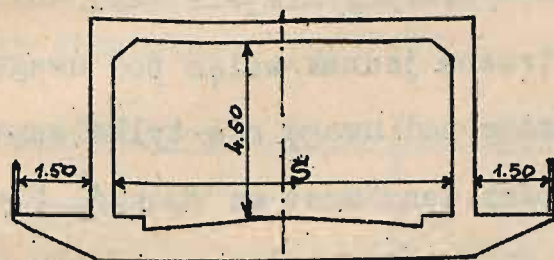


mogła być wykorzystana dla ruchu. Zatem powinna ona być wielokrotnie szerszą od szerokości wozów, t.j., aby na szerokości jezdni mogło przejeżdżać kilka ^{szeręgów} wozów przy najmniejszej dopuszczalnej odległości wolnej pomiędzy wozami i aby przytem nie pozostawało wolnych pasów, na których nie mieściłyby się wozy. Szerokość zatem powinna odpowiadać dwum, czterem, sześciu lub więcej szeregom wozów. Jeżeli na moście są tory tramwajowe pośrodku, to wolna szerokość jezdni z każdej strony torów tramwa-



rys. 66.

jowych pomiędzy torami i chodnikami powinna mieścić na swej szerokości odpowiednią ilość szeregów wozów, np. jeden, dwa, trzy szeregi.

Wysokość światła mostów drogowych I, II i

III klasy ponad jezdnię winna wynosić 4,50 m. /rys.66/.

Wybór miejsca i obliczenie otworu mostów.

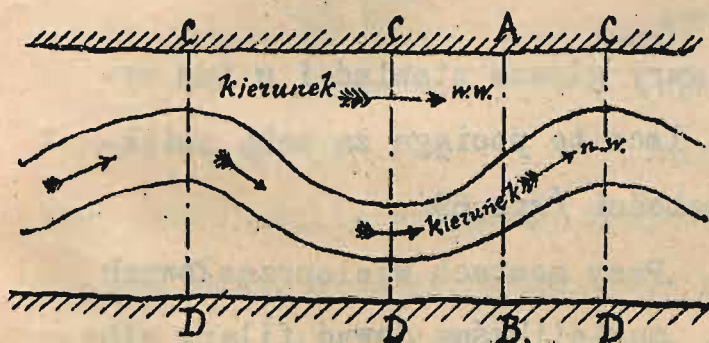
Wybór miejsca do budowy mostu zależy od wielu okoliczności. Jeżeli most ma być zbudowany w mieście, to zwykle nie możemy uzależniać położenia mostu od najdogodniejszych warunków technicznych i budować most w dowolnym miejscu, lecz w miejscu dogodnej i rozwiniętej komunikacji. Jeżeli mamy trud-

ne warunki terenowe trasowania, czy to drogi kołowej, czy to linii kolejowej, wtedy prowadzimy linię najdogodniejszymi kierunkami do danej rzeki i wtedy miejsce do budowy mostu otrzymuje się samo przez się. Do danego miejsca wtedy zmuszeni jesteśmy dostosować most tak, aby on zadość czynił odpowiednim warunkom technicznym.

Gdy jednak mamy pewną swobodę w wyborze miejsca do przetrzucenia mostu przez rzekę, to w tym wypadku staramy się wybrać to miejsce tak, aby most utrzymał się najwygodniejszy pod względem technicznym i ekonomicznym. Wybieramy miejsce tak, aby most był możliwie najtańszy. Tutaj trzeba jednak wziąć pod uwagę, że ekonomiczna strona winna być brana pod uwagę nie tylko samego mostu, lecz też i tej drogi, którą dany most ma łączyć. Nie możemy mówić, żeśmy wybrali najdogodniejsze położenie mostu pod względem ekonomicznym, skoro to położenie wymagało wydłużenia drogi. Wydłużenie drogi powiększa koszty, wprowadzając nie samego mostu bezpośrednio, lecz budowy całej linii komunikacyjnej. Gdyby nawet wydłużenie linii oraz budowa mostu w danym miejscu pościągnęły za sobą mniejsze nieco koszty, niż budowa mostu przy krótszej linii w innym miejscu, to i wtedy nie moglibyśmy powiedzieć, żeśmy dali najtańsze rozwiązanie. Musimy, przyjmując możliwe przewozy towarów po dłuższej i krótszej linii, zbadać rozchody eksploatacyjne, zbadać ewentualne straty, wynikające z przewozu towarów na większej długości, skapitalizować to, porównać ostateczne wyniki i wtedy tylko możemy orzec, jakie prze-

ście przez rzekę jest najlepsze pod względem ekonomicznym.

Pod względem technicznym, wybierając miejsce, dążymy zwykle do tego, aby oś mostu przecinała rzekę prostopadłe do potoku wody nie tylko przy wysokim stanie wody, lecz i przy normalnym stanie. Kierunek wody normalnej nie zawsze jest ten sam, co kierunek wody wysokiej. Tylko przy wysokich brzegach, gdy rzeka nie może rozlewać swych wód szeroko, kierunek prądu wody, przy różnych poziomach, pozostaje naogół jednakowy. Przy możliwości rozlewu kierunek przepływu wód wysokich zwykle odpowiada kierunkowi niezatapianych brzegów doliny, kierunek zaś wód normalnych tworzy sinusoidę /rys.67/.

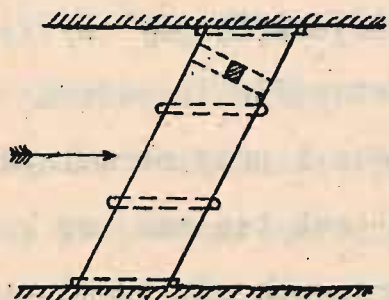


Jeżeli przeto przerzucić most w miejscu AB, to będzie on prostopadły do kierunku prądu wody wysokiej, zaś nieprostopadły do kierunku prądu wody normalnej

i odwrotnie. Tylko przejścia w wierzchołkach sinusoid CD dają oś mostu prostopadłą do kierunku przepływu wód wysokich i normalnych. W każdym razie winno się zbadać kierunek tak wody normalnej, jak też i wysokiej i starać się oś mostu dać normalnie do przepływu wody.

Położenie mostu pod pewnym kątem do przepływu wody ma następujące niedogodności :

1. Zwiększa długość mostu, a przeto powiększa jego koszty.

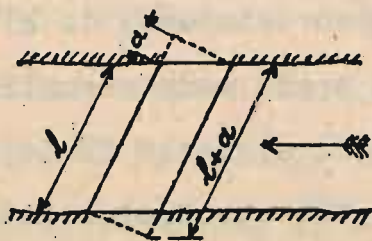


rys. 68.

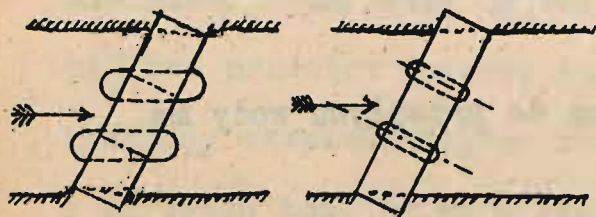
nych części mostu z drugimi nie pod kątem prostym, lecz pod kątem ostrym /rys.68/.

4. Dźwigary otrzymują niejednakowe obciążenie, co powoduje niejednakowe ich ugięcie. Niejednakowe ugięcie dźwigarów głównych rozluźnia i niszczy połączenia belek poprzecznych z dźwigarami.

Można, naturalnie, dźwigary główne stawiać i w tym wypadku, jak w mostach prostych, lecz to pociąga za sobą zwiększenie ich teoretycznej rozpiętości /rys.69/.



rys. 69.



rys. 70.

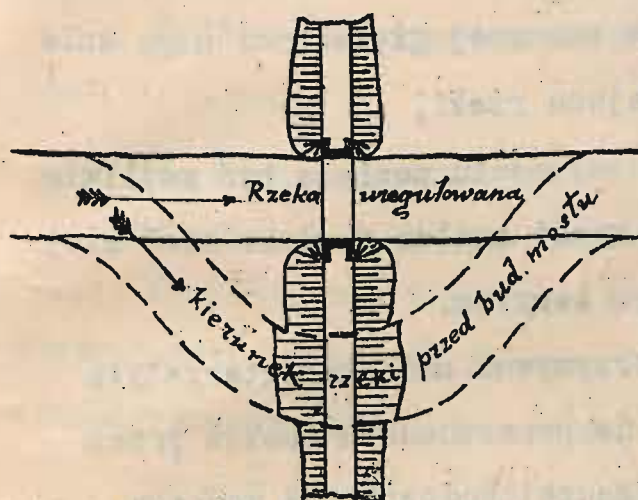
2. Wymaga przy danej użytecznej szerokości mostu szerszych przyczółków i dłuższych filarów, co znów pociąga za sobą zwiększenie wydatków na budowę mostu.

3. Utrudnia konstrukcję budowy wierzcho-
niej, gdyż otrzymują się połączenia jed.

Przy mostach wieloprzęsłowych musielibyśmy dawać filary albo znacznie grubsze, co pociągałoby za sobą powiększenie kosztów, albo osie filarów, dając prosto padkę do osi mostu, stawiać je pod pewnym kątem do prądu rzeki /rys.70/, co jest niedobre, ani pod względem hydraulicznym, ani dla żeglugi, jeżeli takowa ma miejsce na danej rzece.

Dla wyżej wymienionych okoliczności unikamy budowy mostów ukośnych, szczególnie na dużych rzekach.

