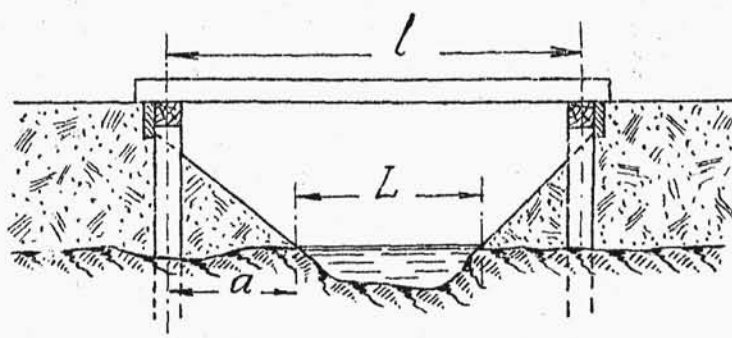


W mostach drewnianych o wolno puszczonej sto-
ku nasypu przy obliczeniu ℓ na podstawie L



Rys. 3.

należy uwzględnić wielkość rzutów a powyższych
stoków /rys 3/.

W różnych innych poszczególnych wypadkach naj-
lepiej dla ustalenia ℓ zrobić uprzednio możliwie
starannie przemyślany szkic całej konstrukcji.

Most - jako budowa - musi być obliczany na dzia-
łanie pewnych sił zewnętrznych, które dzielą się
na 3 kategorie:

A/ ciężary nieruchome, pionowe, czyli waga włas-
na części mostowych.

B/ ciężary ruchome, pionowe,

C/ siły poziome, na przykład działanie wiatru.

Należy przedewszystkiem rozważyć i scharakteryzować owe ciężary stałe, czyli wagę własną.

A/. W chwili, gdy przystępujemy do konstruowania mostu - są oczywiście siły te wielkością niewiadomą.

Trzeba więc je przyjmować w przybliżeniu - na zasadzie pewnych empirycznych wskazań.

Po obliczeniu i zaprojektowaniu mostu, ciężar własny poszczególnych części może być już dokładnie obliczony. O ile wtedy cyfry te rzeczywiste różniłyby się od *à priori* przyjętych więcej niż o 5 % , - to przy projektowaniu mostów dużych wymagane jest powtórne przeliczenie i zaprojektowanie; dla mostów mniejszych wymaganie to jest obowiązujące o tyle, o ile by przyjęta *à priori* waga była znacznie niższa od rzeczywistej, tak że napięcia rzeczywiste mogłyby wypaść większe od obliczonych i przekraczałyby dopuszczalne.

Z pośród wielu empirycznych wzorów dla przybliżonego określenia *à priori* wagi mostów niewielkich najlepiej nadaje się następujący - najbardziej zresztą typowy:

$$p = cl + F \dots \dots \dots /13/$$

w którym p oznacza ogólną wagę mostu na jednostkę bieżącą, względnie na jednostkę kwadratową powierzchni, cl - wagę dźwigarów, F - części poprzecznych, l - rozpiętość rzeczywistą w metrach, wreszcie C - jest to współczynnik stały.

Wartości C i F wahają się w bardzo szerokich granicach w zależności od rodzaju i wielkości mostu. Odgrywa tu wielką rolę rodzaj obciążenia ruchomego; dlatego też stare wzory, które uwzględniały dawne normy, znacznie niższe od nowych, - obecnie nie mogą być już stosowane.

Przytaczam - według niemieckich źródeł odnośne dane /w przypuszczaniu obciążenia ruchomego podług norm r.1903/.

I. Dla mostów kolejowych żelaznych jednotorowych z belkami blaszanymi /rozpiętość od 10 do 25 metr./:

1/ jazda górna: a/ koleje normalne główne - odległość między osiami dźwigarów od 1,8 do 2,0 metrów: $p = cl + F$, gdzie $C = 54$, $F = 880$ do 1015, w czym waga własna właściwej jezdni zwykłego systemu, t.j. podkładów, szyn i desek stanowi 640 - 775 kg.; reszta - czyli $240 + 54l$ przypada na usztywnienia podłużne i poprzeczne oraz na dźwigary

główne, łącznie z poduszkami oporowemi. Wszystko - odniesione do 1 m. bież. toru i podane w klgr.

b/ dla kolei lokalnych normalnotorowych,

$$P = 292 + 31 \ell \quad - \text{ na 1 m. b. toru,}$$

c/ dla wąskotorowych kolei 1 metrowych

$$P = 305 + 26 \ell ,$$

d/ dla wąskotorowych kolei 0,75 metrowych

$P = 250 + 16,5 + 10,2 \delta + 0,5 \ell / \cdot \ell$, we wzorze tym waga własna właściwej jezdni stanowi 220 kg. na 1 m. b. toru; δ - oznacza grubość blachy belki w centymetrach.

Dla tychże kolei o prześwicie 75 cm., dla rozpiętości od 1 do 10 metr. nadaje się wzór

$$P = 50 + 29 \ell .$$

2/ Jazda dolna /na poprzecznych i podłużnych żelaznych belkach; a/ koleje główne, odległość między osiami dźwigarów od 3,0 do 3,7 metr./;

$P = 1245 - 1450 / + 44 \ell$ w czem waga żelaznych części jezdni: od 380 do 520 kg., zaś 595 - 660 kg. - jest to waga podkładów, szyn, pokładu i t.d.

Zatem waga mostu bez jezdni = $270 + 44 \ell$.

b/ Dla kolei lokalnych normalnotorowych

$$P = 462 + 32 \ell \quad \text{klgr. na 1 m. b. toru,}$$

c/ dla kolei wąskotorowych 1 0 metr

$$P = 425 + 27 \ell \text{ na 1 m.b. toru;}$$

d/ dla kolei wąskotorowych 0,75 metr.

$$P = 390 + [8 + 10 \delta + 3/8 \ell] \cdot \ell$$

Powyższe normy niemieckie /za wyjątkiem drugiego wzoru dla wąskotorowych 0,75 mtr./ odnoszą się - jak na początku zaznaczono - do mostów o rozpiętości rzeczywistej powyżej 10 mtr. Dla mniejszych z jazdą górną można zalecić wzór: $q = 360 + 50 L$ i z jazdą dolną $q = 600 + 66 L$, przyчем q - oznacza wagę żelaza w dźwigarach /względnie w częściach jezdni - jeżeli jazda dołem/, ale bez szyn, podkładów, desek i t.d. Zauważyć trzeba, co zresztą zaznaczono wyżej, że wszystkie poprzednio podane wzory niemieckie stosują się do mostów, obliczanych na normy obciążeń ruchomych ustalone w roku 1903; obecnie obowiązują normy większe, wobec czego i waga nowych mostów musi wypadać większa. Mianowicie, można liczyć w przybliżeniu, że dla mostów, projektowanych według norm pruskich z r.1911, waga winna być $>$ o 10 %. A oto wzory rosyjskie, oparte na całym szeregu wykonanych konstrukcji i obejmujące rozpiętości od 2 do 42 metr. Według tychże spólczyniki C i F tak wypadają:

TABLICA XVI.

Otwór w świat- le mtr.	Roz- pięt. mtr.	<i>C</i>	<i>F</i>	Otwór w świat- le mtr.	Roz- pięt. mtr.	<i>C</i>	<i>F</i>
2	2.60	101.67	od 400.	11	11.80	58.12	do 460.
3	3.60	99.63		12	12.80	55.79	
4	4.60	34.74		13	13.90	55.18	
5	5.60	74.20		14	14.90	49.18	
6	6.60	71.20		15	16.00	45.51	
7	7.60	68.77		16	17.00	45.75	
8	8.60	66.70		17	18.10	46.00	
9	9.70	64.13		21	22.30	43.50	
10	10.70	60.99		25	26.60	39.73	

Cyfry te odnoszą się do mostów z jazdą górną i ze zwykłą drewnianą jezdnią.

Dla mostów z jazdą dolną mamy:

TABLICA XVII.

Światko mtr.	Rozpię- tość mtr.	<i>C</i>	<i>F</i>
8	8.80	52.52	} od 850 do 950
9	9.90	51.57	
21	22.50	40.17	

Wyniki, jakie dają przytoczone normy rosyjskie, są niższe od tych, jakie otrzymujemy, operując poprzednio podanymi normami niemieckimi.

Są i nowsze dane rosyjskie, mianowicie dla jazdy górnej i rozpiętości od 2,5 do 10 mtr.:

$p = 916 + 40 \ell$, w czym waga samej jezdni = 590 kg.; dla rozpiętości od 10 - 22 mtr.

$p = 763 + 60 \ell$, przyczem waga jezdni = 610 kg.

II. Mosty żelazne drogowe: /za jednostkę, do której sprowadza się wagę konstrukcji, - przyjmujemy 1 m² jezdni/.

1. Według Engessera dla mostów drogowych od 10 do 100 mtr. rozpiętości:

a/ $q = 215 + 2,3 \ell + 0,02 \ell^2$, jeżeli jezdni właściwa składa się z podwójnego drewnianego pokładu; waga tejże $q_1 = 110 \text{ kg/mtr}^2$, jeżeli ją brać oddzielnie, zatem waga samego żelaza $q = 105 + 2,3 \ell + 0,02 \ell^2$.

O ile są chodniki drewniane - nazewnątrz dźwigarów, - to do powyższej wagi dochodzi jeszcze

$$q_2 = 60 + 2,3 \ell$$

b/ jeżeli jezdni żwirowana, - to $q = 590 + 2,8 \ell + 0,025 \ell^2$, w czym waga samej żwirówki

$q_1 = 400 \text{ kg/m}^2$, na chodniki dodajemy jak wyżej:

$$q_2 = 60 + 2,3 \ell \text{ /jeżeli są nazewnątrz/}.$$

Dla mostów miejskich powyższe wzory przedstawiają się tak:

$$a' \quad q = 295 + 2,7l + 0,021l^2; q = 140 \text{ kg/m}^2;$$

$$q_2 = 80 + 2,7l;$$
$$b' \quad q = 730 + 3,2l + 0,028l^2; q = 480 \text{ kg/m}^2$$

$$q_2 = 80 + 2,7l.$$

c' przy jezdni zabrukowanej mamy:

$$q = 960 + 3,7l + 0,029l^2; q = 700 \text{ kg/m}^2;$$

$$q_2 = 80 + 2,7l.$$

Według Bertschingera /dane nowsze/ waga żelaznych dźwigarów blachownicowych łącznie z usztywnieniami podłużnymi i poprzecznymi - wyraża się w mostach drogowych o pomoście pełnym następującym wzorem: $q = 60 + 5l \text{ kg/m}^2$, jeżeli niema chodników, - oraz wzorem $q = 20 + 5l \text{ kg/m}^2$, jeżeli są.

2/ Dla mostów małych z jazdą górną stosujemy - według prof. Thulie /te same wzory, co wyżej, zmniejszamy tylko w nich pierwszy składnik, mianowicie:

zamiast 215 bierzemy 125, zamiast 295 - 170,

zamiast 590 - 380, zamiast 730 - 500, wreszcie

zamiast 960 - 700.

Ponieważ zawsze obliczanie mostu rozpoczyna się

od jezdni, - przeto należy mieć również pewne cyfry dla określenia wagi poszczególnych części tejże. Jeżeli chodzi o most kolejowy z jazdą górną, - to można się z łatwością obejść bez apriorystycznych sposobów. Jeżeli zaś jazda dołem, - to ciężar belek podłużnych, oznaczając rozstawienie między poprzecznicami przez a , - określić można wzorem $g_1 = 62 a$, - jeżeli to są kształtówki, albo wzorem $g_2 = 44 + 25,6 a$ - jeżeli blachownice; dla kolei drugorzędnych wypada:

$$g_1 = 26 + 44 a ; g_2 = 44 + 22 a .$$

Dla określenia wagi poprzecznic w mostach kolei głównych, mamy - oznaczając przez P ciśnienie koła parowozu w tonnach, b - długość belki, c - odstęp między podłużnicami:

$$G_1 = 29 (b - 0,83c) / (a + 4,3) ,$$

zaś dla kolei drugorzędnych :

$$G_2 = 25 (b - 0,83c) / (a + 4,3) .$$

Co do mostów drogowych, to według Bertschingera - waga pomostu, podłużnie i poprzecznie na 1 m² jezdni określa się następującymi wzorami, gdzie b oznacza odległość między osiami dźwigarów głównych: przy obciążeniu bardzo ciężkimi furami /drogi

I klasy/	$q = 120 + 16 b$	kg/m ²
przy ciężkich furach	$q = 100 + 14 b$	"
przy lekkich furach	$q = 70 + 14 b$	"

Jeżeli jezdnia wykracza poza skrajne dźwigary na szerokość b_1 , to waga odnośnych części żelaznych wraz z pokryciem żelaznem wzgl. z pomostem drewnianym /jak wyżej/ określa się wzorem:

$$q = 30 + 30 b_1 \text{ w kg/m}^2$$

Ten sam wzór stosuje się do określania wagi żelaznych części podtrzymujących chodniki, leżące na zewnątrz dźwigarów.

a/.

TABLICA Nr. XVIII.

Wierzchnie pokrycie jezdni:	lekke fury	ciężkie fury	bardzo cięż. fury
pokład z desek	130 kg.	160 kg.	190 kg.
żwirówka	300 "	350 "	350 "
drewniany bruk na dylach	250 "	250 "	250 "
kamienny bruk	640 "	640 "	640 "
beton i asfalt	300 "	340 "	380 "
drewniany bruk na betonie . .	340 "	350 "	360 "

b/.

TABLICA Nr.XIX.

Spód jezdni:	lekkie fury	ciężkie fury	bardzo cięż- kie fury.
kształtówki	40 kg.	60 kg.	80 kg.
dyle	100 "	130 "	160 "
płyty żeliwne	120 "	150 "	180 "
skłepienie murow.	500 "	600 "	700 "
płyty kamienne	250 "	300 "	350 "

Wagi własne jednostkowe poszczególnych materia-
łów, wchodzących ewentualnie w skład jezdni: drzewo
/sosna, buk, dąb - średnio mokre/ = 1000 kg/m^3 ; bruk
kamienny = 2700 kg/m^3 ; piasek, żwir = 2000 kg/m^3 ;
beton ze żwiru = 2200 kg/m^3 ; żelbet = 2400 kg/m^3 ;
beton szlakowy bez piasku = 1100 kg/m^3 ; to samo z
piaskiem = 1600 kg/m^3 ; asfalt = 1500 kg/m^3 .

III. Waga własna mostów drewnianych wyznacza się
też za pomocą wzoru: $p = cl + F$. Wartości współczyn-
ników są następujące: 1/ dla mostów kolejowych:

a/ stałych z belkami pojedynczymi: $p_1 = 84l + 400 \text{ kg}$
na 1 m.b. toru, dla takichże czasowych $p_2 = 67l + 350 \text{ "}$

b/ z belkami złożonymi: $p_1 = 83l + 650 \text{ kg}$.
 $p_2 = 68l + 600 \text{ "}$

a/ z dźwigarami wiązanymi: $p_1 = 72 \ell + 600 \text{ kg.}$

2/ dla mostów drogowych:

a/ z belkami pojedynczemi i z jezdnią w postaci ścieli grubości 11 cm. $p = 11 \ell + 150 \text{ kg.}$
na 1 m² pokładu,

z jezdnią żwirowaną $p = 30 \ell + 550 \text{ kg.}$ na
1 m² pokładu.

b/ z belkami złożonemi i z jezdnią z desek podwójnie słanych:

$p = 10 \ell + 150 \text{ kg.}$ na 1 m² pomostu
z jezdnią żwirowaną:

$p = 30 \ell + 550$ " " " "

B. Obciążenie ruchome od nacisków pionowych.

1/. Mosty kolejowe.

Ciążary reprezentowane są w tym wypadku przez jeden albo 2 parowozy z tendrami i z pewną ilością wagonów, - w zależności od długości przęsła. Z uwagi na to, że wciąż wzrastające wymagania powodują zastosowywanie coraz to cięższych parowozów i wagonów, - przy obliczaniu przyjmuje się pod uwagę nie

najcięższy rzeczywisty pociąg, jaki kursuje na danej linii, czy na danej sieci dróg, - lecz pewien urojony, albo t.zw. "normalny", znacznie zwykle najniekorzystniej działający, niż rzeczywiste. - W różnych krajach różne są zalecane schematy. U nas w Polsce obowiązują dla mostów kolejowych kolei normalnych przepisy ogłoszone w Dzienniku Urzędowym M-stwa Kolei Nr.11 z r.1923.

Dla kolei wąskotorowych - niema określonych schematów. Należy uwzględniać rzeczywisty najcięższy parowóz danej linii - z pewnym jednak zapasem. - Za granicą ciśnienie na oś na kolejach metrowej szerokości waha się w granicach od 7 do 10 ton, odstęp między osiami - około 1,2 mtr. U nas ciężar osi - około 7 ton, odstęp jak wyżej.

Na wąskotorówkach o torze 0,75 metr. - ciśnienie na oś - około 5 ton, odstęp - ok. 0,9 metr.

Dla mostów drogowych obowiązują osobne szczegółowe przepisy M-stwa Robót Publicznych, wydane w r.1920.

Przy rozpiętościach większych - zamiast, żeby za podstawę brać oddzielne ciężary - wprowadza się często do obliczeń t.zw. "ciężar zastępczy" t.j. takie równomierne i ciągłe obciążenie, które wywołuje

te same momenty i siły poprzeczne, co tamte ciężary.

Do mostów mniejszych to nie stosuje się.

c/ Wszystko, co dotąd powiedziane było na temat obciążenia ruchomego, dotyczyło wyłącznie sił pionowych. Oprócz tych są jeszcze siły, które działają na most w kierunku poziomym. Do nich przede wszystkim należy parcie wiatru. Jeżeli na moście znajduje się tabor kolejowy lub wozy, - to powierzchnia, na którą wiatr działa, - przez to się powiększa, natomiast nacisk na jednostkę kwadratową musi być przyjmowany mniejszy, niż w tym wypadku, kiedy taboru czy też wozów na moście niema.

O wielkościach tych nacisków oraz o sposobie ich obliczania znajdujemy szczegółowe wskazówki we wzmiankowanych wyżej przepisach M-stwa Kolei, jak i Robót Publicznych.

Z innych sił poziomych, jakie są obecnie uwzględnione przy projektowaniu mostów w Krajach Zachodniej Europy, należy przedewszystkiem wspomnieć o sile, która powstaje przy hamowaniu pociągu

Stosuje się to, oczywiście, do mostów kolejowych.

Wspomniana siła oceniana bywa w zależności od tarcia, jakie wtedy rozwija się między szynami i kołami taboru, a którego wielkość da się określić za pomocą wzoru $F=f \cdot Q$, gdzie Q - oznacza wagę zahamowanego pociągu, zaś f - współczynnik tarcia, którego wielkość zmienna jest, nie przekracza jednak wartości 0,25. Co do Q , także pozostaje nieokreślone, jaka ilość i jakich mianowicie: próżnych czy ładownych wagonów ma być brana w rachubę. Stąd wogóle w praktyce poprzestaje się na pewnych empirycznych przepisach.

W Austrii, na przykład, zalecano jako siłę hamowania brać prosto 1/20 wagi całego pociągu; podobną praktykę zaczęto wprowadzać w ostatnich czasach i w Rosji. W Bawarii biorą 0,15 wagi: połowy osi parowozowych i całkowitej liczby osi wagonowych.

Na działanie omawianej siły należy obliczać podpory, łożyska i te części jezdni, które mogą temu działaniu podlegać. W mostach łukowych siła hamowania może działać i na dźwigary; może to trafić się i w mostach belkowych przy odpowiedniej konstrukcji.

Dodać jeszcze trzeba, że wogóle konieczność uwzględniania siły hamowania stosuje się do tych tylko mostów kolejowych, które leżą na większych spadkach /w Austrii $\geq 10^0/00$ /, albo w obrębie wejściowych sygnałów stacyjnych, ponieważ w jednym i w drugim wypadku może właśnie dosyć często zachodzić potrzeba hamowania pociągu na samym moście.

Przy obliczaniu konstrukcji mostowych uwzględnia się jeszcze niekiedy wpływ temperatury. W pierwszym rzędzie dotyczy to mostów kamiennych i żelbetowych, zwłaszcza systemów ciągłych. Wydłużanie się lub kurczenie konstrukcji pod wpływem zmian temperatury powoduje odpowiednie naprężenia w dźwigarach i w filarach.

W mostach żelaznych większych /wiązarowych/ nierównomierne ogrzewanie przez słońce różnych części kraty może być powodem dodatkowych naprężeń które jednak - z uwagi na nieokreśloność zadania - nie dają się obliczyć i są zazwyczaj uwzględniane jedynie przez ostrożniejsze dobieranie dopuszczalnych naprężeń.

Pozatem we wszelkich żelaznych mostach belkowych wskutek nieuniknionego przy zmianach temperatury wydłużania się lub kurczenia dźwigarów -

muszą powstawać dodatkowo naprężenia w tych ostat-
nich, - o ile jedno z łożysk nie jest rucho-
me. Pomimo jednak zastosowania powyższego środka
zapobiegawczego - dodatkowe naprężenia mają jednak
miejsce, ponieważ dla przesunięcia ruchomego łożys-
ka w kierunku działania wydłużenia /dodatniego czy
ujemnego/ musi być rozwinięta siła, wielkość któ-
rej $= f A$, gdzie f - współczynnik tarcia, zaś A
- reakcja oporowa, która dla wypadku zwykłego bel-
kowego dźwigara $= \frac{P+q}{2} \cdot l$.

Należy przytem mieć na widoku pełne obciążenie
maksymalnym ruchomym ciężarem q . Aczkolwiek ho-
wiem może powstać poważna wątpliwość, czy w trakcie
działania tego ostatniego zdoła wytworzyć się taka
różnica temperatur, żeby aż nastąpiło wydłużenie
dźwigara, odpowiadające sile $f A$, to jednakże
pamiętać należy, że wskutek samego momentu gnącego
dźwigar tak się deformuje, iż jego dolne warstwy
również wydłużają się, czemu też przeciwdziała tar-
cie w łożyskach ruchomych. Dla tego - gwoili większe-
go bezpieczeństwa - należy obliczać omawiane dźwi-
gary na dodatkowe naprężenia od siły $f \frac{P+q}{2} \cdot l$. Współ-
czynnik f oceniamy na jakieś 0,20 - z uwagi na
rdzę, kurz i błoto - którymi mogą być pokryte śliz-

gające się powierzchnie łożyska.

Wracając do mostów kamiennych i żelbetowych, należy ustalić, na jakie wahania temperatury należy liczyć. Mamy tu następującą praktyczną wskazówkę: przypuszczając, że podczas budowy temperatura w murze /ew. betonie/ jest około 10° , przyjmuje się, że może ona następnie spaść do -10° , względnie podnieść się do $+25^{\circ}$. W każdym razie pamiętać trzeba, że nie może ona nigdy wahać się w tak szerokich granicach, jak w otaczającej atmosferze, a to z uwagi na mniejsze przewodnictwo muru /względnie betonu/.

-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-

W poprzednich rozdziałach oświetlona została kwestja obciążeń stałych i ruchomych. Wypada obecnie zaznajomić się ze sprawą dopuszczalnych naprężeń, jakie przyjmowane są za podstawę przy projektowaniu mostów, a które w rozmaitych krajach niezupełnie jednakowo się przedstawiają. Z natury rzeczy wypada przedewszystkiem wyświecić, jak ta sprawa przedstawia się w stosunku do najbardziej rozpowszechnionych - mianowicie: żelaznych mostów.

Historycznie biorąc, dawne mosty konstruowane były na mocy pewnych empirycznych danych, przy bu