

3/ Z punktu widzenia konstrukcji rozróżniamy różne systemy mostów; zastosowanie tego czy innego z pośród nich w każdym danym wypadku pozostaje w ścisłym związku z rozpiętością.

W wykładach niniejszych będziemy rozpatrywać wyłącznie mosty mniejsze, zatem tylko niektóre systemy będą nas interesować. Samo pojęcie "mosty mniejsze" należy rozumieć praktycznie jako nieprzekraczające ± 20 mtr. w jednym otworze.

Dla zaprojektowania mostu trzeba koniecznie mieć dane, dotyczące głównych wymiarów budowli, przede wszystkim zaś trzeba znać wielkość t.zw. otworu w świetle.

Jeżeli przyczółki mostu stanowią zarazem oporowe ścianki dla przerwanego w tym miejscu z obu stron nasypu drogi, - to otwór w świetle równa się odległości między frontowymi ścianami przyczółków w poziomie ich cokołów. Jeżeli zaś nasyp nie jest podtrzymywany przez podpory mostu, tylko ma w płaszczyźnie pionowej, przeprowadzonej po osi podłużnej mostu, - mniej lub więcej swobodne stoki, - to za otwór w świetle uważamy odległość między pionowymi linjami, przechodzącymi przez podstawy wyżwspomnianych stoków.

Omawiana tu wielkość otworu w świetle, jeżeli cho-

dzi o wiadukt, określa się zgodnie z wymaganą szerokością przejazdu na tej drodze, ponad którą wiadukt ma być przerzucony. Jeżeli to jest kolej, to szerokość, powyższa zasadniczo normowana jest przepisami t.zw. "skrajni"; jednakże oprócz tego minimum światło wiaduktu musi obejmować nadto: wystające poza skrajnie części torowiska, rowy przydrożne, a często jeszcze dodatkowe pasy swobodne. Razem zatem więcej niż szerokość skrajni. Co się tyczy mostów właściwych, to światło ich może być ustalone w pewnych wypadkach wprost na zasadzie analogji z istniejącymi w pobliżu budowlami mostowymi, znajdującymi się w pokrewnych warunkach, o ile przytem te ostatnie w sposób wystarczający pełnią swoje funkcje, które - jak to zresztą jasne jest samo przez się, - polegają na przepuszczeniu przepływających wód - bez naruszania przyrodzonych warunków terenu i bez szkody dla drogi, wśród której i dla której zbudowany jest most.

Sposób powyższy - najłatwiejszy zresztą - względnie rzadko - bo tylko przy pewnym zbiegu okoliczności może mieć zastosowanie. W przeważającej większości wypadków zmuszeni jesteśmy uciekać się do pomocy rachunku. I tu mamy 2 sposoby. Jeden - empiryczny, ustalający wprost przybliżoną wielkość otworu w zależności

od powierzchni t.j. "zlewni". Tak nazywamy tę część terenu, z której cała ściekająca woda - o ile po drodze nie wsiąknie w ziemię, nie wyparuje lub wreszcie nie zatrzyma się gdzieś po drodze - musi skierować się ku naszemu mostowi.

Drugi sposób - teoretyczny - przy którym staramy się osiągnąć ten sam cel powyższy, ale posilkując się danymi meteorologii oraz metodami hydrauliki, tudzież uwzględniając ściślej topografię miejscowości.

Ten sposób teoretyczny daleki jest również od dokładnego ujęcia kwestji. - Pochodzi to stąd, że mamy do czynienia z tak nieokreślonymi czynnikami, jak: wielkość opadów atmosferycznych, przepuszczalność gleby, siła parowania, pochłanianie wody przez roślinność, wreszcie niedające się dokładnie ująć warunki topograficzne terenu. To też wyniki odnośnych obliczeń muszą być traktowane jako przybliżone. Chodzić nam winno tylko o to, aby one były raczej za ostrożne, niż odwrotnie. Lepiej jest bowiem w poszczególnych wypadkach ponieść niepotrzebnie zbyt wielki może koszt budowy nieco za dużego mostu, niż raz choćby narazić się na ewentualność zniszczenia za małego mostu przez rozbrana wodę, ponieważ następstwa takiego wypadku

są zazwyczaj bardzo ujemne.