Na rzekach małych często budujemy most nie na istniejącym korycie rzeki, lecz staramy się połączyć budowę mostu z jednoczesną częściową regulacją danej rzeki w danym miejscu. /rys.71,

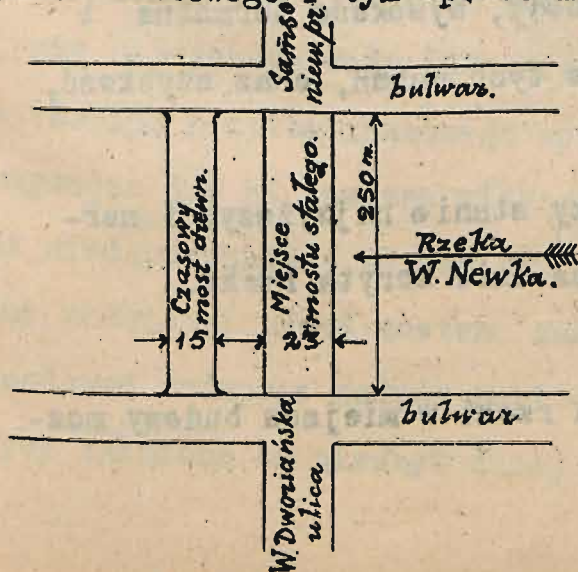


rys. 71.

Daje to nam tę wygodę, że możemy prowadzić roboty na miejscu suchym, co i ułatwia robotę i często przyspiesza jej wykonanie.

Jeżeli wypada budować most czasowy np. drewniany na rzecę, który po kilku latach ma być usunięty i zamieniony mostem stałym, wtedy zwykle wybieramy miejsce dla mostu czasowego nie na miejscu mostu stałego, lecz nieco wyżej lub niżej i zwykle w niewielkiej odległości od miejsca mostu stałego, a to dlatego,

aby można było prowadzić budowę mostu stałego przy egzystencji mostu czasowego, i tym sposobem zabezpieczyć ciągłą komunikację



rys. 72

przez rzekę. Tak postępują przy budowach kolei, tak postępować należy przy budowie mostów miejskich i drogowych.

Na rys. 72 pokazany jest w planie tego rodzaju most czasowy drewniany, zbudowany nie na linii, łączącej dwie główne

ulicę miasta /Petersbourg/, lecz nieco niżej, miejsce zaś wzdłuż osi ulic pozostawione było wolne do budowy mostu stałego.

Wybierać miejsce do budowy mostu winniśmy takie, aby most otrzymał się najkrótszy, aby grunt w łozysku rzeki był trwały, gdyż od trwałości gruntu zależy w dużej mierze trwałość mostu i koszty budowy. Bardzo słabe grunta na znacznej głębokości mogą unie możliwić budowę mostu w danym miejscu rzeki.

Łozysko rzeki w miejscu budowy mostu powinno być możliwie niezmiennie. Wreszcie, przecięcie rzeki mostem powinno mieć miejsce tam, gdzie rzeka płynie jednym korytem.

Nie będziemy się dłużej zatrzymywać nad charakterystyką miejsca, najlepiej nadających się do przerzucania mostów przez daną rzekę, gdyż te dane dotyczą raczej budownictwa wodnego.

Tutaj wskażemy tylko na te dane, które są niezbędne do racjonalnego zaprojektowania mostu, na te właściwości danej rzeki, które wzięte łącznie, stanowią jej charakterystykę. Dane te są następujące :

1. Największy rozchód wody w danej rzece.
2. Największa wysokość stanu wody, wysokość normalna, i najniższa, wahania wysokości, czas tych wahań, oraz szybkość, z jaką woda się podnosi i opada.
3. Szybkość przepływu wody przy stanie najwyższym i normalnym na powierzchni, w nurcie i na dnie koryta rzeki.
4. Spadek podłużny potoku.
5. Przekrój poprzeczny łozyska rzeki w miejscu budowy mo-

tu oraz conajmniej dwa przekroje w odległości około 500 mtr. wyżej i niżej od osi projektowanego mostu.

6. Poziom przepływu lodów oraz skrajne daty tego przepływu za największą ilość lat.

7. Geologiczny przekrój łóżyska rzeki w miejscu budowy mostu.

8. Wreszcie kształt w planie potoku miejscowości, przylegającej do potoku.

9. Dane, dotyczące żeglugi na rzece.

10. Ceny materiałów budowlanych i robocizny.

Rozchód wody w rzece niezbędny nam jest do obliczenia otworu mostu. Kierunek potoku i kształt miejscowości daje nam możliwość zaprojektowania urządzeń regulacyjnych.

Poziom przepływu lodów służy nam do projektowania podpór, czas spływania lodów - do rozplanowania robót w czasie. Dane, dotyczące żeglugi, poziomów wody oraz geologiczne służą do projektowania podpór oraz budowy wierzchniej mostu.

Obliczenie wielkości otworu mostu.

Otwór, czyli światło mostu powinno być na tyle dostateczne, aby największe wody katastrofalne mogły przepłynąć pod mostem nie tworząc przytem znacznego spiętrzenia wody przed mostem i nie rozmywając dna na znaczną głębokość. Znaczne spiętrzenie wody jest niedopuszczalne ze względu na możliwość zatopienia miejscowości, położonej przed mostem, zaś znaczne rozmycie dna mogłoby spowodować podmycie podpór mostowych, o ile fundamenty takowych byłyby założone na niezbyt dużej głębokości, lub, dopuszczając

znaczące rozmycie dna, musielibyśmy zakładać fundamenty na odpowiednio znacznej głębokości. Nadto światło mostu powinno być takie, aby lód spływający w rzecę nie był tamowany przez podpory mostowe i nie tworzył tym sposobem zatorów.

Właściwie mówiąc, ścisłych sposobów obliczania światła mostów nie mamy, gdyż nie znamy ścisłych praw, według których woda przepływa w rzekach.

Przy obliczaniu wielkości otworu mostu będziemy rozróżniać dwie zasadnicze grupy, w zależności od ilości przepływu wielkiej wody:

a/ Mosty duże/na dużych rzekach/ i

b/ mosty małe lub przepusty na małych rzekach i dolinach

I. Obliczenie wielkości światła mostów dużych.

Przy obliczaniu wielkości światła mostu będziemy różnicować dwa wypadki :

1/ rozmycie dna łóżyska rzeki jest niedopuszczalne ze względu na niezbyt głębokie założenie fundamentów podpór mostowych lub niemożliwe ze względu na jakość gruntu, tworzącego łóżysko rzeki, np. dno rzeki skaliste.

2/ Rozmycie dna łóżyska rzeki jest dopuszczalne tak ze względu na odpowiednie usadowienie podpór, jak też i ze względu na jakość gruntu na dnie łóżyska rzeki. W obu tych wypadkach stosujemy zwykle inne sposoby obliczenia wielkości otworu mostu.

A. Rozmycie dna nie jest dopuszczalne lub nie jest możliwe.

Wypadek ten mógłby mieć miejsce, np. przy budowie mostu drewnianego

nego o podporach palowych lub kaszycowych, gdyż takowe zakładamy zwykle na niezbyt dużej głębokości. Co się tyczy mostów stałych, to, stosując posady kesonowe, mamy możliwość opuszczania fundamentów do głębokości 30 mtr. niżej poziomu wody [28 mtr. niżej poziomu wody normalnej opuszczano kesony w moście Pałacowym w Petersburgu], zaś studnie opuszczać możemy i głębiej, przeto dla podpór stałych kamiennych, posadowionych na należytej głębokości, nie zachodzi obawa podmycia ich fundamentów, tembardziej, że, dopuszczając rozmycie, głębokość tego rozmycia ograniczamy zwykle normą, nie przekraczającą 50% pierwotnej średniej głębokości. Dla mostów stałych z podporami kamiennymi raczej może zachodzić wypadek niemożliwości rozmycia dna rzeki wskutek trwałości gruntu.

Jak już wyżej wskazaliśmy, przy obliczeniu wielkości otworu mostu musimy mieć największy rozchód wody, gdyż otwór mostu musi być dostateczny, aby najwyższe wody katastrofalne mogły przepłynąć bezkarnie tak dla samego mostu, jak też i dla miejscowości, przylegającej do mostu.

Oznaczmy rozchód wody przez Q ;

Spółczynnik dławienia wody oznaczmy przez μ . Spółczynnik ten jest zależny od kształtu filarów w planie i przy filarach prostokątnych może być przyjęty 0,85, przy filarach z głowicami zaokrąglonemi 0,90 i przy głowicach filarów ostrokątnych 0,95 - 0,97.

Właściwie współczynnik μ zależy nie tylko od kształtu filarów, lecz też i od rozpiętości w świetle pomiędzy podporami.

Im odległość pomiędzy filarami jest większą, tem współczynnik μ jest również większy i dla rozpiętości, przekraczających 100 m, można go przyjmować równym 1.

Croisette daje następujące wartości dla współczynnika μ .

Kształt podpór	μ w zależności od rozpiętości l						
	$l = m$	10	30	50	60	80	100 m
Prostokątny	$\mu =$	0,79	0,86	0,90	0,92	0,97	0,99
Półkolisty lub trójkątny	$\mu =$	0,85	0,90	0,93	0,94	0,97	0,99
Trójkąt ostry lub ostrożuk	$\mu =$	0,89	0,93	0,95	0,96	0,98	0,99

Jeżeli średnią szybkość wody pod mostem oznaczmy przez v_0 , a przekrój rzeki pod mostem przez ω_0 , to mamy $Q = \mu \omega_0 v_0$; z tego wzoru znajdziemy v_0 .

Mając średnią szybkość wody, możemy znaleźć na zasadzie wzorów empirycznych największą szybkość wody na powierzchni rzeki v_p , a, mając tę ostatnią i korzystając również ze wzorów empirycznych, możemy znaleźć v_d , szybkość wody na dnie rzeki.

Dla wielkości v_p możemy przyjąć wzory Prony :

$$v_0 = 0.8164 v_p \quad \text{lub} \quad \frac{v_0}{v_p} = \frac{2.372 + v_p}{3.153 + v_p}$$

lub wzór Bazin'a $v_0 = v_p - 14\sqrt{Ri}$

gdzie i oznacza spadek, Z. W. a R promień hydrauliczny przekroju. Wielkość v_d możemy znaleźć ze wzoru Weisbacha

$$v_d = 0.83 v_p$$

Mając szybkość na dnie rzeki, możemy porównać tę szybkość z szybkościami, które rozmywają grunta, a zatem możemy

sobie wytworzyć pojęcie, czy dany na dnie rzeki grunt może być rozmyty lub nie. Według Morandièrè'a mamy następujące dane, dotyczące rozmycia różnych kategorii gruntów :

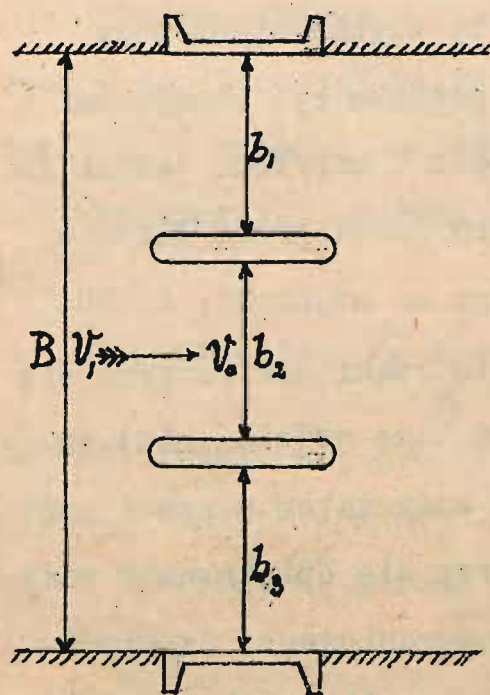
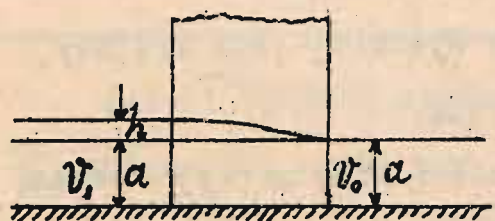
Dno Gliniaste [słaba glina]	V=0,15 m/sekundę
" Piaszczyste	0,30 " "
" Zwirowate	0,61 " "
" z drobnego tłucznia	0,90 " "
" " grubego tłucznia	1,22 " "
" " kamieni znacznej wielkości	1,50 " "
" skaliste słabe	1,80 " "
" skaliste twarde	3,00 " "

Naturalnie, że im okres przepływu wody wysokiej jest krótszy, tem, oczywiście, i rozmycie jest mniejsze.

Wyżej podane dane co do rozmywalności gruntu przy wskazanych szybkościach powinny być przyjmowane z pewnemi zastrzeżeniami. Z tych danych wynikałoby, że przy szybkościach wody większej niż 3.00 mt/sek skała twarda powinna być rozmywana. Są jednak przykłady, że przy szybkościach 7 mtr/sek. jednak koryto rzeki pod mostem nie ulega rozmyciu [most przez Narew w Narwie], również we Francji rzeka Ariège ma szybkość, dochodzącą do 7 - 12 mt/sek. i również koryto rzeki nie rozmywa się. Stawiając most na rzece, tworzymy pewną tamę wodzie, gdyż zazwyczaj koryto rzeki zwężamy. Szybkość wody zatem w rzece pod mostem zwiększa się i przed mostem tworzy się spiętrzenie wody. Tak szybkość jak i spiętrzenie wody są ograniczone. Szybkość wody nie tylko jest ograniczona względami możliwości rozmycia budowa mostów, ark.IX

dna, lecz nawet w wypadkach, gdy rozmycie dna byłoby niemożliwe, zwiększenie szybkości może być niedopuszczalne ze względu na żeglugę oraz na spiętrzenie wody przed mostem. Co się tyczy żeglugi, to żaglowa żegluga przeciw prądowi jest utrudniona przy szybkości już koło 1 m/sek. zaś z prądem przy szybkości 1,7 m/s [Debauve], przy holownikach przeciwpądowa jest utrudniona przy szybkości 1,3 m/sek.

Spiętrzenie wody przed mostem nie tylko utrudnia żeglugę, lecz, podnosząc poziom wód najwyższych w rzece, może powiększyć wylew rzeki, zalać pola uprawne i przez to wyrządzić szkody.



rys. 73.

Spiętrzenie wody h może być obliczone w następujący przybliżony sposób: Jeżeli przez B oznaczmy szerokość rzeki przed mostem, /rys. 73/ przez $l = l_1 + l_2 + l_3$ światło mostu, przez a średnią głębokość rzeki przed mostem i przez v średnią szybkość wody przed mostem, to możemy napisać :

$$h = \frac{v_0^2 - v^2}{2g}; \quad v_0 = \frac{Q}{nat}; \quad v = \frac{Q}{B(a+h)},$$

czyli, że $h = \frac{Q^2}{2g} \left[\frac{1}{(nat)^2} - \frac{1}{B^2(a+h)^2} \right]$

Jak widać do otrzymania wielkości h mamy równanie trzeciego stopnia, które najlepiej jest rozwiązać sposobem stopniowego przybliżenia.

Można w drugim wyrazie w nawiasie najpierw założyć $h = 0$, otrzymamy

wtedy pierwsza przybliżenie dla wartości h , otrzymaną wartość h wstawić dla tegoż wzoru, otrzyma się wtedy drugie przybliżenie i t.d., aż otrzymamy dla wielkości h znaczenia, mało różniące się jedno od drugiego.

Pierwszą wielkość światła mostu l przyjmujemy równą szerokości rzeki przy stanie wody średniej i od tej wielkości zwykle prowadzimy obliczenia.

Co się tyczy wysokości dopuszczalnego spiętrzenia rzeki, to nie mamy narazie specjalnych przepisów, przeto powinniśmy wielkość spiętrzenia uzależniać od miejscowości, przylegającej do rzeki i położonej wyżej mostu, od kultury pól, które ewentualnie mogłyby być zalane, dzięki spiętrzeniu wody.

Długość L , na którą spiętrzenie się rozpościera można obczyć ze wzoru Rühlmanna

$$L = \frac{H}{i} \left[f\left(\frac{h}{H}\right) \right]$$

W tym wzorze h oznacza spiętrzenie, H głębokość wody niespiętrzonej, i spadek dna. Zaś $f\left(\frac{h}{H}\right)$ ma następujące wielkości

$\frac{h}{H}$	0,01	0,05	0,10	0,30	0,50	1,00	1,50
$f\left(\frac{h}{H}\right)$	0.0067	0,5701	0,8353	1,4228	1,6611	2.2839	2.8337

B. Rozmycie dna rzeki jest możliwe i niedopuszczalne.

Niech l , jak przedtem, oznacza otwór mostu, ω pole przekroju rzeki przed zbudowaniem mostu, ω' pole przekroju rzeki pod mostem na początku przepływu wielkiej wody, v średnia szybkość wody, gdy mostu nie było, wtedy mamy rozchód $Q = \omega v$

Po zbudowaniu mostu będziemy mieć $Q = \mu \omega v$ i naturalnie $v > v$ gdyż $\mu < 1$ zaś $\omega < \omega$. Jeżeli przeto zwiększona szybkość v , wody będzie tą szybkością, przy której grunt dna rzeki podlega rozmyciu, to nastąpi rozmycie dna, powiększenie się średniej głębokości rzeki i, oczywiście, pola przekroju rzeki do pewnej wielkości ω_2 . Szybkość v przytem będzie się stopniowo zmniejszała i zbliżała do pierwotnej szybkości v , która miała miejsce przed zbudowaniem mostu.

Gdy szybkość osiągnie wielkości $v_2 \approx v$ wtedy rozmycie dna wstrzyma się.

Pierwotna średnia głębokość rzeki była $h = \frac{\omega}{L} = \frac{Q}{vL}$, pod mostem zaś $h = \frac{\omega_1}{L} = \frac{Q}{\mu v_1 L}$; po rozmyciu dna głębokość ta osiągnęła wielkości $h_2 = \frac{\omega_2}{L} = \frac{Q}{\mu v_2 L}$; zatem $h_2 - h$ będzie średnią wielkością rozmycia dna. Wielkość ta powinna być taka, aby przez to zwiększenie głębokości nie trzeba było zbyt głęboko dawać posadowienia fundamentów filarów; w każdym razie zwiększenie głębokości nie powinno przekraczać 50% pierwotnej głębokości rzeki. Jednakże średnia głębokość nie ma znaczenia przy wyznaczeniu głębokości zakładania fundamentów filarów, lecz największa głębokość po rozmyciu dna.

Nie mając dostatecznych podstaw do określenia tej wielkości, możemy tylko zrobić pewne przypuszczenia, które mniej więcej są w zgodzie z obserwacjami. Naturalnie, można przypuszczać, że największa głębokość będzie miała miejsce gdzieś w głównym korycie rzeki, gdzie szybkość wody jest największa,

i gdzie przeto będzie największe rozmycie dna rzeki.

By określić tę największą głębokość $\max h_2$ zakładamy, że stosunek największej głębokości do średniej głębokości przed i po rozmyciu dna nie zmienia się. Zatem, jeżeli stosunek ten oznaczmy przez c , to otrzymamy, że $\max h_2 = c h_1$, zaś $c = \frac{\max h_2}{h_1}$.

Wielkości h_1 i $\max h_2$ możemy znaleźć zapomocą bezpośrednich pomiarów. Tutaj należy zwrócić uwagę, że jeżeli warstwy gruntu łozyska rzeki są różne, to pod warstwą, rozmywającą się przy danej szybkości V_2 , może być warstwa, która się nie będzie rozmywała; rozmycie może się zatrzymać na tej warstwie przy szybkościach V_2 znacznie większych od pierwotnej szybkości V i może zatem nastąpić spiętrzenie wody równe $h = \frac{V_2^2 - V^2}{2g}$. Spiętrzenie to powinno być obliczone i zbadane, czy jest ono dopuszczalne. Jeżeli nie, to musimy zwiększyć rozpiętość mostu l i obliczenia przeprowadzić na nowo.

