \cdot dx$, wysokość
lustra przy F_x niech będzie x ; przypływ bę-
dzie wtedy na sekundę $\mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2gx}$, gdzie ω -
przekrój rury, zaś

$$\mu = \frac{1}{1 + \xi + \lambda \frac{l}{d}} ;$$

w okresie dt przepłynie $\mu \omega \sqrt{2gx} \cdot dt$,
przepłynie zaś $Q \cdot dt$. Oczywiście

$$F_x \cdot dx = Q \cdot dt - \mu \omega \sqrt{2gx} \cdot dt,$$

skąd

$$dt = \frac{F_x \cdot dx}{Q - \mu \omega \sqrt{2gx}} ,$$

zaś

$$t = \int_0^h \frac{F_x \cdot dx}{Q - \mu w \sqrt{2gx}} \dots\dots\dots /12/.$$

Określoną w ten sposób wielkość t należy porównać z największym czasem trwania ulewy, jaki nam dla danego kraju daje meteorologia.

Gdyby można było ustalić funkcjonalną zależność F_x od x , to równanie

$$t = \int_0^h \frac{F_x \cdot dx}{Q - \mu w \sqrt{2gx}}$$

po scałkowaniu dałoby się faktycznie rozwiązać.

Łatwo jednak zrozumieć, że to jest w praktyce tak dobrze jak niemożliwe ze względu na wielką przypadkowość w konfiguracji terenu. W istocie więc robimy tak: określamy /planimetrem lub w inny sposób/ szereg powierzchni: $F_0, F_1, F_2, \dots, F_n$ przekrojów zlewni w płaszczyznach poziomych, odpowiadających różnym poziomom planu. Odstępy między tymi przekrojami są naturalnie - jednakowe. Następnie, licznik prawej strony równania /12/ zamiast całki przedstawiamy w kształcie wzoru Simpsona, mianowicie, zakładając h_n , odpowiadające n warstwom równej grubości - także w razie n parzystego mamy objętość z wzoru:

$$\frac{h_n}{3n} [F_0 + 4(F_1 + F_3 + F_5 + \dots + F_{n-1}) + 2(F_2 + F_4 + \dots + F_{n-2}) + F_n],$$

jeżeli zaś n nieparzyste, to z wzoru

$$\frac{h_3}{8} [F_0 + 3(F_1 + F_2) + F_3] + \frac{h_n - h_3}{3(n-3)} [F_3 + 4(F_4 + F_6 + \dots + F_{n-1}) + 2(F_5 + F_7 + \dots) + F_n]$$

- przy czem w mianownikach pod odnośniami F_n piszemy wyrazy $Q - \mu \omega \sqrt{2gh_n}$. Zadając nachybił-trafił pewne h_n - po kilku próbach znajdziemy wreszcie takie, przy którym prawa strona równania /12/ da nam wielkość równą albo większą od tej, jaką nam podaje meteorologia. Jeżeli otrzymane w ten sposób h_n wypadnie większe od określonego poprzednio $\max h$, - to znaczy, że albo średnicę rury trzeba powiększyć, albo też - jeżeli tylko odpowiadająca wysokości h_n szybkość v jest $\leq v_{\max}$, to może być korzystniejsze czasami wysokość nasypu podnieść.

Może jednak zdarzyć się, że określona - jak wyżej - wielkość h_n jest mniejsza od największej dopuszczalnej. Wtedy ma miejsce ewentualność, zaznaczona wyżej - na początku niniejszego, - czyli zaprojektowaną średnicę rury można uznać za dostateczną.

Na zakończenie należy omówić jeszcze wypadek taki, że przepływ pełnym przekrojem rury nie może mieć miej-