Samo obliczanie ma przebieg następujący:

Określamy najpierw zlewnię, czyli inaczej mówiąc powierzchnię miejscowości, z której ściekająca woda musi dzięki spadkom terenu kierować się ku projektowanemu mostowi. Można to uskutecznić za pomocą bezpośredniego pomiaru na miejscu, mianowicie zdejmując plan wieloboku, którego podstawą jest odcinek drogi między jednym i drugim sąsiednimi najwyższymi względnie punktami, - resztę zaś konturu stanowi linja działu wód. Sposób ten jednak da się zastosować jedynie tylko do powierzchni stosunkowo niedużych, które przytem mogą być objęte jednym rzutem oka. - Zlewnie większe, zwłaszcza mające mniej lub więcej wydłużone i rozgałęzione dopływy boczne, - daleko pewniej i łatwiej mogą być określone wprost na mapie sztabowej.

Po określeniu konturu zlewni - w ten czy inny sposób - należy wyrysować jej plan i wymierzyć powierzchnię /w km^2 /, - za pomocą planimetru, czy też inną metodą. Trzeba, następnie, wymierzyć długość koryta zlewni, licząc od mostu aż do najdalszego punktu, skąd woda może ściekać ku temu ostatniemu; trzeba wreszcie określić średni spadek tego koryta,

co również można uskutecznić bardzo dobrze na mapie, orientując się według poziomnic, albo też - w braku poziomnic - według wysokości poszczególnych punktów, jeżeli te wysokości są podane na mapie. - W przeciwnym razie trzeba uciec się do bezpośredniego pomiaru na miejscu. Do obliczenia otworu potrzebne jest jeszcze, - jak to zobaczymy niżej, - spadek rzeczywisty koryta w tem miejscu, gdzie ono już dochodzi do mostu - na długości mianowicie jakichś 200 metrów powyżej tego ostatniego i tyleż metrów poniżej; ten spadek musi być bezwarunkowo pomierzony bezpośrednio na gruncie.

Do szeregu powyższych danych należy dodać jeszcze przekrój poprzeczny łożyska, wzięty bezpośrednio przed samym mostem; ze względów praktycznych utożsamiamy go z przekrojem, wziętym po osi podłużnej mostu; - czyli poprostu: bierzemy za podstawę profil podłużny drogi w miejscu rozlokowania mostu. - Gdy już cały materiał wyżej wyszczególniony jest w naszym posiadaniu, - natenczas mamy przed sobą następujące zagadnienie:

W pewnych momentach na powierzchni zlewni może gromadzić się w większej ilości woda, pochodząca albo z roztopów wiosennych, albo z silnych deszczów.

Dla większych zlewni, po dnie których płynie stale jakaś rzeczka lub nawet rzeka, - miarodajnymi są roztopy, - natomiast dla zlewni mniejszych - nawałne deszcze. Często za taką granicę uważana jest wielkość zlewni równa 50 km^2 . Meteorologja dostarcza nam licznych danych, ilustrujących intensywność opadów w różnych miejscowościach Europy. Między innemi z wieloletnich obserwacji Paryskiej stacji wynika, że podczas najulewniejszych deszczów na ziemię spada w ciągu 1 sekundy warstwa wody grub. 0,016 mm. Niektóre inne punkty obserwacyjne notują nawet większe cyfry, są to jednak już zjawiska fenomenalne, przytem krótkotrwałe i najzupełniej lokalne, nawet rzecz można - ograniczone do bardzo niewielkiego terenu. -