II. Obliczenie wielkości otworów małych mostów.

Do obliczenia wielkości otworów małych mostów i przepustów musimy mieć przede wszystkim rozchód wody. Ponieważ małe mosty lub przepusty budujemy nad niewielkimi wodotokami, które często są suche i otrzymują wodę tylko podczas deszczów dużych lub podczas tajania śniegów na wiosnę, przeto obliczenie ilości przepływu wody znacznie się różni od sposobu obliczenia rozchodu wody w dużych rzekach. Mamy tutaj do czynienia zwykle ze zlewniami, nieprzekraczającymi 50 kwadratowych kilometrów. Dla zlewni

tych mamy pewne normy otrzymane z obserwacji nad ilością opadów. Naturalnie, ilość wody bądź to deszczowej, bądź to od tania śniegów, która dochodzi do danego wodotoku, zależy przede wszystkim od wielkości zlewni, która zasila dany wodotok, jak również i od gatunku gruntu zlewni. Im zlewnia jest większa, tem mniejsza część opadów z jednostki jej powierzchni dochodzi do wodotoku i im dłuższy jest wodotok, tem również mniej wody dojdzie jednocześnie do danego miejsca. - W dużej mierze ilość wody, spływającej do doliny, zależy od gatunku gruntu. Jeżeli grunt jest wsiąkliwy, to znaczną część opadu pochłonie grunt; przy gruncie mało wsiąkliwym znaczna część wody będzie ściekała do wodotoku. Również na ilość wody, ściekającej ze zlewni do danej doliny, na wpływ roślinność, która pokrywa powierzchnię zlewni. Kształt zlewni w planie, jej większa lub mniejsza spadzistość tak wzdłuż, jak też i w poprzek doliny danej zlewni ma również wpływ na ilość opadów, dochodzących do wodotoku z kwadratowej jednostki zlewni. Zlewnia z niewielkimi spadkami poprzecznymi i podłużnymi będzie oddawać wodę wolniej swemu wodotokowi, zatem większa ilość wody będzie wsiąkała w grunt i większa ilość wody będzie się ulatniała pod postacią pary.

Zwykle za podstawę do bliczeń wody ze zlewni przyjmują najdłuższe i najsilniejsze ulewy. Wszystkie wzory, które podają różni inżynierowie, [Iszkowski, R. Lauterburg, Sprengl, prof. Vogler, Köstlin, prof. Hofmann, Nikolai] są to wzory empiryczne więcej lub mniej udatnie skonstruowane, proste lub skomplikowane. Na wielkość rozchodu Q wody, dochodzącej do danej do-

liny z danej zlewni, tyle wpływa najróżnorodniejszych czynników, że uzasadnić te wzory teoretycznie jest zupełnie ciężkiem zadaniem. Wskazemy tutaj na najprostszy wzór dany przez inż. Köstlina, który za podstawę do swych obliczeń przyjął największej siły ulewę w Paryżu, która w ciągu 10 minut dała 9,6 mm. wody. Do obliczenia rozchodu wody Köstlin daje wzór w następującej postaci :

$Q = 16A\alpha^3$ m./sek., gdzie A jest powierzchnia zlewni w kilometrach kwadratowych, α współczynnik, zależny od długości dorzecza i dany w tablicy :

Długość dorzecza w klm.	do 3,5	3,5-7,0	7 -10,5	10,5-14,0	14,0-17,5
Współczynnik dla terenów górzyst.	$\frac{1}{2}$	$3/8-1/4$	$1/4-3/16$	$3/16-1/8$	$1/8-1/16$
Współczynnik dla teren. równinnych	$\frac{1}{4}$	$3/16-1/8$	$1/8-3/32$	$3/32-1/16$	$1/16-1/32$

Wyżej wskazane normy dla wielkości wydatku wody Q dane przez Köstlina stosowane były i w Rosji. Jednak nie zawsze otwory przepustów obliczane na zasadzie tych norm okazywały się dostateczne. W roku 1900 na linii Charków-Bałaszwów tor kolejowy został rozmyty, otwór przepustu okazał się niedostateczny do przepływu wody od gwałtownej ulewy. Rozmycie nasypu spowodowało rozbicie się pociągu. Po tym wypadku prof. Instytutu dróg komunikacji, L. Nikolai, rozesłał ankietę do wszystkich zarządów kolei i okręgów komunikacji i na zasadzie otrzymanych danych dał swój wzór, w którym uwzględnił spadek doliny danego wodotoku.

Wzór ten dany jest w formie :

$$Q = 16 A \alpha \beta^2 \text{ m}^3 / \text{sek}, \text{ w tym wzorze}$$

A oznacza powierzchnię zlewni w klm.

α współczynnik, zależny od długości doliny

β współczynnik, zależny od spadku doliny.

Współczynniki te są podane w poniższej tablicy :

Długość doliny klm.	0,5	1,0	2,0	3,0	3,5	7,0	10,5	14,0	17,
Spadek doliny w ‰.	1	2	3	4	5	7	10	50	
Współczynnik α	1	11/12	3/4	7/12	1/2	1/4	3/16	1/8	1/1
Współczynnik β	3/16	4/16	5/16	6/16	8/16	14/16	1,3	1,5	

Spadek i , od którego zależy współczynnik β , oblicza się ze wzoru $i = \frac{\sum b i l}{\sum b l}$, gdzie b, l oznacza szerokość i długość części doliny zlewni, która ma jednakowy spadek.

Jeżeli powierzchnia poprzecznych stoków ze średnim spadkiem mniejszym od 3‰ stanowi 1/3 lub więcej całkowitej powierzchni zlewni A , otrzymany na zasadzie wzoru wydatek wody Q , należy zmniejszyć o 20% dla A od 5 do 30 klm.² i na 30% dla A od 30 do 50 klm.² Dla wielkości pośrednich dla A zmniejszenie należy interpolować między 0,7 i 0,8.

Jeżeli zlewnia ma kilka dolin poprzecznych, to Q należy obliczać, jako sumę przepływów główną doliną i bocznymi, w zależności od ich powierzchni, spadku i długości, przyczem za długość bocznych dolin należy przyjmować długość, składającą się z długości dorzecza bocznego i części dorzecza głównego od ujścia

doliny bocznej do otworu mostu.

Nasze Ministerstwo Kolei Żelaznych do obliczenia otworów małych mostów i przepustów nakazuje przyjmować wydatek wody Q w m³/sek. z jednego klm. zlewni według niżej podanej tablicy :

Długość zlewni			1	2	3	4	6	10	14	18
Teren zlewni	górzysty	$i > 20\%$	8	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0
	falisty	od 5% do 20%	6,4	5,6	4,8	4,0	3,2	2,4	1,6	0,8
	płaski	$i < 5\%$	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5

1/ Dla krótkich dolin długości do 3 klm. ze stromymi zboczami

ilość odpływu winna być zwiększona o 25%.

2/ Dla łatwoprzepuszczalnych gruntów o powierzchni niezadarnio-

wanej oraz dla zarośli ilość odpływu może być zmniejszona, lecz nie więcej niż o 25%.

3/ Dla lasów, żwirowisk i pustkowi kamiennych lub piaszczystych

ilość odpływu może być zmniejszona do 50%.

Ministerstwo Robót Publicznych poleca posilzkować się następującym wzorem do otrzymania wydatku wody Q ze zlewni o powierzchni A .

$Q = A \alpha \beta$ m³/sek., gdzie α i β są to współczynniki - pierwszy, zależny od długości doliny i charakteru, i drugi zależny od stopnia zalesienia. ^{terenu} Spółczynniki te są podane w tablicach.

Tablica współczynników α

Długość zlewni klm.		1	3	5	7	10	15	20	25
Teren zlewni	górzysty	7,0	5,8	4,8	4,0	3,0	2,0	1,4	1,0
	pagórkowaty	5,6	4,6	3,8	3,2	2,4	1,6	1,1	0,8
	płaski	8,5	2,9	2,4	2,0	1,5	1,0	0,7	0,5

Tablica współczynnika

Stopień zalesienia	β
0 bez lasów	1,0
1/4 zalesienia	0,9
1/2 "	0,8
3/4 "	0,7
4/4 "	0,6

Mając wydatek wody Q dla danego wodotoku, możemy obliczyć wielkość otworu danego przepustu, przytem będziemy rozróżniać :

1/ Obliczenie otworu niewielkich i nieszerokich [szerokość przyczółków 4 - 5 mtr.] mostów ot-

wartych

W tym wypadku woda nie dochodzi do dolnej krawędzi budowy wierzchniej i mamy przeto do czynienia z przelewem wody przez całkowity otwór w ścianie cienkiej.

2/ Obliczenie otworów przepustów zakrytych zgóry, czyli rury kamienne i betonowe i mosty otwarte, szerokie, dwutorowe, [szersze od 5 m]

Ponieważ woda przy tych przepustach nie powinna podnosić się wyżej ponad 3/4 wysokości rur kamiennych i betonowych, a przy rurach z cegły winna być nawet nieco niżej, około 0,2 mtr od stóp sklepienia i, ponieważ rury te są zwykle dość długie, prze-

to mamy tutaj do czynienia ze zjawiskiem przepływu wody przez otwór w ścianie grubej [niezupełny przelew].

3/ Obliczenie otworu rur, dla których dopuszczamy przepływ wody całkowitym otworem pod pewnym ciśnieniem tak, że woda zakrywa cały otwór rury. Mamy tedy wypadek przepływu przez rurę pod ciśnieniem.

1/ Obliczenie otworów małych mostów otwartych. Obliczając światło małych mostów, musimy przyjąć pod uwagę, że spiętrzona woda przed mostem nie powinna dochodzić do korony nasypu conajmniej na 1 mtr. i, że szybkość wody pod mostem nie powinna przekraczać następujących norm w zależności od dna łóżyska pod mostem :

Przy dnie drewnianym 6,6 m/sek.

" " z muru 4,0 "

" " z bruku kamiennego z dwóch warstw 3,5 "

" " " " " jednowarstw. 2,0 "

" " gliniastym [twardym] 1,5 m/sek.

Jeżeli mamy wydatek wody Q , spadek doliny w pobliżu mostu i i przekrój poprzeczny doliny, obliczamy drogę prób, przekrój potoku ω na osi mostu ze wzoru: $\omega = \frac{Q}{v} = \frac{Q}{C\sqrt{\frac{\omega}{p}}i} = \frac{Q}{C\sqrt{R}i}$,

gdzie p jest obwodem zwilżonym, który przy danym ω znajdziemy z poprzecznego przekroju doliny, zaś

$v = C\sqrt{\frac{\omega}{p}}i$ jest wzorem empirycznym, dającym możliwość znalezienia szybkości wody przed zbudowaniem mostu, C współczynnik, który może być wzięty albo według Bazin'a $C = \frac{87}{1 + \frac{v}{\sqrt{R}}}$,

albo według Ganguillet'a i Kuttera $C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{L}}{1 + (23 + \frac{0.00155}{L}) \frac{n}{\sqrt{R}}}$

Gdy znajdziemy ostatecznie ten przekrój ω wtedy z poprzecznego przekroju doliny znajdziemy szerokość i średnią głębokość potoku a.

Przypuszczając dalej, że szybkość V_0 , z którą woda przypływa do mostu będzie taka sama, jaka miała miejsce przed zbudowaniem mostu, t.j. $V_0 = V$, że szybkość wody pod mostem jest V , rozpiętość mostu b w świetle, znajdziemy ze wzoru Dubuat :

$$b = \frac{Q}{\mu \sqrt{2g} \left\{ \frac{2}{3} [(h+k)^{3/2} - k^{3/2}] + a (h+k)^{1/2} \right\}}$$

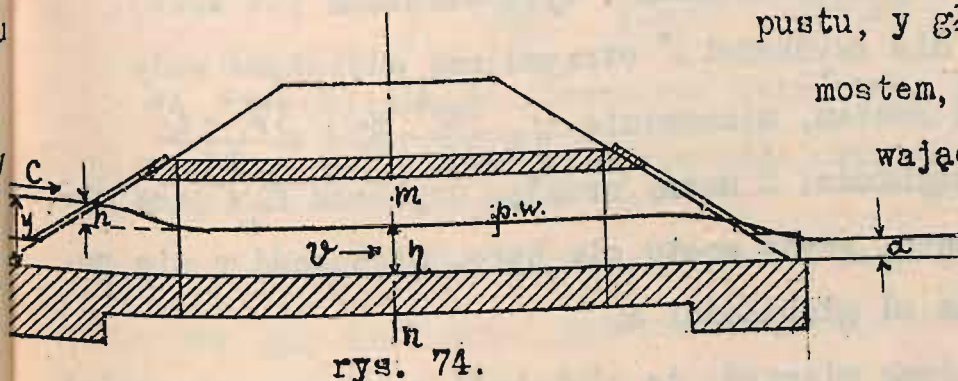
W tym wzorze $h = \frac{V^2 - V_0^2}{2g}$; $k = \frac{V_0^2}{2g}$; $\mu = 0.80 - 0.90$.

Mając wielkość h i szerokość potoku na poziomie wody w przekroju niezwięzonym, znajdziemy ściślejszy przekrój potoku ω , a zatem i ściślejsze znaczenie szybkości przypływu wody do mostu $V_0 = V \frac{\omega}{\omega_0}$, i spiętrzenie $h = \frac{V^2 - V_0^2}{2g}$ i $k = \frac{V_0^2}{2g}$, a następnie ze wzoru Dubuat i wielkość światła mostu. Głębokość wody przed mostem $a + h$, jak to już było wskazane, powinna być mniejsza od wysokości nasypu przynajmniej na 1 m., nadto spiętrzona woda nie powinna dochodzić do dolnej krawędzi budowy wierzchniej mostu na 1 m. Jeżeli dla wielkości V przyjąć 4 m/sek. to przy $V_0 = 0$ otrzymamy największe spiętrzenie wody $h = 1,63$ m. Przy bardzo małych szybkościach V_0 $k \approx 0$ i dla b mamy tedy:

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

2/ Obliczenie wielkości światła rur kamiennych i betonowych.

/rys.74/.



Niech będzie b światło przepustu, y głębokość wody przed mostem, c szybkość dopływającej wody do mostu, V szybkość wody pod mostem, a głębokość wody za mostem, przytem głębokość h staje się taką, przy której wydatek wody Q otrzymuje się największy.

Zjawisko przepływu wody będzie tutaj następujące : woda dopływa do przepustu z pewną szybkością V_0 przy warstwie grubości a ; przed mostem wskutek tamy, jaką tworzy nasyp i niewielkiego otworu przepustu, woda szybkość swą zmniejsza do wielkości C . Przed mostem woda się spiętrza i głębokość wody zwiększa się do wielkości y . Wskutek spiętrzenia się wody szybkość pod mostem wzrasta do wielkości V . Za mostem woda znów płynie w swych pierwotnych niezamąconych warunkach.

Jeżeli przeto przypuścimy, że ruch wody jest ustalony to możemy napisać, że $Q = \mu b h V = \mu b h \sqrt{2g(y+k-h)}$; $k = \frac{c^2}{2g}$

Aby Q było maximum musi być $\frac{dQ}{dh} = 0$; zatem

$$\mu b \sqrt{2g(y+k-h)} - \mu b h \frac{g}{\sqrt{2g(y+k-h)}} = 0 \quad \text{skąd } h = \frac{2}{3}(y+k)$$

Przeto największy rozchód

Szybkość wody pod mostem będzie :

$$V = \sqrt{2g(y+k-h)} = \sqrt{2g \frac{y+k}{3}} ;$$

$$\text{i rozchód } Q = \mu b h V = \frac{\mu b V^3}{g}$$

Przy spółośczynniku $\mu = 0,85$ i $g = 9,81 \text{ m/sek}^2$

$$b = \frac{Qg}{\mu V^3} = \frac{11,54 Q}{V^3}$$

Szybkość V zależy od dna przepustu i była wskazana już wyżej.

Z wyrażenia dla szybkości V otrzymujemy głębokość wody spiętrzonej przed mostem, mianowicie $y = \frac{3V^2}{2g} - k = \frac{3V^2 - C^2}{2g}$ przytem zamiast szybkości C można przyjąć szybkość V_0 , z jaką potok dopływa do mostu, gdyby mostu nie było. Głębokość y nie powinna być mniejsza od głębokości a .

Może się jednak zdarzyć, że głębokość y otrzyma się mniejsza od głębokości a , gdy potok jest w stanie naturalnym. Wtedy zakładamy, że $\eta = a$ i ze wzoru $Q = \mu b \eta \sqrt{2g(y+k-\eta)}$, mając $y = \frac{V^2}{2g} - k + \eta$, określamy światło przepustu b .

Naturalnie, przepust nie będzie wtedy pracował najwydajniej, gdyż warunek, że $\eta = \frac{2}{3}(y+k)$, nie zostaje spełnionym.

Przy obliczaniu otworów przepustów przypuszczaliśmy, że otwór ma przekrój prostokątny. Jednak zwykle przekroje przepustów mają kształt, odbiegający mniej lub więcej od prostokątnego, i dlatego też światło przepustu b , otrzymane na zasadzie powyższych sposobów, powinno być zwiększone od 15 - 25% w zależności od stosunku części prostokątnej otworu do części krzywolinijowej przy poziomie y .

W obliczeniach powyższych przypuszczaliśmy, że szybkość wody pod mostem V jest jednostajna na całej szerokości mostu. Aby tę szybkość utrzymać, dno przepustu musi mieć spadek i , który może być wzięty ze wzoru Bazin'a dla przepustów kamiennych

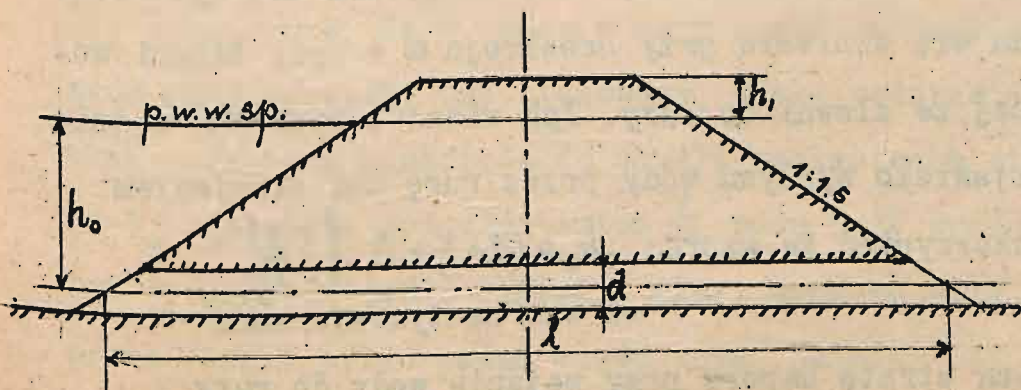
$$i = \left(0,00024 + \frac{0,00006}{R} \right) \frac{V^2}{R}$$

Ze wzorów $\zeta = \frac{2}{3}(y+k)$; $v = \sqrt{2g \frac{y+k}{3}}$ mamy $\zeta = \frac{v^2}{g}$ i spiętrzenie wody $h = y - \zeta$. Jeżeli przyjmiemy, że $V = 6,6$ m/sek i $c = 0$, to

$$y = \frac{3v^2}{2g} = \frac{3 \times 6,6^2}{2 \times 9,81} = \frac{130,68}{19,62} = 6,66 \text{ m.}$$

3/ Obliczenie otworu rur żelaznych, żeliwnych lub żelazo betonowych, pracujących pod znacznym ciśnieniem. /rys.75/.