Ustalenie jakiegoś absolutnego maximum intensywności opadów w każdym razie kwestji jeszcze nie rozstrzyga, gdyż nas interesuje właściwie, jaka też największa ilość wody będzie dopływać przez jakiś czas stale co sekunda do przekroju, gdzie ma być most, - ów zaś wynik ostateczny zależy od długości zlewni, od spadzistości jej koryta i stoków bocznych, a pozatem od tego, ile wody wchłonie w siebie roślinność, pokrywająca teren zlewni, - ile jej wsiąknie po drodze w ziemię, ile zatrzyma się wskutek konfiguracji terenu, ile wreszcie wyparuje w powietrze. -

teczenie ta zebrana z najdalszych części zlewni woda zdąży dopłynąć do mostu. Nie potrzeba dowodzić, jak dalece trudną jest rzeczą przybliżone choćby ustalenie granic, w jakich powinny się mieścić wartości współczynników, wyrażających wpływ wszystkich powyższych zjawisk ubocznych. Ostatecznie jednak trzeba dać jakąś podstawę, na której możnaby osiągać pewne praktyczne wyniki. - Były więc ze strony różnych badaczy czynione próby jakiego takiego ujęcia kwestji, w formie mianowicie empirycznych wzorów i tablic.

Wymienimy tu przedewszystkiem powszechnie znane normy Köstlina. Za podstawę bierze on wyżej przytoczone dane Paryskiego obserwatorium co do wielkości opadu, mianowicie: 0,016 mm. wody na 1 sekundę z każdego /mtr/² powierzchni; następnie zaś przypuszcza, że o ile długość koryta zlewni jest $\leq 3,5$ kilometra, - to wtedy przepływ w przekroju mostu będzie stanowić 1/2 całkowitej ilości opadu z całej powierzchni; przy większych długościach ilości te są mniejsze. Wyniki otrzymujemy z wzoru

$$Q = \alpha \cdot 16 \cdot P$$

gdzie Q oznacza ilość przepływu w m³/sek., P - powierzchnię zlewni w /km/²; zaś α - jest to współczynnik o zmiennej wartości, którą znajdujemy - w za-

leżności od długości zlewni w następującej tabeli-
cy Nr.I.

Tablica Nr.I.

Długość zlewni	Spółcz. α
do $3\frac{1}{2}$ kwat.	$\frac{1}{2}$
od $3\frac{1}{2}$ do 7	$\frac{3}{8} - \frac{1}{4}$
od 7 do $10\frac{1}{2}$	$\frac{3}{16}$
od $10\frac{1}{2}$ do 14	$\frac{1}{8}$
od 14 do 17	$\frac{1}{16}$

Sam Köstlin zastrzegał się, że jego metoda stosuje się właściwie do miejscowości górzystych - o silnych spadkach tak dna, jak i stoków koryta. Dla miejscowości płaskich zalecał wprowadzić jeszcze dodatkowy mnożnik $= \frac{1}{2}$. Za taką granicą, poniżej której miejscowość musi być traktowana jako płaska, - uważać można spadek koryta zlewni /przeciętny na całej długości/ $i = 0,005$. Trzeba przyznać, że normy Köstlina dają zazwyczaj wyniki przesadnie duże; wielu techników godzi się jednak z tym, wychodząc z założenia, że w ten sposób osiąga się znaczny stopień bezpieczeństwa. W późniejszych czasach metodę Köstlina zaczęto modyfikować w ten sposób, że: 1/ jeżeli

$0,004 \leq i \leq 0,007$, to $\alpha = 3/4$; jeżeli zaś

$i \leq 0,004$, to $\alpha = 1/2$; w razie jeżeli grunt przepuszczalny, to rezultat zmniejsza się jeszcze o 33 % , przez wprowadzenie jeszcze jednego współczynnika $\beta = 2/3$.

Drugi znany wzór Tiefenbachera podaje wprost ilości wody, dopływającej do mostu co 1 sekunda z każdego kwadratowego kilometra zlewni, - w zależności mianowicie od długości tej ostatniej /tabl. Nr. II/:

Tablica Nr. II.

Długość zlewni.	Ilość wody m ³ .
do 4 km	7,8
od 4 do 8	3,9
od 8 do 12	2,8
od 12 do 16	1,90
od 16 wzwyż	0,95

I tu obowiązuje zasada, że o ile dno koryta ma spadek $< 0,005$. - to podane w tablicy ilości należy zmniejszać do połowy.

W Austrii stosowane były często normy Iszkowskiego; podstawą jest wzór ogólny

$$Q = w_w \cdot \mu \cdot h \cdot F \dots \dots / 1 /$$

gdzie h - wysokość warstwy przeciętnego opadu rocznego w metr.; F - powierzchnia zlewni w km^2 .

ω_w i μ współczynniki, które wyrażają wpływ konfiguracji i topografii terenu, przepuszczalności gleby oraz siły roślinności. Wartości ω_w podaje Iszkowski w tablicy Nr. III:

Tablica Nr. III.

Charakter terenu.	dla kategorii			
	I.	II.	III.	IV.
Bagna - niziny	0,017	0,030	-	-
Płaskizny - płasko- wzgórza	0,025	0,040	-	-
To samo - z pagórkami	0,030	0,055	-	-
Pagórki o łag. stok.	0,035	0,070	0,125	-
Strome pag. i przedg.	0,040	0,082	0,155	0,400
Wysoki większ. gór	0,045	0,100	0,190	0,450
Wzgórza - jak Hare	0,050	0,120	0,225	0,500
Góry - jak Beskidy	0,055	0,140	0,290	0,550
Najwyższe góry	0,060	0,160	0,360	0,600
wedle stromości	0,070	0,185	0,460	0,700
	0,080	0,210	0,600	0,800

Wymienione cztery kategorie odpowiadają różnym stopniom przepuszczalności i różnej sile roślinności, mianowicie:

I kateg. - silna przepuszczalność i także roślinność,

II kateg. - średnie warunki,

III kateg. - mała przepuszczalność - słaba roślinność,

IV - zmarzła ziemia bez roślinności - pokryta śniegiem.

Spółczynnik μ zależy od wielkości zlewni, daje go nam Tabl.Nr.IV:

Tabl. Nr.IV.

Powierzchnia F /km ²	μ
≤ 1	10
10	9,5
20	9,0
30	8,8
40	8,23
50	7,95
60	7,75
70	7,60
80	7,50
90	7,43
100	7,40
150	7,10
200	6,87

We wszystkich powyższych tablicach wartości pośrednie mają być określane za pomocą interpolacji.

Co się tyczy h - to wielkość tę zaleca Iszkowski określać na zasadzie wskazań stacji meteorologicznych.

Dla małych zaś zlewni, a mianowicie: w okolicach nizinnych - przy $F \leq 100 \text{ km}^2$, zaś w okolicach górzystych przy $F \leq 300 \text{ km}^2$ - zaleca przyjmować wprost $h = 1 \text{ mtr.}$

Sam Iszkowski zaznacza, że jego normy - o ile chodzi o największy absolutnie przepływ - stosują się właściwie do zlewni powyżej 300 km^2 powierzchni.

Odniesione do zlewni niewielkich - dają one - w przeciwieństwie do Köstlina - wyniki zbyt małe. Na przykład: niech będzie $F = 10 \text{ km}^2$, miejscowość płaska, kategorii drugiej. Wtedy:

podług Iszkowskiego $Q = 0,04 \times 9,5 \times 1 \times 10 = 3,8 \text{ m}^3$

podług Köstlina, biorąc $\alpha = 3/16$, mnożąc jeszcze przez $1/2$ /w przypuszczeniu $i < 0,004/$ i zmniejszając o 33 % mamy:

$$Q = 2/3 \times 3/32 \times 0,016 \times 10 \times 1000 = 10 \text{ m}^3.$$

Podług Tiefenbachera byłoby przypuszczalnie

$$Q = 2,8 \times 10 \times 1/2 = 14 \text{ m}^3$$

a więc jeszcze znacznie więcej.