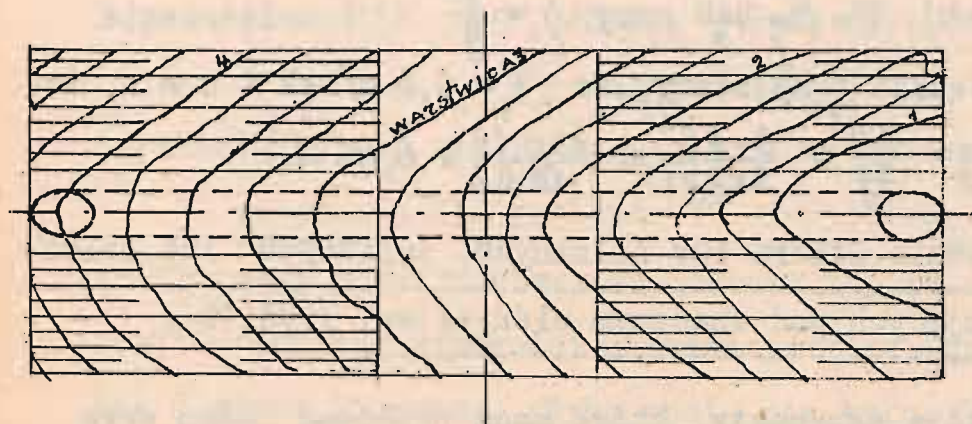
Mamy tutaj na uwadze przypusty, które mogą pracować całym swym otworem, gdy woda przed przepustem podnosi się czasem znacznie wyżej ponad otworem przepustu. Tego ustroju przepusty możemy stosować wtedy, gdy dolina przecięta torem, w którym musimy zrobić przepust, tworzy znaczny zbiornik, który podczas najsilniejszej godzinnej ulewy może napełnić się wodą do poziomu, niedochodzącego jednak do pewnej wysokości h_0 . Tę wysokość h_0 musimy ustalić, gdyż na tę wysokość musimy dobrze wzmocnić skarpy nasypu, woda bowiem, odpływając przez zalany otwór rury, tworzy nad otworem rury wiry, które mogą rozmyć nasyp.



rys. 75.

Niech będzie nasyp pewnej wysokości, w którym jest ułożona rura o średnicy d i przekroju w . Za nasypem

w miejscu położenia rury, miejscowość tworzy zbiornik /rys.76/ który może być napełniony wodą do wysokości h_0 , licząc od osi



rys. 76. Plan do rys. 75.

rury. Wysokość h_0 będzie ograniczona po pierwsze - wysokością nasypu, powtórę wysokość ta nie powinna być na tyle znaczną,

by spowodować bardzo wielką szybkość odpływającej wody w rurze. Jeżeli rury żelazne lub żeliwne są dobrze umocowane na kamiennych lub betonowych fundamentach, to szybkość ta może dochodzić do 6 m/sek. Jeżeli podłoże rury jest z gliny, wtedy szybkość nie powinna przekraczać 3 m/sek.

W rurach ułożonych ze spadkiem i pracujących bez ciśnienia szybkość może dochodzić do 9 m/sek. dla rury bowiem nie tyle jest niebezpieczna wielka szybkość wody, ile znaczne ciśnienie wody. Obliczenie tedy otworu sprowadza się do znalezienia tej wysokości h , do której woda się wzniesie przy przekroju ω i przy ilości wody Q , dopływającej ze zlewni do rury. Jak widać z rysunku, będzie my tutaj mieli zjawisko wypływu wody przez rurę pod ciśnieniem i możemy tutaj skorzystać ze wzoru: $h_0 = (1 + \xi + \lambda \frac{l}{d}) \frac{v^2}{2g}$

we wzorze tym wielkość

$\xi \frac{v^2}{2g}$ oznacza stratę naporu przy wejściu wody do rury .
 $\lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}$ jest to strata naporu przy przepływie wody w rurze przy współczynniku tarcia λ , zaś $\frac{v^2}{2g}$ strata naporu, by otrzymać szybkość v ; Współczynnik ξ ma różne wielkości w zależności od

kąta pochylenia osi rury do ścianki, od kształtu otworu wejściowego do rury i może się równać od 0,87 do 0,08. Przy obliczaniu rur w nasypach zwykle przyjmują tę wielkość 0,505.

Spółczynnik λ według Weisbacha, w zależności od szybkości wody w rurze, wyraża się wzorem:

$$\lambda = 0.01439 + \frac{0.0094711}{\sqrt{v}}$$

lub wzorem Darcy

$$\lambda = 0.01989 + \frac{0.0005078}{d}, \quad \text{gdzie } d \text{ jest średnicą}$$

rury.

Jeżeli współczynniki te wstawimy do wzoru:

$h_0 = (1 + \xi + \lambda \frac{l}{d}) \frac{v^2}{2g}$, to, przyjmując największą dopuszczalną szybkość V w rurze otrzymamy napór h_0 . Porównując tę wysokość z wysokością h nasypu, przychodzimy do wniosku, czy ta wysokość h dopuszcza przyjętą szybkość wody w rurze. Mając ilość dopływu wody Q możemy napisać: $Q = \omega v$, lecz $v = \sqrt{\frac{2gh_0}{1 + \xi + \lambda \frac{l}{d}}} = n \sqrt{2gh_0}$.
Przeto $Q = \omega v = n \omega \sqrt{2gh_0}$; $n = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi + \lambda \frac{l}{d}}}$; $\omega = \frac{\pi d^2}{4}$.

Obliczenie powyższe, równając przypływ wody do rury z odpływem jej przez rurę, daje wymiary rury nieco za duże. Tego rodzaju wymiar rury musiałby być stosowany, gdyby podczas dopływu wody do rury, rura była zamknięta do chwili wzniesienia się wody do poziomu h_0 i dopiero pod ciśnieniem h_0 woda była puszczana do rury.

Tak jednak nie jest, gdyż w miarę dopływu wody, ona odpływa przez rurę i tylko pewna część wody, nadmiar jej, zwykła przychodzi nad rozchodem, powoduje podniesienie poziomu wody przed rurą.

W zależności od pojemności i rozmiarów zbiornika przed rurą woda będzie się podnosiła szybciej lub wolniej i w końcu ulewy może

nie osiągnąć swej największej dopuszczalnej wysokości.

Przez A oznaczmy powierzchnię zbiornika przed rurą na poziomie h . W ciągu czasu dt do zbiornika przypłyynie ilość wody Qdt , zaś w tymże czasie przez rurę ubędzie wody ze zbiornika $\mu w \sqrt{2gh} dt$; różnica między Qdt i $\mu w \sqrt{2gh} dt$ da nam przyrost podniesienia wody przed rurą $A \cdot dh$. Zatem możemy napisać :

$$(Q - \mu w \sqrt{2gh}) dt = A dh. \quad \text{Z równania tego mamy } dt = \frac{A}{Q - \mu w \sqrt{2gh}} dh$$

Gdybyśmy mogli powierzchnię zmienną A wyrazić, jako funkcję zmiennej h , wtedy, całkując to równanie, moglibyśmy znaleźć czas t_0 , w którym poziom wody przed rurą podniesie się do wysokości h_0 .

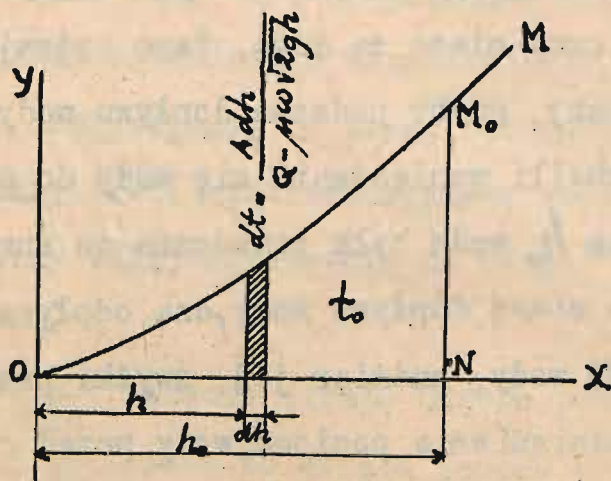
$$t_0 = \int_0^{h_0} \frac{A}{Q - \mu w \sqrt{2gh}} dh$$

Lecz wielkość A nie może być wyrażona jako funkcja matematyczna zmiennej niezależnej h , przeto postępujemy w następujący sposób. Określamy wielkości A pomiarami na różnych wysokościach i dla każdej wysokości h obliczamy wielkość

$$\frac{A}{Q - \mu w \sqrt{2gh}} = \varphi(h)$$

Na osi odciętej /rys. 77/

odkładamy wielkości h , a na osi rzędnej OY znaczenia $\varphi(h)$. Otrzymamy wtedy pewną krzywą OM . Jeżeli weźmiemy element pola ograniczony dwiema rzędnymi, odpowiadającymi odciętej h , i $h + dh$ i krzywą OM , to



rys. 77.

pole tego paska będzie się równać $\varphi(h) dh = \frac{A}{Q - \mu w \sqrt{2gh}} dh = dt$

Zaś pole OM_0NO będzie $\int_0^{h_0} \frac{A dh}{Q - m \omega \sqrt{2gh}} = t_0$ t.j. ten czas, w którym woda w zbiorniku podniesie się do wysokości h_0 .

Jeżeli się okaże, że czas t_0 przekracza dwie godziny, to jest czas, podczas którego trwać może deszcz ulewny, to otwór rury jest dostateczny, gdyż woda nie podniesie się wyżej h_0 , t.j. wyżej dopuszczalnego poziomu. Gdyby czas t_0 okazał się krótszy od dwóch godzin, wtedy musielibyśmy otwór ω rury zwiększyć.

Pole OM_0NO możemy obliczyć według wzoru Simpsona :

$$t_0 = \frac{h_0}{3n} [\varphi_0 + \varphi_n + 4(\varphi_1 + \varphi_3 + \dots) + 2(\varphi_2 + \varphi_4 + \dots)],$$

dzieląc odcietą h_0 na parzystą liczbę n równych odcinków i biorąc odpowiednio do dociętych h rzędne φ z rysunku według podziałki. Do przeprowadzenia obliczenia musimy zatem, jak to już było wspomniane wyżej, znaleźć wielkości A zapomocą bezpośrednich pomiarów na różnych poziomach i wykreślić następnie krzywą $y = \varphi(h)$

Srednica rury winna być nie mniejsza od 1 mtr. i zwykle nie przekracza 1,5 m. Gdyby jednak z obliczenia wypadło dać rurę większej średnicy, wtedy można zastosować dwie rury, położone jedna obok drugiej. Gdyby i dwóch rur było za mało, wtedy zamiast rur, pracujących całym przekrojem, musielibyśmy zastosować przepusty kamiennne sklepione zakryte przy nasypach wysokich lub przy nasypach niewysokich mosty otwarte.

Niżej podane są przykłady obliczenia otworu mostów.

I Przykład.

Obliczenie otworu mostu przez rzekę Wisłę.

Niniejsze obliczenie przeprowadzone jest na zasadzie danych.

Biura studjów projektowanej linii kolejowej Zagłębie-Dąbrowskie-Zwierzyniec, która przecina rz. Wisłę na 161 km. staj 3 + 37 niżej ujścia dopływu Wisłoki pod Nizinami na 229,1 km. biegu Wisły. Obliczenie największej ilości przepływu wody dokonano przy poziomie wody wysokiej katastrofalnej + 157,84 na osi przejścia i przy spadku zwierciadła wody 0,000298, wziętych z Biura hydrograficznego Ministerstwa Robót Publicznych, w trzech przekrojach, zdjętych z natury, przyczem każdy przekrój dzielono na charakterystyczne części pod względem głębokości wody i określono poszczególne elementy tych części, a mianowicie:

1. Pole oddzielnych części przekroju W
2. Obwód zwilżony " " P
3. Promień hydrauliczny " " R
4. Średnią prędkość przepływu wody według wzoru Ganguillet'a i Kuttera V, przyjmując
 - a/ dla łożyska z gruboziarnistego: żwiru i zarośli na rozlewie
$$n = 0.030 \quad \text{i} \quad \frac{1}{n} = 33$$
 - b/ dla łożyska z ziemi w głównem korycie rzeki
$$n = 0,025 \quad \text{i} \quad \frac{1}{n} = 40$$
5. i wreszcie całkowity przepływ wody.

Rezultaty obliczeń są zgrupowane w poniżej podanych tabelkach.

I. Przekrój rzeki Wisły na osi toru.

Poziom wysokich wód katastrofalnych + 157,84

część przekroju	W m.	P m.	R m.	V m/sec.	Całkow. przepływ w dy Q_I m ³ /sec.
I	348.42	131.29	2.65	1.14	
II	662.55	375.17	1.77	0.85	
III	310.75	75.43	4.12	1.51	
IV	242.77	97.02	2.50	1.08	
V	1505.40	240.54	6.26	2.29	
VI	448.31	121.89	3.68	1.39	
VII	147.38	85.79	1.72	0.85	
I -VII	3665.58	1127.13			5888.

II. Przekrój rzeki Wisły powyżej przejścia
w odległości 1020 m.

Poziom wysokich wód katastrofalnych + 158.14

część przekroju	W m.	P m.	R m.	V m/sec.	Całkow. przepływ w dy Q_{II} m ³ /sec.
I	1047.84	350.24	2.99	1.24	
II	373.28	101.99	3.66	1.39	
III	2025.47	343.74	5.42	2.08	
IV	263.68	115.76	2.28	1.02	
I -IV	3710.27	911.73			6300

III. Przekrój rz. Wisły poniżej przejścia
w odległości 1350 m.

Poziom wysokich wód katastrofalnych + 157.44

część przekroju	W m.	P m.	R m.	V m/sec.	Całk. przepływ wody Q m ³ /sec.
I	427.50	190.04	2.25	1.02	
II	366.63	104.29	3.52	1.35	
III	295.62	126.32	2.34	1.02	
IV	1928.64	378.08	5.10	2.03	
V	238.28	134.52	1.77	0.85	
I - V	3256.67	933.25			5350.

Zatem ilość przepływu wody w rzece Wiśle w miejscu przejścia
linii kolejowej określi się, jako

$$Q_0 = 1/3 [5888 + 6300 + 5350] = 5846 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

Srednie pole przekroju rzeki Wisły

$$\Omega_0 = 1/3 \times [3666 + 3710 + 3257] = 3544 \text{ m}^2$$

Srednia szybkość dopływającej wody

$$V_0 = \frac{5846}{3544} = 1.65 \text{ m/sec.}$$

Szerokość światła mostu i max.spiętrzenie

katastrofalnych wód, gdyby nie było możliwe rozmycie dna.

Most budujemy w granicach IV,V i VI części przekroju rzeki.

Pole przekroju tych części wynosi

$$W_0 = 242.77 + 1505.40 + 448.31 = 2196.48 \text{ m}^2$$

Szerokość zwierciadła wody IV,V i VI części przekroju

$$L_0 = 456 \text{ m.}$$

Średnia głębokość wody na przestrzeni IV, V i VI części przekroju

$$h = \frac{2196.48}{456} = 4.82 \text{ m.}$$

Największa głębokość wody w przekroju rzeki

$$\max h = 157.84 - 149.96 - 7.88 \text{ m.}$$

Stosunek największej głębokości wody do średniej głębokości przy poziomie wód katastrofalnych $\div 157.84$ w naturalnym stanie rzeki na szerokości 456 m. t.j. w miejscu przyszłego otworu mostu

$$\alpha = \frac{7.88}{4.82} = 1.63$$

Most projektujemy o teoretycznej rozpiętości

$$L = 8.5 \div 98.0 \div 120.0 \div 120.0 \div 98.0 \div 8.5$$

i szerokości światła

$$L_1 = 95 \div 117 \div 117 \div 95 = 424 \text{ m.}$$

Największa prędkość przepływu wody pod wybudowanym mostem przy podniesieniu poziomu wód wysokich do koty $\div 157.84$ i przy nie-
możliwości rozmycia dna rzeki byłaby

$$\max V = \frac{Q_0}{n L_1 h_0} = \frac{5846}{0.95 \times 424 \times 4.82} = \frac{5846}{1941.50} = 3.01 \text{ m/sec.}$$

Spiętrzenie wody przy średniej prędkości odpływu wody

$$V_0 = 1.65 \text{ m/sec. byłoby}$$
$$K = \frac{\max V^2 - V_0^2}{2 g} = \frac{3.01^2 - 1.65^2}{19.6} = 0.32 \text{ m.}$$

i poziom wody spiętrzonej

$$157.84 \div 0.32 = 158.16$$

Na 1 m. wyżej tego poziomu wody, t.j. do koty 159.16 powinny być umocowane stożki i skarpy nasypu na rozlewie, jak również i wały kierownicze.

Rozmycie dna rzeki.

I wypadek.

Rozmycie dna rzeki ustanie, kiedy średnia prędkość przepływu wody spadnie do średniej prędkości, jaka była w głównym korycie rzeki w naturalnym jej stanie przed pobudowaniem mostu, a mianowicie do prędkości

$$V_1 = 1/3 \times [2.29 + 2.08 + 2.03] = 2.13 \text{ m/sec.}$$

Ostateczne spiętrzenie wody po zakończeniu rozmycia będzie

$$K' = \frac{2.13^2 - 1.65^2}{19.6} = 0.09 \text{ m.}$$

Średnia głębokość wody po rozmyciu

$$h' = \frac{5846}{0.95 \times 4 \times 24 \times 2.13} = \frac{5846}{858} = 6.81 \text{ m.}$$

Średnie rozmycie wyniesie zatem

$$a' = 6.81 - 4.82 = 1.99 \text{ m.}$$

największe zaś rozmycie będzie

$$\max a' = 1.63 \times 1.99 = 3.24 \text{ m.}$$

i kota najniższego punktu dna po rozmyciu

$$149.96 - 3.24 = 146.72$$

II wypadek.

Rozmycie dna rzeki ustanie, kiedy średnia prędkość przepływu wody w rzece spadnie do 1.80 m/sec, t.j. do prędkości, przy której zaczyna się rozmycie żwiru, iżu zwięzłego i ziemi zadrnianej.

Ostateczne spiętrzenie wody po rozmyciu w tym wypadku będzie

$$K_1 = \frac{1.80^2 - 1.65^2}{19.6} = 0.03 \text{ m.}$$

Srednia głębokość wody po rozmyciu

$$h_s = \frac{5846}{0.95 \times 424 \times 1.80} = \frac{5846}{725} = 8.06 \text{ m.}$$

Srednie rozmycie wyniesie

$$a_s = 8.06 - 4.82 = 3.24 \text{ m.}$$

największe zaś rozmycie będzie

$$\max A_s = 1.63 \times 3.24 = 5.28 \text{ m.}$$

Kota najniższego punktu dna rzeki po rozmyciu

$$149.96 - 5.28 = 144.68.$$

Od tej ostatniej koty liczy się faktyczną głębokość posadowienia fundamentów podpór mostu.

Wysokość światła mostu.

Według danych Dyrekcji Dróg Wodnych w Warszawie najwyższy niekatastrofalny stan wody, zaobserwowany na wodowskazie w Kole na podstawie zapisów hydrograficznych z ostatnich 10 lat, odpowiada odczytowi + 51.0, czyli najwyższy poziom wody żeglownej będzie

$$151.42 + 5.10 = 156.52$$

Przyjmując wysokość światła mostu nad poziomem wysokiej wody żeglownej, niezbędną do przepuszczania statków 5.50 m. w myśl normy ustalonej w dodatkowym rozporządzeniu Ministerstwa Robót Publicznych z dnia 24.VI.1922 r. 1.XIII-316, wydanem w uzupełnieniu "Tymczasowych przepisów budowy i utrzymania mostów drogowych", otrzymamy dolną krawędź dźwigarów na poziomie

$$156.52 + 5.50 = 162.02$$

Przy wysokości od dołu dźwigarów do stopy szyny 1.70 m.
stopa szyny wypada na poziomie

$$162.02 + 1.70 = 163.72$$

Grubość warstwy żwiru przy moście 0.55 m, kora krawędzi nasypu

$$163.72 - 0.55 = 163.17$$

wysokość nasypu od zera Wisły $163.17 - 151.42 = 11.75$.

II Przykład.

Obliczenie otworu mostu małego.

Dane są następujące :

Poziom korony nasypu $+ 171.74$ m.

Poziom dna łożyska w miejscu budowy przepustu $+ 167.11$

Charakter zlewni : falisty, zalesienie 10%, grunt małoprzepuszczalny.

Powierzchnia zlewni $A = 12.30 \text{ km}^2$

Długość zlewni $L = 4.0 \text{ km}$.

Sredni spadek łożyska potoku na długości $2/3 L$ powyżej mostu
 $i = 0.006$

Na zasadzie tablicy 137 str. mamy następujący współczynnik, wyrażający największy dopływ wody z jednego km^2 zlewni:

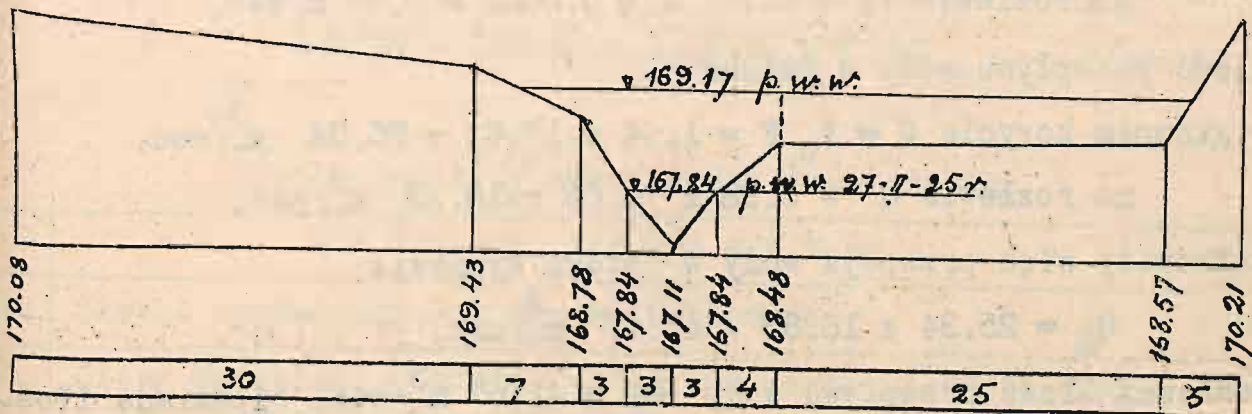
$$\alpha = 40 \times 0.95 \times 0.90 = 3.42$$

Ilość dopływu wody w ciągu jednej sekundy

$$Q_1 = \alpha A = 3.42 \times 12.30 = 42.07 \text{ m}^3/\text{sek}.$$

Mając przekrój łożyska potoku w miejscu budowy przepustu [rys. 78]

próbnymi obliczeniami określamy poziom dypływającej wody :169.17m.



rys. 78.

Pole przekroju przepływu /rys.78/ głównego koryta $F = 17.60 \text{ m}^2$
rozlewu $F' = 16.66 \text{ m}^2$

Obwód zwilżony przepływem w głównym korycie $p = 17.75 \text{ m.}$
na rozlewie $p' = 27.00 \text{ m.}$

Promień hydrauliczny w głównym korycie $R = \frac{F}{p} = 0,99 \text{ m.}$
na rozlewie $R' = \frac{F'}{p'} = 0,62 \text{ m.}$

Największa głębokość dopływającej wody $a = 2,06^p \text{ m.}$

Spadek zwierciadła wody $i_0 = 0,0022$.

Srednią prędkość przepływu wody w potoku określamy na zasadzie nowego wzoru Bazin'a

$$V_o = C\sqrt{R I_o} = C'\sqrt{I_o} \text{ m/sec}$$

Przyjmując współczynnik zależny od szorstkości łożyska z tabeli

str. 157 $\gamma^t = 1,75$, otrzymujemy z tabeli str. 157/159 odpowiedni współczynnik nowego wzoru Bazin'a

dla głównego koryta $C' = C\sqrt{R} = \frac{87\sqrt{R}}{1 + \frac{y}{\sqrt{R}}} = \frac{87R}{\sqrt{R} + y} = 31.38$

dla rozlewu $C' = 21.27$

Zatem średnia prędkość przepływu wody będzie :

w głównym korycie $V_0 = C' \sqrt{i} = 31.38 \times \sqrt{0.0022} = 1.44 \text{ m/sec.}$

na rozlewie $V_0' = 21.27 \times \sqrt{0.0022} = 0.98 \text{ m/sec.}$

ilość przepływu wody w potoku

w głównym korycie $Q = V_0 F = 1.44 \times 17.60 = 25.34 \text{ m}^3/\text{sec.}$

na rozlewie $Q' = 0.98 \times 16.66 = 16.33 \text{ m}^3/\text{sec.}$

Całkowity więc przepływ wody w potoku wyniesie

$$Q_2 = 25.34 + 16.33 = 41.67 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

Ponieważ ilość przepływu wody $Q_2 = 41.67 \text{ m}^3/\text{sec.}$ odpowiada ilości przepływu $Q_1 = 42.07 \text{ m}^3/\text{sec.}$ przyjęty poziom dopływającej wody 169.17 można uważać za właściwy.

Pole przekroju przepływu potoku

$$W = 17.60 + 16.66 = 34.26 \text{ m}^2$$

Średnia prędkość dopływającej wody będzie

$$V_0 = \frac{42.07}{34.26} = 1.23 \text{ m/sec.}$$

Zadając światło otworu mostu

$$l = 6.00 \text{ m.}$$

określamy prędkość przepływu wody ze wzoru :

$$V = \frac{42.07}{2.06 \times 6.00} = 3.40 \text{ m/sec} < 3.50 \text{ m/sec.}$$

t.j. największej dozwolonej średniej prędkości przepływu wody dopuszczalnej dla żołyśka umocowanego brukiem podwójnym.

Spiętrzenie wody przed mostem określamy ze wzoru

$$h = \frac{3.40^2 - 1.23^2}{19.62} = 0.51 \text{ m.}$$

Wysokość wody spiętrzonej przed mostem

$$a + h = 2.06 + 0.51 = 2.57 \text{ m.}$$

poziom zaś wody spiętrzonej

$$167.11 + 2.57 = 169.68$$

i odległość poziomu wody spiętrzonej od korony nasypu

$$171.74 - 169.68 = 2.06 \text{ m.} > 1.0 \text{ m.}$$

Spółczynniki γ szorstkości dna łożyska.

	R o d z a j łożyska	γ
1.	Cement wygładzony lub drzewo heblowane	0.06
2.	Ciosy kamienne, gładkie cegły, lub deski nieheblowane.	0.16
3.	Mur z kamienia łamanego	0.46
4.	Kanały z ziemi o bardzo prawidłowej powierzechni lub brukowane	0.85
5.	Kanały z ziemi w zwykłych warunkach	1.30
6.	Łożyska nieregularne strumieni nieuregulowanych	1.75

Wielkości współczynników $C' = \frac{87R}{\sqrt{R} + \gamma}$
w nowym wzorze Bazina $V_0 = C' \sqrt{I_0}$

R m	Wielkość C' przy $\gamma =$					
	0.06	0.16	0.46	0.85	1.30	1.75
0.05	15.54	11.45	6.40	4.07	2.86	2.21
0,06	17.40	13.05	7.46	4.79	3.39	2.62
0,07	19.03	14.50	8.46	5.49	3.90	3,03
0,08	20,47	15,82	9,41	6.16	4,41	3,43
0,09	21,75	17,02	10,30	6,81	4,89	3,82
0,10	22,89	18,13	11,15	7.44	5,37	4,20
0,11	24,54	19,53	12,11	8,11	5,87	4,60
0,12	25,46	20,47	12,89	8,70	6,33	4,97

R m	Wielkość C' przy $\lambda =$					
	0.06	0.16	0.46	0.85	1.30	1.75
0,13	26,93	21,75	13,79	9,35	6,81	5,36
0,14	28,33	22,98	14,67	9,98	7,29	5,75
0,15	29,00	23,73	15,35	10,52	7,72	6,10
0,16	30,26	24,86	16,19	11,14	8,19	6,47
0,17	31,47	25,95	17,00	11,74	8,65	6,85
0,18	32,63	27,00	17,80	12,33	9,10	7,22
0,19	33,06	27,55	18,37	12,81	9,50	7,55
0,20	34,12	28,52	19,12	13,38	9,94	7,91
0,22	36,11	30,38	20,58	14,50	10,81	8,62
0,24	37,96	32,12	21,98	15,58	11,66	9,32
0,26	39,68	33,76	23,32	16,63	12,50	10,01
0,28	41,29	35,30	24,61	17,65	13,31	10,68
0,30	42,79	36,76	25,84	18,64	14,11	11,35
0,32	44,19	38,14	27,03	19,61	14,89	12,00
0,34	46,22	39,97	28,44	20,69	15,73	12,70
0,36	47,45	41,21	29,55	21,60	16,48	13,33
0,38	48,62	42,38	30,61	22,49	17,22	13,95
0,40	50,43	44,05	31,93	23,51	18,03	14,62
0,45	53,63	47,17	34,65	25,76	19,87	16,18
0,50	56,49	50,00	37,18	27,88	21,64	17,68
0,55	59,81	53,17	39,88	30,09	23,46	19,22
0,60	62,89	56,13	42,44	32,22	25,22	20,71
0,70	67,67	60,90	46,85	36,04	28,46	23,51

R m	Wielkość C' przy $\gamma =$					
	0,06	0,16	0,46	0,85	1,30	1,75
0,80	73,26	66,29	51,56	40,00	31,78	26,36
0,90	77,52	70,54	55,53	43,50	34,80	29,00
1,00	82,08	75,00	59,59	47,03	37,83	31,64
1,10	86,22	79,09	63,38	50,37	40,72	34,18
1,20	90,00	82,86	66,92	53,54	43,50	36,63
1,30	94,25	87,00	70,69	56,83	46,35	39,13
1,40	98,23	90,90	74,27	60,00	49,11	41,57
1,50	101,95	94,57	77,68	63,04	51,79	43,94
1,60	105,45	98,03	80,93	65,97	54,38	46,25
1,70	108,75	101,30	84,03	68,79	56,88	48,49
1,80	111,86	104,40	87,00	71,51	59,32	50,68
1,90	114,79	107,34	89,84	74,13	61,68	52,81
2,00	118,37	110,83	93,05	76,99	64,21	55,06
2,25	125,48	117,92	99,87	83,30	69,91	60,23
2,50	132,62	125,00	106,62	89,51	75,52	65,32
2,75	139,10	131,46	112,85	95,32	80,83	70,16
3,00	145,81	138,10	119,18	101,16	86,14	75,00
3,50	157,77	150,00	130,69	111,95	96,06	84,12
4,00	168,93	161,11	141,46	122,11	105,45	92,80