W Niemczech stosowane są czasem takie jeszcze

normy najwyższego przepływu na 1 sekundę i na 1 /klm/² zlewni:

Tablica Nr.V.

$F (km)^2$	$Q \frac{m^3}{km^2 \cdot sek}$
1	5 - 3
od 1 - 10	3 - 1,5
" 10 - 40	1,5 - 1,0
" 40 - 100	1,0 - 0,7
" 100 - 300	0,7 - 0,5
" 300 - 600	0,5 - 0,4
600	0,4



Dane te stosują się do miejscowości pagórkowatych: jak łatwo spostrzec, otrzymane na ich podstawie wyniki będą poniekąd bliskie norm Köstlina niezmodyfikowanych, jak również norm Tiefenbachera.

Vogler zaleca normy, podane w Tablicy Nr.VI; stosują się one dosyć dobrze do rzek i rzeczek; dla małych zlewni dają wyniki zbyt skromne.

Tablica Nr.VI.

$P km^2$	m^3 na 1 sek. i na 1 /klm/ ²	
	dla okol.nizin.	dla okol.podg.
≤ 50	0,225	0,3 - 0,5
≤ 100	0,200	0,2 - 0,4
≤ 500	0,150	0,200



W Bawarii używane są przy obliczaniu otworów mostów kolejowych o małych zlewniach następujące 2 wzory:

1/ Weyrauch: dla zlewni $> 1 \text{ km}^2$:

$$Q = m \cdot \frac{F}{\sqrt{1+F}} \cdot \left[1 - 0,4 \cdot \frac{F_w}{F} \right] \dots\dots\dots /2/$$

F - oznacza wielkość zlewni w km^2 , F_w - zalesioną jej część, m - współczynnik, zależny od spadku doliny,

przy $i < 0,005 \dots\dots\dots m = 3$

„ „ od 0,005 do 0,02 $m = 3,75$

„ „ $> 0,02 \dots\dots\dots m = 4,5$

2/ wzór Hofmana dla potoków o długości doliny do 10 km.

$$Q = 4,2 \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot n_4 \dots\dots\dots /3/$$

Wartości współczynników podane są w następujących 4 tablicach:

Tablica Nr.VII.

I.

Długość doliny.	n_1
0-2	1
3	0,9
4	0,83
5	0,75
6	0,68
7	0,63
8	0,58
9	0,53
10	0,50

II.

Stopień zalesienia.	n_2
bez lasu	1
1/4 zalesiony	0,9
1/2 „	0,8
3/4 „	0,7
cały zalesiony	0,6

III.

Topografia terenu.	n_z
Górzysty	1,0
Silnie pagórk.	0,95
Śred. „	0,90
Więcej płaski	0,85
Zupełnie „	0,80

IV

Przepuszczalność gleby.	n_y
Nieprzepuszcz.	1.0
Słabo przepusz.	0,9
Sredn. „	0,8
Silnie „	0,7

Pozatem mamy następujące jeszcze empiryczne sposoby określania przepływu:

a/ Wzór Kresnik'a:

$$Q = \alpha \cdot \frac{30}{0,5 + \sqrt{R}} ;$$

Q - przepływ w $m^3/sek/kl^2$,

R - powierzchnia zlewni w $/km^2$,

α - współczynnik, który dla warunków średnich = 1; dla okoliczności, wyjątkowo wpływających na zmniejszenie przepływu, może być powyższy współczynnik zmniejszony do 0,6.

b/ Engels zaleca następujące dane co do największego przepływu /w $m^3/sek.$ i $1 kl^2$ zlewni/: