

17 Lw 42

PODRĘCZNIK INŻYNIERSKI

TOM DRUGI

# PODRĘCZNIK INŻYNIERSKI

W ZAKRESIE INŻYNIERJI  
LĄDOWEJ I WODNEJ

REDAKTOR NACZELNY

PROF. DR. INŻ. STEFAN BRYŁA

★

TOM II

MOSTY — STATYKA BUDOWLI



LWÓW I WARSZAWA 1928

NAKŁADEM KSIĘGARNI POLSKIEJ B. POŁONIECKIEGO

624:625

WYDANO ZE WSPÓŁUDZIAŁEM  
ZWIĄZKU STUDENTÓW INŻYNIERJI  
POLITECHNIKI LWOWSKIEJ



I. 88



nr 3313

~~1945 10. 62.~~

Drukarnia i księg. nakł. Karola Prochaski w Cz. Cieszynie

BZ10PK1012-25

## PRZEDMOWA

Układ podręcznika, ustalony przy rozpatrywaniu pracy redakcyjnej, musiał zostać zmieniony wskutek opóźnienia niektórych rękopisów, co też jest powodem pewnego opóźnienia wydawnictwa wogóle. Wydając tom drugi, dziękuję serdecznie autorom za ich życzliwość w stosunku do wydawnictwa. Za pomoc zaś w pracy około niego dziękuję przedewszystkiem p. inż. dr. Alfonsowi Chmielowcowi, następnie pp. inż. J. Mikule, inż. D. Stróżeckiemu i p. Augustowi Spyrze, kierownikowi biura rysunkowego; — oddzielnie zaś p. B. Połonieckiemu, który z całym poświęceniem wydawnictwo to prowadzi.

Naczelny redaktor

Lwów - Warszawa, luty 1928

## TREŚĆ TOMU DRUGIEGO

### Część piąta:

#### Mosty.

|   |     |
|---|-----|
| Zasady projektowania mostów.<br>Napisał inż. dr. Stefan Bryła, profesor politechniki, Lwów . . . . .  | 751 |
| Mosty drewniane. Napisał inż. dr. Stefan Bryła, profesor politechniki, Lwów . . . . .                 | 775 |
| Mosty tymczasowe. Napisał inż. dr. Stefan Bryła, profesor politechniki, Lwów . . . . .                | 796 |
| Mosty kamienne. Napisał inż. dr. Maksymiljan Thullie, profesor politechniki, Lwów . . . . .           | 806 |
| Przyczółki i filary kamienne. Napisał inż. dr. Maksym. Thullie, profesor politechniki, Lwów . . . . . | 830 |
| Mosty żelbetowe. Napisał inż. dr. Maksymiljan Thullie, profesor politechniki, Lwów . . . . .          | 835 |
| Mosty żelazne. Napisał inż. dr. kom. Andrzej Pszenicki, profesor politechniki, Warszawa . . . . .     | 860 |
| Mosty ruchome. Napisał inż. dr. Stefan Bryła, profesor politechniki, Lwów . . . . .                   | 976 |

|   |     |
|---|-----|
| Montowanie mostów żelaznych.<br>Napisał inż. Aureljusz Chróścielewski, Mińsk Mazowiecki . . . . . | 985 |
|---|-----|

|  |  |
|--|--|
| Wzmacnianie mostów żelaznych. Napisał inż. Aureljusz Chróścielewski, Mińsk Mazowiecki 1003 |  |
|--|--|

### Część szósta:

#### Statyka budowli.

|  |      |
|--|------|
| Mechanika ogólna. Napisał inż. dr. Maksymiljan T. Huber, profesor politechniki, Warszawa . . . . .   | 1009 |
| Sprężystość i wytrzymałość. Napisał inż. dr. Maksymiljan T. Huber, prof. politechniki, Warszawa 1079   |      |
| Statyka budowli. Napisał: inż. dr. Jan Bogucki, profesor politechniki, Lwów; inż. dr. Stefan Bryła, profesor politechniki, Lwów; inż. dr. Stefan Pazirski, Lwów; inż. dr. Maksymiljan Thullie, profesor politechniki, Lwów . . . . . | 1185 |
| Tablice . . . . .  | 1379 |
| Przepisy dotyczące obliczeń statycznych w budownictwie lądowym . . . . .   | 1433 |

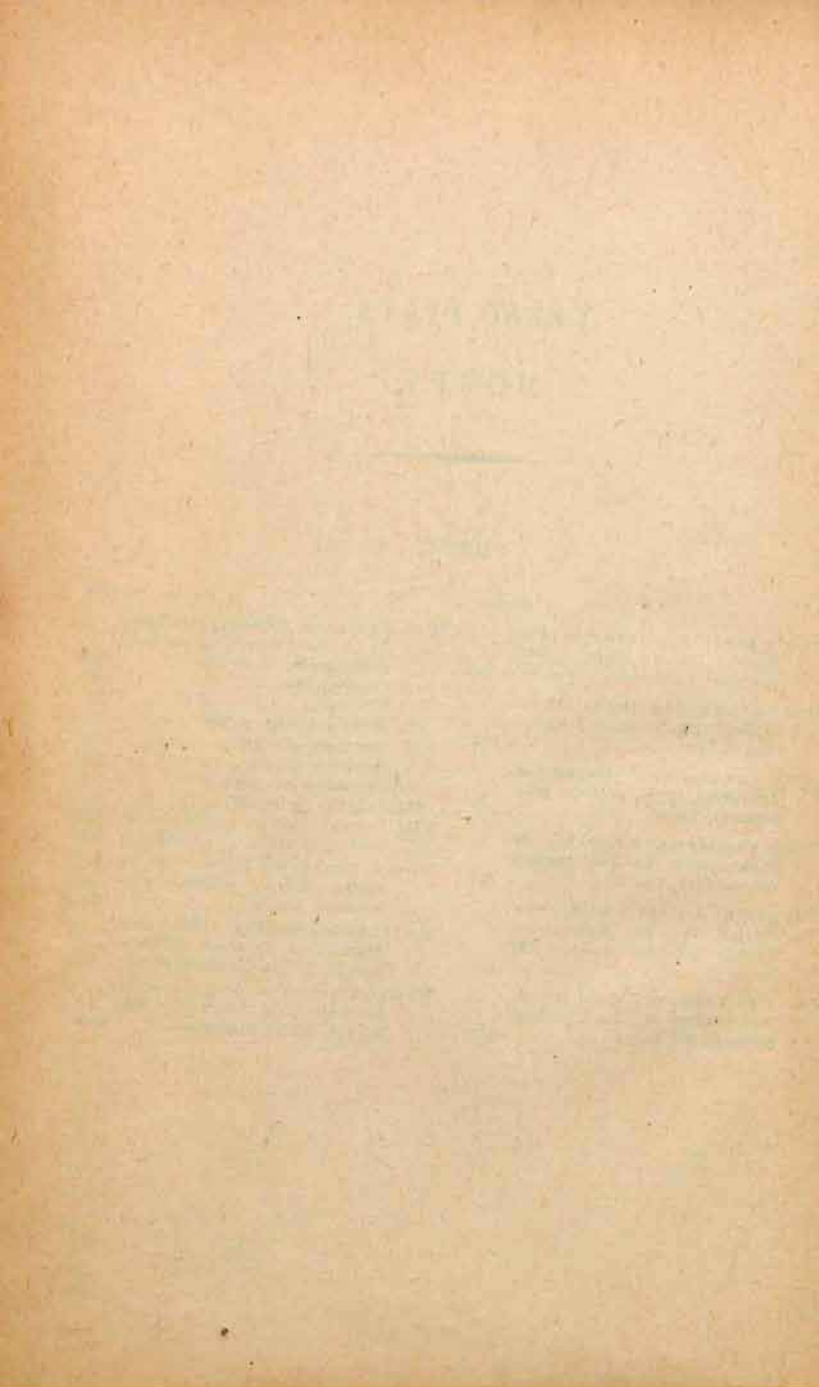


## CZĘŚĆ PIĄTA.

### MOSTY.

#### TREŚĆ.

| Strona   | Strona |
|--|--------|
| Zasady projektowania mostów.<br>Napisał inż. dr. Stefan Bryła,<br>profesor politechniki, Lwów . . . . .            | 751    |
| Mosty drewniane. Napisał inż. dr.<br>Stefan Bryła, profesor politech-<br>niki, Lwów . . . . .                      | 775    |
| Mosty tymczasowe. Napisał inż.<br>dr. Stefan Bryła, profesor poli-<br>techniki, Lwów . . . . .                     | 796    |
| Mosty kamienne. Napisał inż. dr.<br>Maksymiljan Thullie, profesor<br>politechniki, Lwów . . . . .                  | 806    |
| Przyczółki i filary kamienne.<br>Napisał inż. dr. Maksymiljan<br>Thullie, profesor politechniki,<br>Lwów . . . . . | 830    |
| Mosty żelbetowe. Napisał inż. dr.<br>Maksymiljan Thullie, profesor<br>politechniki, Lwów . . . . .                 | 835    |
| Mosty żelazne. Napisał inż. dr. kom.<br>Dr. Andrzej Pszenicki, profesor<br>politechniki, Warszawa . . . . .        | 860    |
| I. Część ogólna . . . . .  | 860    |
| II. Nitowanie . . . . .  | 877    |
| III. Belki o ściance pełnej . . . . .  | 882    |
| IV. Dźwigary główne . . . . .  | 889    |
| V. Przekroje prętów . . . . .  | 907    |
| VI. Projektowanie węzłów . . . . .   | 918    |
| VII. Łożyska (poduszki) . . . . .  | 922    |
| VIII. Tężniki podłużne i poprzeczne . . . . .  | 938    |
| IX. Część przejazdowa i chodniki . . . . .   | 947    |
| Mosty ruchome. Napisał inż. dr.<br>Stefan Bryła, profesor poli-<br>techniki, Lwów . . . . .                        | 976    |
| Montowanie mostów żelaznych.<br>Napisał inż. Aureljusz Chróście-<br>lewski, Mińsk Mazowiecki . . . . .             | 985    |
| Wzmacnianie mostów żelaznych<br>Napisał inż. Aureljusz Chróście-<br>lewski, Mińsk Mazowiecki . . . . .             | 1003   |



# Zasady projektowania mostów.

Napisał

inż. dr. Stefan Bryła,

profesor politechniki, Lwów.

**Podział mostów.** Mosty dzielą się wedle rodzaju drogi komunikacyjnej na: *a*) drogowe (kołowe), — tu należą też mosty dla pieszych, czyli t. zw. kładki, *b*) kolejowe, *c*) kanałowe i *d*) wodociągowe (akwadukty). Mosty drogowe dzieli się w Polsce na trzy klasy, a to: pierwszej klasy na drogach państwowych i na głównych ulicach większych miast, drugiej klasy na drogach wojewódzkich i powiatowych, oraz na ulicach miejskich, nie objętych pierwszą kategorią, wreszcie trzeciej klasy na drogach gminnych poza obrębem miast.

Ze względu na rodzaj konstrukcji na mosty stałe i ruchome.

Wreszcie podział można przeprowadzić ze względu na materiał, użyty na konstrukcję (mosty drewniane, żelazne, kamienne, betonowe, żelbetowe), oraz ze względu na charakter belek głównych (np. mosty łukowe, wspornikowe itd.).

Przepustami nazywamy małe mosty o rozpiętościach do 4 m.

Wiaduktami nazywamy mosty ponad wgłębieniami terenu, a więc zastępujące nasyp; zwykle oplacają się one dla wysokości 16—20 m nad terenem.

Most składa się z konstrukcji (budowy) *a*) spodniej czyli dolnej i *b*) wierzchniej czyli górnej. Do pierwszej należą filary (podpory środkowe) i przyczółki (podpory końcowe). Konstrukcja wierzchnia składa się z belek (dźwigarów) głównych, na których spoczywają poprzecznice (belki poprzeczne) i podłużnice (belki podłużne), podtrzymujące jezdnię i chodniki; belki główne związane są nadto ze sobą t. zw. teźnikami (wiatrownicami) pionowymi i poziomymi.

Most może być o pomoście górą, pomoście dołem i pomoście pośrodku (wgłębionym). Dla mniejszych rozpiętości korzystniejsza jest jazda górą (dobre steżenia poprzeczne, lżejsza konstrukcja pomostu, mniejsze przyczółki i filary); o ile jednak jesteśmy skrepowani zbyt małą wysokością konstrukcyjną, dajemy pomost dołem lub wgłębiony. Dla większych rozpiętości lżejsze są mosty o pomoście dołem.

Wysokością ustrojową mostu nazywamy odległość od najniższego punktu dolnej krawędzi belki mostowej do niwelety mostu, tj. do wierzchu nawierzchni w osi mostu drogowego, względnie do stopy szyny mostu kolejowego.

**Wymiary poprzeczne mostów.** Szerokość mostów drogowych ustala się odpowiednio do rodzaju drogi. Najmniejsze dopuszczalne wymiary wedle przepisów M.R.P. z r. 1925 podane są na fig. 1. Mosty w większych miastach mają szerokości znacznie większe i dostosowane do szerokości ulic. Chodniki należy urządzić zawsze w miastach i osiedlach, lub w ich pobliżu. Najmniejsza ich szerokość 75 cm. Jeżeli nie ma chodników, należy dać krawężniki o szerokości 40 cm.



Małe mosty i przepusty o rozpiętościach do 4 m należy budować o tej samej szerokości, co korona drogi, na której znajduje się most.

Techniki (wiatrownice) górne itp. konstrukcje winny znajdować się nad powierzchnią jezdni co najmniej 4,5 m, zaś nad powierzchnią chodników co najmniej 2,5 m.

Wymiary poprzeczne mostów kolejowych należy dostosować do skrajni, dodając nadto około 20 cm (por. dział: „Koleje”, str. 235, fig. 267). Szerokość w świetle normalnotorowego mostu kolejowego wynosić będzie co-

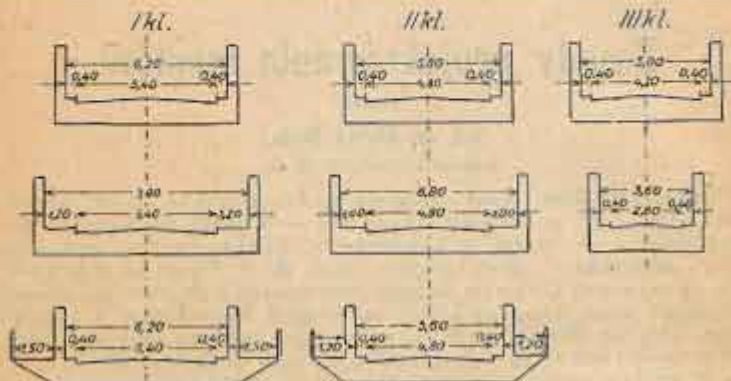


Fig. 1.

najmniej 4,80 m. Jeżeli most jest w łuku, to szerokość jego zwiększa się odpowiednio do strzałki łuku na moście. Por. niżej o rozpiętości przejazdów nad kolejami.

Wzniesienie dolnej krawędzi mostu nad najwyższy stan wody wynosić powinno według przepisów M. R. P. co najmniej . . . . . 0,5 m,  
jeżeli rzeką płynąć mogą pole itd. . . . . 1,0 m,  
na rzekach splawnych przy splawie luzem . . . . . 1,0 m,  
na rzekach splawnych przy splawie wiązonym . . . . . 2,5 m,  
na rzekach żeglownych . . . . . 5,5 m.

Wzniesienie nad kanałami żeglugi por. str. 644. Powyższe normy może M. R. P. zmienić w poszczególnych wypadkach.

Mosty łukowe, których  $f < \frac{1}{6} l$ , zaś  $\alpha < 90^\circ$ , należy zależy tak, aby

najwyższe zwierciadło wody nie sięgało ponad wezglowia. Jeżeli  $f > \frac{1}{6} l$ , zwierciadło najwyższe wody nie powinno sięgać do punktu  $a$  (fig. 2).

Wzniesienie konstrukcji mostu nad torami kolejowymi należy dostosować do skrajni; przy czem przy mostach drewnianych powinno ono wynosić co najmniej 0,5 m nad skrajnią, o ile zastosuje się urządzenia, chroniące drzewo od pożaru, względnie 2,0 m nad skrajnią, o ile tychże nie ma.

Wzniesienie nad drogą kołową: min. 2,50 m nad chodnikami, oraz 4,50 m nad jezdnią; na drogach podrzędnych można ten wymiar zmniejszyć do 3,20 m za zezwoleniem M. R. P.

Wysokość poręczy co najmniej 1,10 m.

Rozpiętości mostów. Łączna rozpiętość mostów nad rzekami zależy od największej ilości przepływającej wody, zwiększenia chyżości pod mo-

stem i dopuszczalnego spiętrzenia. Dla małych mostów oblicza się ilość wody z wzorów empirycznych, dla większych wykonywa się odpowiednie pomiary (por. dział: „Pomiary wodne”).

Przy określonej długości mostu należy rozpiętości poszczególnych przęseł dostosować do warunków miejscowych, do wymiarów największych statków i tratw, jakie mogą kursować w danym miejscu, wreszcie do kosztów. Rozpiętości są tem większe, im większy jest koszt filarów, tj. im trudniejsze fundowanie i im są one wyższe. Przęsła przepływowe są często większe od przęseł inundacyjnych. Przy kilku możliwych ewentualnościach decydują najniższe koszty. Na zakrętach rzek powinny być przęsła większe niż w miejscach normalnych. Rozpięta ościwiaduktów zależą przede wszystkim od kosztów i w konsekwencji od wysokości filarów.

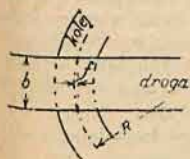


Fig. 3.

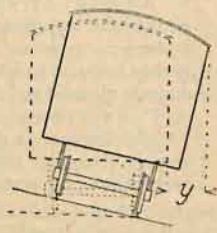


Fig. 4.

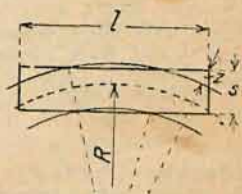


Fig. 5.

Przy niewielkiej ilości przęseł budujemy je zwykle w nieparzystej ilości.

Ze względu na prostotę roboty i ekonomję staramy się o to, aby możliwie wielka ilość przęseł była taka sama; o ile zatem rozpiętości są różne, to zmieniamy je grupami.

Mosty nad kanałami żeglugi powinny obejmować jednym przęsłem całą (niezmniejszoną) szerokość profilu wraz z drogami holowniczymi (por. dział: „Kanały żeglugi”).

Mosty nad ulicami i drogami powinny dostosować się rozpiętością do szerokości drogi. Można jednak ustawić słupy w środku drogi, co zresztą nie jest pożądane, oraz na chodnikach obok krawężnika.

Przejazdy nad kolejami powinny mieć rozpiętość równą szerokości skrajni, zwiększoną o  $\pm 20$  cm. Jeżeli tor kolejowy pod mostem przechodzi w łuku, należy zwiększyć rozpiętość mostu: 1. o strzałkę krzywizny toru  $f = \frac{b^2}{8R}$ , gdzie  $b$  jest szerokością mostu, a  $R$  promieniem krzywizny toru (fig. 3), 2. o poszerzenie toru w łuku (por. dział: „Koleje żelazne”, str. 230), 3. o wielkość  $y$ , powstała wskutek ukośnego położenia skrajni (fig. 4), i 4. o wielkość  $z$ , powstała wskutek odchylenia osi wozu od osi toru (fig. 5); przyjąć można, jeżeli  $s$  jest szerokością wozu,  $l$  długością tegoż:

$$z = \sqrt{\left(R + \frac{s}{2}\right)^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2} - \left(R + \frac{s}{2}\right).$$

Przy przejazdach nad kolejami lub drogami kołowymi można przeprowadzić rowy *a*) pomiędzy przyczółkami (filarami) jako otwarte lub kryte, *b*) poza filarami (pryczółkami), wreszcie nawet *c*) przez przyczółki (rzadko).

Mosty ukośne mają większe rozpiętości i kosztowniejszą konstrukcję od prostych, to też w miarę możliwości staramy się ich unikać.

Niweleta mostu niejednokrotnie dana z góry. Przy mostach drogowych przeważnie pozioma; podniesienie niwelety ku środkowi mostu wy-



chodzi z użycia, chyba, gdy chodzi o uzyskanie większej wysokości konstrukcyjnej (stosunkowo najczęściej przy mostach łukowych); wtedy w środkowej części zaokrągla się spadek łukiem koła lub parabola o długości 2  $l'$  (fig. 6.) Najwyższe spadki por. dział: „Ulice“. Czasem niweleta spada w jedną stronę, gdy wynika to ze spadku całej drogi. Przy mostach kolejowych niweleta stosuje się do spadku linii kolejowej. Załamanie spadku na moście możliwe, ale niemiłe i rzadko używane.

Spadek poprzeczny: dyle 2,5–3‰, droga bita 4–6‰, bruk 2,5–3‰, chodniki 1–2‰; pozatem por. dział: „Ulice“.

**Porównanie mostów z różnych materiałów.** Koszta budowy. Najtańsze są mosty drewniane; żelazne zwykle tańsze od betonowych i żelbetowych, niemniej potrzebne jest porównanie.

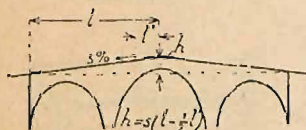


Fig. 6.

Koszta utrzymania mostów drewnianych wynoszą około 2–3‰ kosztów budowy, mostów żelaznych 0,2–0,3‰ tychże, mosty kamienne i betonowe nie wymagają niemal żadnych kosztów utrzymania.

Czas trwania mostów drewnianych 10–20 lat, co do żelaznych brak definitywnych danych, kamiennych i betonowych praktycznie nieograniczony.

**Szybkość budowy:** najszybciej buduje się mosty drewniane, następnie żelazne, potem żelbetowe i betonowe, wreszcie kamienne.

Rozpiętości mostów żelaznych dochodzą do 610 m (projekty do 1000 m i wyżej), żelbetowych do 200 m (projekty do 250 m i wyżej), betonowych i kamiennych prawie do 100 m, drewnianych do 50 m.

**Wysokość konstrukcyjna:** najmniejsza w mostach żelaznych, następnie drewnianych i żelbetowych, wreszcie betonowych i kamiennych.

Mosty ukośne najłatwiej wykonać żelazne (ukos do 20°), najtrudniej kamienne (30° dla mostów odcinkowych, 70° dla półkolistych).

Wstrząśnienia najmniej działają na mosty kamienne, betonowe, wreszcie na żelbetowe i żelazne.

Wpływ dymu i gazów nie szkodzi mostom kamiennym i betonowym, — szkodzi żelaznym i żelbetowym.

Wygląd najbardziej monumentalny mają mosty kamienne i betonowe, dalej żelbetowe, żelazne i drewniane.

Dzisiaj buduje się z drewna mosty, których czas trwania nie ma być długi (mosty tymczasowe, rusztowania), dalej mosty drogowe III. klasy i czasem mosty dla kolei drugorzędnych. Pozatem staramy się budować mosty o charakterze stałym, przeważnie żelbetowe dla mniejszych rozpiętości, żelazne dla rozpiętości większych, oraz tam, gdzie mała wysokość konstrukcyjna lub inne względy nie pozwalają na zastosowanie żelbetu. Wskazane jest budować nawet mosty drewniane na filarach i przyczółkach kamiennych lub betonowych; trwałość mostu znacznie się wtedy zwiększa, gdyż przyczółki i filary drewniane szybko niszczeją.

**Obciążenia mostów.** Na mosty działają następujące obciążenia: a) ciężar stały (belek głównych, poprzecznic, podłużnic itd.), b) ciężar ruchomy czyli zmienny (na mostach drogowych automobile, wozy, walce parowe, ludzie itd., na kolejowych pociągi), c) parcie wiatru, d) parcie ziemi i wody, a nadto e) zmiany temperatury i ewentualnie f) skurcz materiałów.

1. Ciężar stały przyjmuje się wedle wzorów; najważniejsze podane są w odpowiednich działach. Ciężary materiałów konstrukcyjnych poleca M. R. P. przyjmować w następujących wielkościach:

|                          |                       |                            |                       |
|--------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|
| Żelazo zlewne . . . . .  | 7,85 t/m <sup>3</sup> | Mur z cegieł na cemencie   | 1,70 t/m <sup>3</sup> |
| „ spawane . . . . .      | 7,80 „                | Beton stwardniały . . . .  | 2,20 „                |
| Stal . . . . .           | 7,86 „                | „ mokry (w deskowa-        |                       |
| Żeliwo . . . . .         | 7,30 „                | niu) . . . . .             | 2,40 „                |
| Drzewo miękkie mokre . . | 0,90 „                | Żelbet stwardniały . . . . | 2,40 „                |
| „ „ suche . . . . .      | 0,80 „                | „ mokry (w deskowa-        |                       |
| „ twarde mokre . . . .   | 1,00 „                | niu) . . . . .             | 2,60 „                |
| „ „ suche . . . . .      | 0,90 „                | Bruk drewniany . . . . .   | 1,10 „                |
| Mur ciosowy . . . . .    | 2,40—2,60 „           | Piasek . . . . .           | 1,60 „                |
| „ z kamienia łamanego    |                       | Zwir lub tłuczeń na jezdni | 1,90 „                |
| (wapien) . . . . .       | 2,40 „                | Ziemia, glina . . . . .    | 1,80 „                |
| „ z kamienia łamanego    |                       | Bruk kamienny . . . . .    | 2,40—2,80 „           |
| (piaskowiec) . . . . .   | 2,20 „                | Asfalt lany . . . . .      | 1,20 „                |
| „ z cegieł na wapie . .  | 1,60 „                |                            |                       |

2. Ciężar ruchomy. *a)* Mosty drogowe. W poszczególnych państwach istnieją rozmaite rozporządzenia, określające rodzaj i wielkość obciążeń drogowych. Zazwyczaj składają się na nie: walec drogowy, jako obciążenie największe, samochody ciężarowe, czasem wozy dla dróg poprzednich; oraz tłum ludzi, przyjmowany jako ciężar jednostajnie rozłożony. Niektóre rozporządzenia przyjmują nadto obciążenie moździerzem, kolejka polowa itd. W Polsce przepisy M. R. P. z r. 1925 wprowadzają tylko jeden rodzaj obciążenia zasadniczego, ułatwiając tem samem obliczenie mostu w bardzo wybitnym stopniu, tem bardziej, że dla różnych klas i dla różnych szerokości mostu należy pomnożyć je tylko przez odpowiednie współczynniki.

Obciążenie zasadnicze rozmieszczone jest na pasie jezdni o szerokości 2,50 m. Jest nim walec parowy o ciężarze 20 t (oś przednia 8 t, oś tylna 12 t); przed nim i za nim tłum ludzi o ciężarze 500 kg/m<sup>2</sup> dla długości mostu  $l \leq 50$  m, zaś 400 kg dla  $l > 100$  m, gdzie  $l$  oznacza długość przęsła; dla pośrednich długości  $l$  należy interpolować linowo (fig. 7). Na chodnikach należy przyjmować tłum ludzi o tymże ciężarze jednostajnie rozłożonym. Zasadnicze obciążenie (jezdni i chodników) należy pomnożyć przez współczynnik  $\varphi$  (współczynnik klasy mostu), zależny od klasy mostu; wynosi on

|            |      |       |                   |
|------------|------|-------|-------------------|
| dla mostów | I.   | klasy | $\varphi = 1,0$ , |
| „          | II.  | „     | $\varphi = 0,8$ , |
| „          | III. | „     | $\varphi = 0,4$ . |

Aby znaleźć całkowity ciężar, działający na jezdnię mostową, należy pomnożyć tak określone obciążenie przez współczynnik  $\alpha$  (współczynnik szerokości mostu), wynoszący:

$$\alpha = 0,4 b \quad \text{dla jezdni o szerokości } b \leq 5,0 \text{ m,}$$

$$\text{zaś } \alpha = 1 + 0,2 b \quad \text{dla jezdni o szerokości } b > 5,0 \text{ m,}$$

gdzie  $b$  jest szerokością jezdni (fig. 8 a, b, c). Krawężników można nie obciążać.

Z powyższego wynika, że dla szerokości równej lub mniejszej od 5,00 m obciążenie mostu zwiększa się wprost proporcjonalnie do szerokości. Dla szerokości  $b > 5,0$  m obciążenie to wzrasta znacznie wolniej, co uzasadnia się tem, że jest mniejsze prawdopodobieństwo, aby cała jezdnia była obciążona równie silnie.

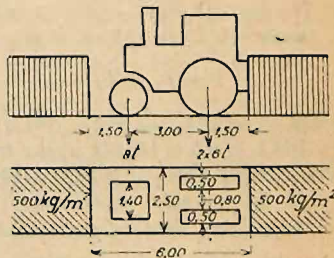


Fig. 7.



Przy obliczeniu mostów o dwu belkach głównych przyjąć należy, że na każdą belkę przenosi się połowa obciążenia, obliczonego w powyższy sposób. Jeżeli most ma większą ilość belek głównych w odstępie mniejszym niż 2,5 m, to współczynnik  $\alpha = 0,4 b$  należy zastosować przy ich obliczeniu, jeżeli ustrój pomostu zapewnia ścisłe współdziałanie belek (np. mostu żelbetowego z silnymi stężeniami poprzecznymi). Przez  $b$  należy rozumieć wtedy odstęp belek głównych (fig. 8 d). Jeżeli ustrój pomostu nie zapewnia ścisłego współdziałania belek, to ciężary, działające na jedną belkę, należy przyjąć odpowiednio do rozkładu ciśnienia na te belki z uwzględnieniem szerokości kół walca i obciążenia każdego z nich. To samo należy zastosować przy obliczaniu pomostu. Pomost należy nadto przeliczyć na ciężar skupiony koła samochodu ciężarowego o wielkości  $P = 4 t$  dla mostów I. klasy,  $3,2 t$  dla II. klasy, zaś  $1,6 t$  dla III. klasy.

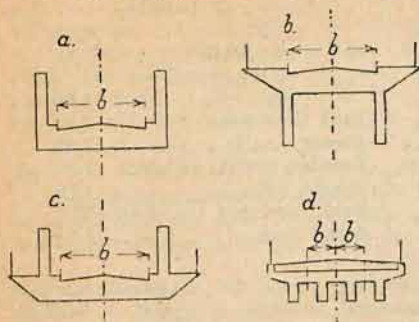


Fig. 8.

Nacisk na poprzecznice  $A$  (fig. 9) z powodu obciążenia pasa jezdni o szerokości 2,5 m wynosi wogóle:

$$P = P_1 + P_2 \frac{\lambda - 2a}{\lambda} + \frac{q(\lambda - 3a)^2}{2\lambda} + \frac{q(\lambda - a)^2}{2\lambda},$$

gdzie  $P_1 = 12 t$ ,  $P_2 = 8 t$ , zaś  $q = 1,24 t/m$ .

Dla  $\lambda < 4,5 m$  odpada wyraz trzeci, dla  $\lambda < 3 m$  także wyraz drugi; dla poprzecznic skrajnej odpada także wyraz ostatni.

Obciążenie całej poprzecznic:  $(P) = \alpha \varphi P$ .

Największy moment poprzecznic, jeżeli oblicza się ją jako belkę wolno podpartą: najw.  $M = \frac{1}{8} (P) b$ .

Przy obliczaniu mostów o rozpiętości  $l > 50 m$  można zamiast ciężarów skupionych kół walca przyjąć ciężar zastępczy, jaki otrzymamy, rozkładając ciężar walca jednostajnie na powierzchnię, zajętą przez walec, tj.  $2,50 \times 6,00 = 15,00 m^2$ . Takież ciężar zastępczy przyjmować można też przy obliczaniu mostów o rozpiętościach między 30 m a 50 m, o ile odpowiednia gałąź linii wpływowej ma długość równą lub większą niż 30 m. Wreszcie tenże sam ciężar zastępczy przyjmuje się przy obliczaniu przyczółków.

Dla poszczególnych mostów wszystkich klas może M.R.P. zarządzić zastosowanie innych obciążeń. Dotyczy to zwłaszcza mostów w większych miastach, gdzie ruch jest większy i cięższy. Można w nich przyjmować albo współczynnik  $\varphi > 1$ , albo też wogóle inne obciążenie, np. szereg wozów tramwajowych jeden za drugim itd.

Przy obliczaniu części ustrojowych chodników należy przyjmować obciążenie tłumem ludzi  $600 kg/m^2$ , zaś ciśnienie poziome na poręcz 80  $kg/m$ .

Przy obliczaniu kładek przyjmuje się tłum ludzi, jak dla II. klasy, tj. 400  $kg/m^2$ .



Bezwzględnie największy moment zgięcia dla belek wolno podpartych otrzymujemy:

a) dla  $l < 3 \text{ m}$  pod cięższą osią walca w środku przęsła (fig. 10 b):

$$\text{najw. } M = \frac{1}{4} Pl;$$

b) od  $l = 3,00 \text{ m}$  do  $l = 5,50 \text{ m}$  pod cięższą osią walca (fig. 10 c):

najw.  $M = Ax$ , przyczem

$$A = \frac{1}{2} q \frac{x^2}{l} - \left[ P + q(l-a) \right] \frac{x}{l} + P + \frac{1}{2} q \frac{(l-a)^2}{l}$$

$$x = \frac{1}{3q} \left\{ 2P + 2q(l-a) - \sqrt{4P^2 + 2q(l-a)P + (l-a)^2 q^2} \right\};$$

c) od  $l = 5,50 \text{ m}$  do  $l = 8,25 \text{ m}$  pod cięższą osią walca (fig. 10 d):

najw.  $M = Ax - \frac{4}{3} aP$ , przyczem

$$A = \frac{1}{2} q \frac{x^2}{l} - \left[ \frac{5}{3} P + q(l-a) \right] \frac{x}{l} + \frac{P}{3} \left( 5 + 4 \frac{a}{l} \right) + \frac{1}{2} q \frac{(l-a)^2}{l}$$

$$x = \frac{1}{3q} \left\{ \frac{10}{3} P + 2q(l-a) - \sqrt{\left( \frac{10}{3} P \right)^2 + \frac{Pq}{3} (10l - 64a) + q^2 (l-a)^2} \right\};$$

d) od  $l = 8,25 \text{ m}$  do  $l = 30 \text{ m}$  pod cięższą osią walca (fig. 10 e):

$$\text{najw. } M = Bz - \frac{1}{2} q(z^2 - a^2),$$

$$\text{gdzie } B = - \left( \frac{5}{3} P - 4aq \right) \frac{z}{l} + \frac{P}{3} \left( 5 - 4 \frac{a}{l} \right) + q \left[ \frac{l}{2} - 4a \left( 1 - \frac{a}{l} \right) \right],$$

$$z = \frac{l}{2} - 4a \frac{P - 3aq}{10P + 3q(l - 8a)};$$

e) dla  $l > 30 \text{ m}$  najw.  $M = \frac{1}{2} G \left( \frac{l}{2} - a \right) + \frac{1}{2} q \left( \frac{l}{2} - 2a \right)^2$ , przyczem

$G$  = ciężar walca drogowego. We wzorach powyższych  $P = 12 \text{ t}$ , zaś  $q = 1,25 \text{ t/m}$  dla  $l \leq 50 \text{ m}$ , zaś  $q = 1 \text{ t/m}$  dla  $l \geq 100 \text{ m}$ . Dla pośrednich wartości należy interpolować linjowo.

W tablicy I. (str. 758/759) zestawione są największe momenty zgięcia, obliczone w odstępach co  $0,1 \text{ l}$ , oraz bezwzględnie największe momenty i ich odstępów od środka belki. Poczynając od  $l = 30 \text{ m}$ , bezwzględnie największy moment występuje w środku belki, gdyż ciężar walca przyjęty jest tam jako ciężar jednostajnie rozłożony.

Największy moment w dowolnym przekroju występuje:

a) dla  $l < 30 \text{ m}$ , gdy cięższa oś walca ( $12 \text{ t}$ ) stanie w danym przekroju;

b) dla  $l \geq 30 \text{ m}$ . Wykres dla najniekorzystniejszego położenia walca podany jest na fig. 11. Prowadzimy  $C''F \parallel A'B'$ , odcinamy  $C''F = 4a = 6 \text{ m}$ ;

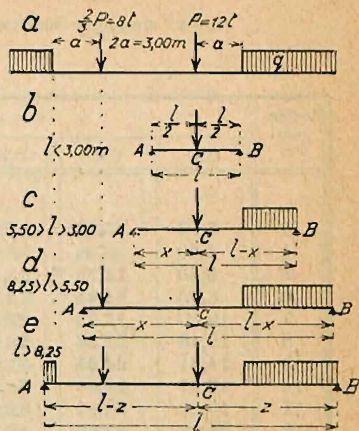


Fig. 10.



Tabli-

Najw. momenty w tonmetrach dla belki wolno podpartej, w prze-  
naw. momenty wskutek obciążenia walcem i tłumem ludzi na

W ostatniej rubryce podane

| Rozpię-<br>tość<br>l m | $\varphi = x : l$ |       |       |       |        | Bez wzgl.<br>najw.<br>M | e cm *) |
|------------------------|-------------------|-------|-------|-------|--------|-------------------------|---------|
|                        | 0,1               | 0,2   | 0,3   | 0,4   | 0,5    |                         |         |
| 3                      | 3,33              | 5,86  | 7,62  | 8,66  | 9,00   | 9,00                    | 0       |
| 4                      | 4,60              | 8,04  | 10,40 | 11,72 | 12,08  | 12,085                  | 5       |
| 5                      | 6,60              | 11,20 | 13,80 | 14,49 | 13,31  | 16,33                   | 11      |
| 6                      | 8,45              | 14,41 | 18,04 | 19,50 | 18,71  | 19,55                   | 51      |
| 7                      | 10,40             | 17,75 | 22,39 | 24,64 | 24,25  | 24,82                   | 45      |
| 8                      | 12,46             | 21,26 | 26,98 | 29,91 | 29,93  | 30,32                   | 38      |
| 9                      | 14,61             | 24,96 | 31,84 | 35,46 | 36,82  | 38,1                    | 35      |
| 10                     | 16,87             | 28,86 | 36,96 | 41,30 | 41,90  | 42,1                    | 34      |
| 11                     | 19,22             | 32,95 | 42,34 | 47,45 | 48,31  | 48,5                    | 32      |
| 12                     | 21,68             | 37,26 | 47,98 | 53,80 | 55,05  | 55,3                    | 31      |
| 13                     | 24,24             | 41,75 | 53,89 | 60,65 | 62,09  | 62,3                    | 30      |
| 14                     | 26,90             | 46,46 | 60,08 | 67,70 | 69,40  | 69,6                    | 29      |
| 15                     | 29,66             | 51,35 | 66,49 | 75,05 | 77,06  | 77,2                    | 28      |
| 16                     | 32,54             | 56,44 | 73,20 | 82,70 | 85,01  | 85,1                    | 28      |
| 17                     | 35,52             | 61,78 | 80,10 | 90,67 | 93,30  | 93,5                    | 27      |
| 18                     | 38,61             | 67,25 | 87,30 | 98,85 | 101,92 | 102,0                   | 26      |
| 19                     | 41,80             | 72,92 | 94,80 | 107,4 | 110,8  | 110,8                   | 26      |
| 20                     | 45,16             | 78,85 | 102,6 | 116,3 | 120,0  | 120,1                   | 25      |
| 21                     | 48,57             | 84,97 | 110,6 | 125,5 | 129,6  | 129,8                   | 24      |
| 22                     | 52,10             | 91,28 | 118,8 | 134,9 | 139,5  | 139,6                   | 24      |
| 23                     | 55,77             | 97,75 | 127,4 | 144,7 | 149,6  | 149,6                   | 23      |
| 24                     | 59,50             | 104,4 | 136,1 | 154,7 | 160,0  | 160,1                   | 22      |
| 25                     | 63,40             | 111,4 | 145,3 | 165,0 | 170,9  | 171,0                   | 22      |
| 26                     | 67,4              | 118,5 | 154,5 | 175,7 | 182,0  | 182,1                   | 21      |
| 27                     | 71,5              | 125,8 | 164,2 | 186,6 | 193,5  | 193,6                   | 21      |
| 28                     | 75,7              | 133,3 | 173,9 | 197,9 | 205,2  | 205,2                   | 21      |
| 29                     | 80,0              | 141,0 | 184,1 | 209,5 | 217,1  | 217,1                   | 21      |
| 30                     | 84,5              | 148,8 | 195,6 | 221,4 | 229,5  | 229,5                   | 21      |
| 31                     | 89,6              | 152,1 | 199,8 | 223,2 | 237,7  |                         |         |
| 32                     | 90,2              | 160,4 | 210,5 | 240,6 | 250,6  |                         |         |
| 33                     | 95,0              | 168,9 | 221,7 | 253,4 | 263,9  |                         |         |
| 34                     | 99,9              | 177,6 | 233,1 | 266,4 | 277,5  |                         |         |
| 35                     | 104,9             | 186,5 | 244,8 | 279,8 | 291,4  |                         |         |
| 36                     | 110,0             | 195,6 | 256,7 | 293,4 | 305,6  |                         |         |
| $\varphi =$            | 0,1               | 0,2   | 0,3   | 0,4   | 0,5    |                         |         |

\*) Odsłup niebezpiecznego przekroju od środka belki.

ca I.

krojach, oddalonych od podpory o  $x = \varphi l$ , tudzież bezwzględnie  
szerokości 2,5 m wedle przepisów M. R. P. z dnia 9 listopada 1925 r.

jest położenie miejsca najw. M.

| Rozpię-<br>tość<br>l m | $\varphi = x : l$ |        |        |        |        |
|------------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|
|                        | 0,1               | 0,2    | 0,3    | 0,4    | 0,5    |
| 37                     | 115,3             | 204,9  | 268,9  | 307,4  | 320,2  |
| 38                     | 120,6             | 214,4  | 281,4  | 321,6  | 335,0  |
| 39                     | 126,1             | 224,1  | 294,1  | 336,2  | 350,2  |
| 40                     | 131,6             | 234,0  | 307,1  | 351,0  | 365,6  |
| 41                     | 137,3             | 244,1  | 320,4  | 366,2  | 381,4  |
| 42                     | 143,1             | 254,4  | 333,9  | 381,6  | 397,5  |
| 43                     | 149,0             | 264,9  | 347,7  | 397,4  | 413,9  |
| 44                     | 155,0             | 275,6  | 361,7  | 413,4  | 430,6  |
| 45                     | 161,2             | 286,5  | 376,0  | 429,8  | 447,7  |
| 46                     | 167,4             | 297,6  | 390,6  | 446,4  | 465,0  |
| 47                     | 173,8             | 308,9  | 405,4  | 463,4  | 482,7  |
| 48                     | 180,2             | 320,4  | 420,6  | 480,6  | 500,6  |
| 49                     | 186,8             | 332,1  | 435,9  | 498,2  | 518,9  |
| 50                     | 193,5             | 344,0  | 451,5  | 516,0  | 537,5  |
| 52                     | 206,3             | 366,7  | 481,3  | 550,1  | 573,0  |
| 54                     | 219,3             | 389,9  | 511,8  | 584,9  | 609,3  |
| 55                     | 225,9             | 401,6  | 527,1  | 602,4  | 627,5  |
| 56                     | 232,6             | 413,6  | 542,9  | 620,4  | 646,3  |
| 58                     | 246,3             | 437,9  | 574,8  | 656,9  | 684,3  |
| 60                     | 260,1             | 462,4  | 606,9  | 693,6  | 722,5  |
| 62                     | 274,1             | 487,4  | 639,7  | 731,0  | 761,5  |
| 64                     | 288,5             | 512,8  | 673,2  | 769,2  | 801,2  |
| 65                     | 293,5             | 521,8  | 684,8  | 782,0  | 815,2  |
| 66                     | 303,0             | 538,6  | 706,8  | 807,8  | 841,5  |
| 68                     | 317,7             | 564,8  | 741,3  | 847,2  | 882,5  |
| 70                     | 332,6             | 591,4  | 776,2  | 887,0  | 924,0  |
| 72                     | 347,7             | 618,1  | 811,2  | 927,1  | 965,7  |
| 74                     | 363,0             | 645,3  | 846,9  | 967,9  | 1008,2 |
| 75                     | 370,6             | 658,9  | 864,8  | 988,3  | 1029,5 |
| 76                     | 378,4             | 672,6  | 882,8  | 1009,0 | 1051,0 |
| 78                     | 393,9             | 700,3  | 919,2  | 1050,5 | 1094,3 |
| 80                     | 409,7             | 728,3  | 955,9  | 1092,5 | 1138,0 |
| 89                     | 449,5             | 799,0  | 1048,7 | 1198,6 | 1248,5 |
| 90                     | 490,0             | 871,0  | 1143,2 | 1306,6 | 1361,0 |
| 100                    | 572,2             | 1017,3 | 1335,2 | 1525,9 | 1589,5 |
| $\varphi =$            | 0,1               | 0,2    | 0,3    | 0,4    | 0,5    |



Tabli-

Największe siły poprzeczne w tonnach dla belki wolno  
o  $x = \varphi l$  wskutek obciążenia walcem i tłumem  
M. R. P. z dnia

| Rozp.<br>$l$<br>m | $\varphi = x : l$ |       |       |       |       |       |      |      |      |      | $l$<br>m |
|-------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|----------|
|                   | 0,0               | 0,1   | 0,2   | 0,3   | 0,4   | 0,5   | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9  |          |
| 3                 | 12,00             | 10,80 | 9,60  | 8,40  | 7,20  | 6,00  | 4,80 | 3,60 | 2,40 | 1,20 | 3        |
| 4                 | 14,00             | 12,00 | 10,00 | "     | "     | "     | "    | "    | "    | "    | 4        |
| 5                 | 15,23             | 13,20 | 11,20 | 9,20  | "     | "     | "    | "    | "    | "    | 5        |
| 6                 | 16,23             | 14,08 | 12,01 | 10,00 | 8,00  | "     | "    | "    | "    | "    | 6        |
| 7                 | 17,13             | 14,86 | 12,68 | 10,58 | 8,57  | 6,57  | "    | "    | "    | "    | 7        |
| 8                 | 17,96             | 15,57 | 13,28 | 11,09 | 9,01  | 7,00  | 5,00 | "    | "    | "    | 8        |
| 9                 | 18,73             | 16,23 | 13,84 | 11,66 | 9,39  | 7,33  | 5,33 | "    | "    | "    | 9        |
| 10                | 19,49             | 16,87 | 14,36 | 11,98 | 9,74  | 7,62  | 5,60 | "    | "    | "    | 10       |
| 11                | 20,22             | 17,47 | 14,87 | 12,39 | 10,07 | 7,88  | 5,82 | 3,82 | "    | "    | 11       |
| 12                | 20,93             | 18,06 | 15,36 | 12,80 | 10,38 | 8,12  | 6,01 | 4,00 | "    | "    | 12       |
| 13                | 21,62             | 18,64 | 15,82 | 13,17 | 10,67 | 8,34  | 6,17 | 4,15 | "    | "    | 13       |
| 14                | 22,32             | 19,22 | 16,29 | 13,54 | 10,97 | 8,57  | 6,34 | 4,29 | "    | "    | 14       |
| 15                | 23,00             | 19,78 | 16,74 | 13,90 | 11,25 | 8,78  | 6,49 | 4,40 | "    | "    | 15       |
| 16                | 23,66             | 20,33 | 17,19 | 14,25 | 11,52 | 8,98  | 6,64 | 4,50 | 2,50 | "    | 16       |
| 17                | 24,34             | 20,87 | 17,63 | 14,60 | 11,79 | 9,18  | 6,78 | 4,60 | 2,59 | "    | 17       |
| 18                | 25,01             | 21,42 | 18,08 | 14,95 | 12,05 | 9,38  | 6,92 | 4,70 | 2,67 | "    | 18       |
| 19                | 25,66             | 21,96 | 18,51 | 15,29 | 12,31 | 9,57  | 7,06 | 4,79 | 2,74 | "    | 19       |
| 20                | 26,31             | 22,50 | 18,94 | 15,62 | 12,56 | 9,75  | 7,19 | 4,87 | 2,80 | "    | 20       |
| 21                | 26,97             | 23,03 | 19,36 | 15,96 | 12,81 | 9,93  | 7,31 | 4,96 | 2,86 | "    | 21       |
| 22                | 27,62             | 23,57 | 19,79 | 16,29 | 13,06 | 10,11 | 7,44 | 5,04 | 2,91 | "    | 22       |
| 23                | 28,27             | 24,09 | 20,21 | 16,62 | 13,30 | 10,29 | 7,56 | 5,12 | 2,96 | "    | 23       |
| 24                | 28,91             | 24,62 | 20,63 | 16,94 | 13,56 | 10,47 | 7,68 | 5,19 | 3,00 | "    | 24       |
| 25                | 29,54             | 25,14 | 21,04 | 17,26 | 13,80 | 10,64 | 7,80 | 5,27 | 3,05 | "    | 25       |
| 26                | 30,18             | 25,66 | 21,45 | 17,58 | 14,04 | 10,82 | 7,92 | 5,34 | 3,09 | "    | 26       |
| 27                | 30,81             | 26,21 | 21,88 | 17,91 | 14,28 | 10,99 | 8,03 | 5,41 | 3,13 | "    | 27       |
| 28                | 31,44             | 26,60 | 22,29 | 18,24 | 14,52 | 11,16 | 8,14 | 5,48 | 3,17 | "    | 28       |
| 29                | 32,09             | 27,25 | 22,71 | 18,55 | 14,75 | 11,33 | 8,26 | 5,55 | 3,21 | "    | 29       |
| 30                | 32,73             | 27,75 | 23,12 | 18,88 | 15,00 | 11,50 | 8,37 | 5,62 | 3,25 | "    | 30       |
| 31                | "                 | 28,27 | 23,54 | 19,19 | 15,24 | 11,67 | 8,49 | 5,70 | 3,29 | 1,23 | 31       |
| 32                | "                 | 28,77 | 23,95 | 19,50 | 15,47 | 11,83 | 8,59 | 5,76 | 3,32 | 1,25 | 32       |
| 33                | "                 | 29,27 | 24,32 | 19,82 | 15,71 | 12,00 | 8,70 | 5,82 | 3,35 | 1,27 | 33       |
| 34                | "                 | "     | 24,79 | 20,14 | 15,94 | 12,17 | 8,81 | 5,89 | 3,39 | 1,29 | 34       |
| 35                | 33,29             | "     | 25,16 | 20,46 | 16,17 | 12,33 | 8,92 | 5,95 | 3,42 | 1,31 | 35       |
| 36                | 33,93             | "     | 25,61 | 20,78 | 16,41 | 12,50 | 9,03 | 6,02 | 3,46 | 1,33 | 36       |
| $\varphi =$       | 0,0               | 0,1   | 0,2   | 0,3   | 0,4   | 0,5   | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9  |          |

ca II.

podpartej w przekrojach oddalonych od lewej podpory  
ludzi na szerokości 2,5 m wedle przepisów  
9 listopada 1925 r.

| Rozp.<br>$l$<br>m | $\varphi = x : l$ |       |       |       |       |       |       |      |      |      | $l$<br>m |
|-------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|----------|
|                   | 0,0               | 0,1   | 0,2   | 0,3   | 0,4   | 0,5   | 0,6   | 0,7  | 0,8  | 0,9  |          |
| 37                | 34,58             | "     | 26,01 | 21,10 | 16,65 | 12,67 | 9,14  | 6,09 | 3,49 | 1,35 | 37       |
| 38                | 35,30             | 29,52 | "     | 21,42 | 16,87 | 12,83 | 9,25  | 6,15 | 3,53 | 1,37 | 38       |
| 39                | 35,81             | 30,02 | "     | 21,73 | 17,11 | 12,99 | 9,36  | 6,21 | 3,56 | 1,38 | 39       |
| 40                | 36,55             | 30,55 | "     | 22,04 | 17,35 | 13,16 | 9,46  | 6,23 | 3,59 | 1,40 | 40       |
| 41                | 37,22             | 31,07 | "     | 22,35 | 17,56 | 13,31 | 9,57  | 6,34 | 3,62 | 1,41 | 41       |
| 42                | 37,57             | 31,67 | "     | 22,68 | 17,80 | 13,49 | 9,69  | 6,41 | 3,66 | 1,43 | 42       |
| 43                | 38,50             | 32,11 | 26,32 | "     | 18,03 | 13,64 | 9,78  | 6,46 | 3,68 | 1,44 | 43       |
| 44                | 39,14             | 32,64 | 26,74 | "     | 18,25 | 13,80 | 9,89  | 6,53 | 3,71 | 1,45 | 44       |
| 45                | 39,66             | 32,97 | 27,17 | "     | 18,52 | 13,97 | 10,01 | 6,59 | 3,75 | 1,47 | 45       |
| 46                | 40,46             | 33,70 | 27,60 | "     | 18,74 | 14,15 | 10,12 | 6,66 | 3,78 | 1,48 | 46       |
| 47                | 41,13             | 34,23 | 28,02 | "     | 18,96 | 14,29 | 10,21 | 6,72 | 3,81 | 1,49 | 47       |
| 48                | 41,76             | 34,75 | 28,44 | "     | 19,19 | 14,45 | 10,31 | 6,78 | 3,84 | 1,50 | 48       |
| 49                | 42,38             | 35,29 | 28,83 | 22,98 | 19,41 | 14,61 | 10,41 | 6,84 | 3,87 | 1,51 | 49       |
| 50                | 43,00             | 35,80 | 29,78 | 23,34 | 19,66 | 14,77 | 10,52 | 6,90 | 3,90 | 1,52 | 50       |
| 52                | 44,00             | 36,70 | 29,95 | 23,85 | "     | 15,05 | 10,65 | 7,01 | 3,96 | 1,54 | 52       |
| 54                | 45,17             | 37,54 | 30,68 | 24,44 | "     | 15,33 | 10,89 | 7,11 | 4,01 | 1,56 | 54       |
| 55                | 45,64             | 37,96 | 31,00 | 24,66 | "     | 15,46 | 10,98 | 7,17 | 4,04 | 1,58 | 55       |
| 56                | 46,13             | 38,38 | 31,33 | 24,94 | "     | 15,58 | 11,05 | 7,22 | 4,06 | 1,59 | 56       |
| 58                | 47,17             | 39,17 | 32,07 | 25,43 | "     | 15,85 | 11,24 | 7,32 | 4,11 | 1,60 | 58       |
| 60                | 48,16             | 40,04 | 32,64 | 25,96 | 20,00 | "     | 11,40 | 7,43 | 4,16 | 1,62 | 60       |
| 62                | 49,03             | 40,88 | 33,23 | 26,43 | 20,37 | "     | 11,57 | 7,52 | 4,21 | 1,64 | 62       |
| 64                | 50,06             | 41,66 | 33,94 | 26,96 | 20,75 | "     | 11,73 | 7,62 | 4,26 | 1,66 | 64       |
| 65                | 50,50             | 41,98 | 34,18 | 27,18 | 20,93 | "     | 11,80 | 7,66 | 4,28 | 1,67 | 65       |
| 66                | 51,04             | 42,29 | 34,49 | 27,40 | 21,09 | "     | 11,89 | 7,71 | 4,31 | 1,68 | 66       |
| 68                | 51,90             | 43,12 | 35,11 | 27,88 | 21,47 | "     | 12,04 | 7,80 | 4,35 | 1,69 | 68       |
| 70                | 52,84             | 43,84 | 36,69 | 28,30 | 21,79 | 18,05 | 12,19 | 7,89 | 4,40 | 1,71 | 70       |
| 72                | 53,74             | 44,54 | 36,28 | 28,76 | 22,14 | 16,30 | 12,34 | 7,98 | 4,44 | 1,72 | 72       |
| 74                | 54,43             | 45,17 | 36,76 | 29,19 | 22,45 | 16,54 | 12,49 | 8,07 | 4,49 | 1,74 | 74       |
| 75                | 54,90             | 45,56 | 37,00 | 29,40 | 22,60 | 16,61 | "     | 8,12 | 4,51 | 1,75 | 75       |
| 76                | 55,39             | 45,86 | 37,36 | 29,61 | 22,73 | 16,76 | "     | 8,16 | 4,53 | 1,76 | 76       |
| 78                | 56,04             | 46,58 | 37,83 | 30,03 | 23,09 | 16,38 | "     | 8,24 | 4,57 | 1,77 | 78       |
| 80                | 56,85             | 47,25 | 38,41 | 30,45 | 23,40 | 17,20 | "     | 8,31 | 4,61 | 1,78 | 80       |
| 85                | 58,69             | 48,69 | 39,59 | 31,39 | 24,09 | 17,73 | "     | 8,51 | 4,71 | 1,82 | 85       |
| 90                | 60,53             | 50,13 | 40,75 | 32,28 | 24,76 | 18,23 | 19,59 | 8,69 | 4,80 | 1,85 | 90       |
| 100               | 63,58             | 52,68 | 42,78 | 33,88 | 25,98 | 19,08 | 13,18 | "    | 4,96 | 1,91 | 100      |
| $\varphi =$       | 0,0               | 0,1   | 0,2   | 0,3   | 0,4   | 0,5   | 0,6   | 0,7  | 0,8  | 0,9  |          |



prowadzimy  $FE'' \parallel C''A'$  aż do przecięcia z  $B'C''$  w punkcie  $E''$ . Walec powinien obciążać długość  $DE$ .

Zastosowanie tablicy II. (str. 760/761) przy obciążeniu pośrednim:

Niech  $\lambda$  = długość badanego pola, zaś  $x$  = odstęp prawej poprzeczniczy od lewej podpory, to  $\xi$  (odległość punktu obojętnego od prawej poprzeczniczy):

$$\xi = \lambda \frac{l-x}{l-\lambda},$$

$$\text{względnie } \xi = \lambda \frac{n-m}{n-1} \dots (a)$$

jeżeli pola są równe:  $l = n\lambda$ ,  $x = m\lambda$ .

Największa siła poprzeczna  $T$  w danym polu  $T = T_x + \Delta T \dots (b)$

gdzie  $T_x$  = najw.  $T$  dla przekroju  $x$ , zaś  $\Delta T$  = siła poprzeczna z powodu obciążenia w obrębie  $\xi$ .  $T_x$  znajdziemy w tablicy sił poprzecznych.

Obliczenie  $\Delta T$ : a)  $l-x+\xi < 30$  m; walec należy przyjmować jako ciężary skupione (fig. 12), wartość  $T_x$  w tablicy II. znajduje się na prawo od linii schodkowej. Na prawej poprzeczniczy stoi oś 12 t.

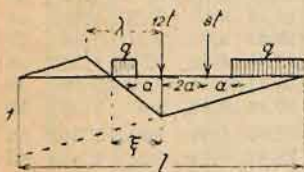


Fig. 12.

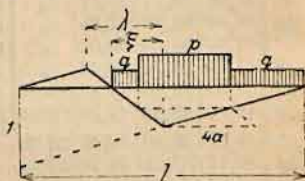


Fig. 13.

Jeżeli  $\xi \leq a = 1,5$  m, to  $\Delta T = 0$ ,  $T = T_x$ .

Jeżeli  $\xi > a$  ( $a = 1,5$  m), to  $\Delta T = \frac{1}{2} q \frac{l-\lambda}{l\lambda} (\xi - a)^2 \dots (c)$

względnie  $\Delta T = \frac{1}{2} q \frac{n-1}{l} (\xi - a)^2$ , jeżeli  $\frac{l}{\lambda} = n$ .

b)  $l-x+\xi \geq 30$  m, walec należy przyjmować jako obciążenie jednostajnie rozłożone  $p = \frac{G}{4a} = \frac{20}{6} t/m$  (fig. 13); wartość  $T_x$  w tablicy II. znajduje się na lewo od linii schodkowej.

$$\Delta T = \frac{1}{2} \lambda \left[ q \frac{(l-x)^2}{l-\lambda} + (p-q) \frac{(4a)^2}{l} \right],$$

względnie, jeżeli  $l = n\lambda$ ,  $x = m\lambda$ ,

$$\Delta T = \frac{1}{2n} \left[ q \frac{n-m}{n-1} (l-x) + (p-q) \frac{(4a)^2}{l} \right].$$

#### Przykłady.

1. Most żelbetonowy III. klasy,  $l = 9$  m, odstęp belek od osi do osi 1,4 m; współczynnik szerokości  $\alpha = 0,4 \cdot 1,4 = 0,56$ . Współczynnik klasy  $\varphi = 0,4$ .

Bezwzględnie najw.  $M = 0,56 \cdot 0,4 \cdot 36,1 = 8,1$  tm; wystąpi wtedy, gdy tylna oś walcu stanie w odległości  $3,9 \cdot \frac{l}{100} = 3,9 \cdot 9 = 35,1$  cm od środka belki.

W przekroju belki w odległości  $x = 0,3$  l od lewej podpory najw.  $M = 0,56 \cdot 0,4 \cdot 81,84 = 7,14$  tm.

Najw. oddziaływanie  $A = 0,56 \cdot 0,4 \cdot 19,49 = 4,36$  t.

2. Most kratowy II. klasy;  $l=28\text{ m}$ ; szerokość jezdni  $b=4,80\text{ m}$ ; szerokość dwóch chodników  $2 \times 1,0=2\text{ m}$ . Odstęp węzłów  $\lambda=\frac{1}{8}l$ . Spółczynnik klasy  $\varphi=0,8$ ; współczynnik szerokości  $\alpha=0,4 \times 4,8=1,92$ .

Najw.  $M$  w środku belki z powodu obciążenia jezdni  $M_j$ :

$$M_j = \alpha \cdot \varphi \cdot 205,2 = 1,92 \cdot 0,8 \cdot 205,2 = 314,6\text{ tm.}$$

Najw.  $M$  z powodu obciążenia chodników  $M_c$ :

$$M_c = \frac{1}{8} g l^2 = \frac{1}{8} \cdot 2 \times 0,5 \times 28^2 = 98,0\text{ tm.}$$

$$\text{Najw. } M_p = M_j + M_c = 412,6\text{ tm.}$$

Na jedną belkę  $M'_p = \frac{1}{2} M_p = 206,3\text{ tm.}$

Moment w węźle odległym o  $x = \frac{2}{8}l = 0,25l$  od lewej podpory  $M_{0,25} = M_j + M_c$ .  $M_j$  znaleźliśmy przez interpolację:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Dla } x=0,2l \dots M'_2 = 133,3\text{ tm} \\ \text{Dla } x=0,3l \dots M''_2 = 178,9\text{ tm} \end{array} \right\} \text{ stąd } M_2 = \frac{M'_2 + M''_2}{2} = 156,6\text{ tm.}$$

$$M_j = \alpha \cdot \varphi \cdot M_2 = 1,92 \cdot 0,8 \cdot 156,6\text{ tm} = 238,0\text{ tm}$$

$$M_c = \frac{1}{2} q x (l-x) = \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 2,0 \cdot 0,25 \cdot (1-0,25) \cdot 28^2 = 73,6\text{ tm}$$

$$\underline{\underline{309,6\text{ tm.}}}$$

Na jedną belkę  $M_{0,25} = \frac{1}{2} 309,6 = 154,8\text{ tm.}$

3. Most kratowy żelazny I. klasy ( $\varphi=1$ );  $l=64,8\text{ m}$ ,  $b=5,4\text{ m}$ ,  $\alpha=1+0,2b=2,08\text{ m}$ . Odstęp belek głównych od osi do osi  $6,65\text{ m}$ . Odstęp węzłów  $\frac{1}{12}l$ .

Znaleźć moment w odległości  $x = \frac{5}{12}l = 0,417l$ .

Moment od obciążenia jezdni:  $M_j = \alpha \varphi M_2$ . Dla znalezienia  $M_2$  interpolujemy podwójnie.

| $x:l$     | $l=$  |       |
|-----------|-------|-------|
|           | 64    | 65    |
| 0,4       | 769,2 | 801,2 |
| 0,5       | 801,2 | 815,2 |
| diff. 0,1 | 32,0  | 14,0  |
| 0,017     | 5,5   | 2,4   |
| 0,417     | 774,7 | 803,6 |

| $l$     | $M_2$ |
|---------|-------|
| 64      | 774,7 |
| 65      | 803,6 |
| diff. 1 | 28,9  |
| 0,8     | 23,1  |

$$64,8 \mid 774,7 + 23,1 = 797,8\text{ tm.}$$

Moment od ciężaru ruchomego jezdni, przypadający na obie belki główne:  $2M = \alpha \varphi M_2 = 2,08 \cdot 1 \cdot 797,8 = 1660\text{ tm.}$

Na jedną belkę:  $M_j = \frac{1}{2} 1660 = 830\text{ tm.}$

4. Odstęp podłużnic mostu jak w przykładzie 3., stężonych płytą żelbetową, odstęp podłużnic  $c=1,8\text{ m}$ ; rozpiętość = odstępowi węzłów belki głównej  $l=5,4\text{ m}$ .

Bez względu na najw.  $M$ : abs.  $M_{\max} = \alpha \varphi M_2 = (0,4 \cdot 1,8) \cdot 1 \cdot M_2 = (0,4 \cdot 1,8) \cdot 2 \cdot 17,02 = 12,24\text{ tm.}$

$M_2 = 17,02$  znajdujemy przez interpolację między  $M_l = 15,33\text{ tm}$  dla  $l=5\text{ m}$ , oraz  $M_l = 19,55\text{ tm}$  dla  $l=6\text{ m}$ .

5. Most, jak w przykładzie 2. Znaleźć najw. siłę poprzeczną w drugim przedziale. Dla  $x = \frac{2}{8}l = 0,25l$  znajdujemy w tablicy II.:  $T_{II} = T_x + \Delta T_x = 18,24 + 0,6(22,29 - 18,24) = 20,27\text{ t.}$

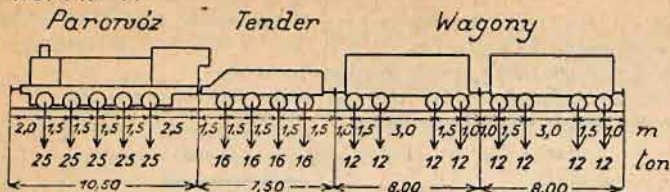
$$\text{Z równania (a): } \xi = \frac{1}{8} \cdot \frac{8-2}{8-1} = 3\text{ m, } \xi - a = 3,0 - 1,5 = 1,5.$$

$$\text{Z równania (c): } \Delta T = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot \frac{7}{28} \cdot 1,5^2 = 3,52\text{ t,}$$

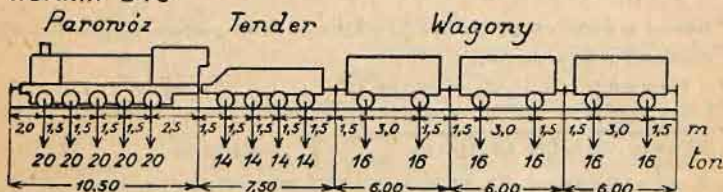
$$T_{II} = T_x + \Delta T = 20,27 + 3,52 = 23,79\text{ t.}$$



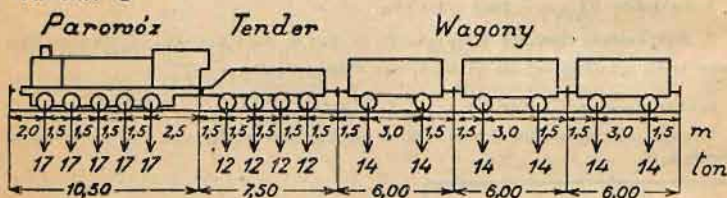
## NORMA A



## NORMA B i C



## NORMA D



Obciążenie jezdni i dźwigarów małych mostów  
do 5 m. rozp.:

## Norma A

## Norma B

1 oś obciążająca



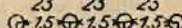
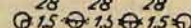
2 osi —"



3 osi —"



4 osi —"



27 27 27 27 ton 22 22 22 22

Dla normy C i D bez powiększania nacisku kół parowozu.

Fig. 14.

Wpływ jezdni:  $T_j = \alpha q T_{II} = 1,92 \cdot 0,8 \cdot 23,79 = 36,4 \text{ t.}$

Wpływ chodników:  $T_c = \frac{1}{2} q \frac{(l-x)^2}{l-l} = \frac{1}{2} q \frac{n-m}{n-1} (l-x) = \frac{1,0}{2} \cdot \frac{6}{7} (28-7) = 9 \text{ t.}$

Zatem najw.  $T$  w przedziale drugim z powodu ciężaru ruchomego  $T_{\max} = T_j + T_c = 45,4 \text{ t.}$  Na jedną belkę przypada  $T_{\max} = \frac{1}{2} 45,4 = 22,7 \text{ t.}$

Tablica III.

Bezwzględnie największe momenty (bez powiększonych ciężarów osi dla mniejszych rozpiętości) w *tm*.

| <i>l</i><br>w <i>m</i> | Norma A  | Norma B i C | <i>l</i><br>w <i>m</i> | Norma A   | Norma B i C |
|------------------------|----------|-------------|------------------------|-----------|-------------|
| 1                      | 6,250    | 5,000       | 26                     | 1039,604  | 836,11      |
| 2                      | 12,500   | 10,000      | 27                     | 1114,035  | 897,32      |
| 3                      | 21,094   | 16,875      | 28                     | 1192,496  | 961,31      |
| 4                      | 37,500   | 30,000      | 29                     | 1270,964  | 1025,30     |
| 5                      | 56,250   | 45,000      | 30                     | 1349,433  | 1089,28     |
| 6                      | 77,344   | 61,875      | 31                     | 1431,6335 | 1155,95     |
| 7                      | 106,250  | 85,00       | 32                     | 1515,753  | 1222,93     |
| 8                      | 137,500  | 110,00      | 33                     | 1602,253  | 1293,92     |
| 9                      | 168,750  | 135,00      | 34                     | 1692,293  | 1367,76     |
| 10                     | 200,000  | 160,00      | 35                     | 1781,273  | 1442,21     |
| 11                     | 231,250  | 185,00      | 36                     | 1874,450  | 1518,71     |
| 12                     | 262,500  | 210,00      | 37                     | 1967,450  | 1598,42     |
| 13                     | 293,750  | 235,00      | 38                     | 2067,815  | 1680,35     |
| 14                     | 328,662  | 262,94      | 39                     | 2169,219  | 1762,22     |
| 15                     | 370,263  | 296,21      | 40                     | 2271,629  | 1844,23     |
| 16                     | 415,149  | 332,12      | 41                     | 2369,616  | 1926,18     |
| 17                     | 464,6605 | 371,70      | 42                     | 2472,4285 | 2009,99     |
| 18                     | 516,3375 | 413,09      | 43                     | 2573,0285 | 2096,00     |
| 19                     | 575,625  | 460,52      | 44                     | 2675,018  | 2181,99     |
| 20                     | 637,500  | 510,00      | 45                     | 2778,518  | 2267,99     |
| 21                     | 699,375  | 559,52      | 46                     | 2882,9225 | 2356,49     |
| 22                     | 762,947  | 610,58      | 47                     | 2989,348  | 2446,49     |
| 23                     | 829,2475 | 663,93      | 48                     | 3095,709  | 2536,48     |
| 24                     | 895,873  | 717,95      | 49                     | 3206,259  | 2626,45     |
| 25                     | 965,007  | 775,74      | 50                     | 3315,759  | 2716,65     |

b) Mosty kolejowe. Obciążeniem jest t. zw. pociąg normalny, składający się z jednego lub dwu parowozów z jaszczykami (tendrami), oraz szeregu wagonów. W Polsce pociągi normalne ustalone są rozporządzeniem Ministerstwa Kolei z dnia 10 marca 1923, Nr. V. 1939/22/23 w następujący sposób:

1. Norma A — pociąg ciężki normalny.

2. Norma B — pociąg lżejszy normalny.

W obu tych normach przyjmuje się dla podłużnic, poprzecznic i belek mostowych do 5 m powiększone ciśnienie osi parowozu (fig. 14).

3. Norma C — jak B, tylko bez zwiększenia ciśnień osi parowozu.

4. Norma D — lekka. W każdym poszczególnym wypadku M. K. wskaże, która norma ma być użyta. Dla mostów drewnianych (prowizorycznych) stosuje się zawsze normę D.

Dla kolei dojazdowych normalno- i wąskotorowych należy przy obliczaniu mostów przyjmować obciążenie ruchome w zależności od taboru, jaki będzie na danej linii.

Dla uzyskania najniekorzystniejszego obciążenia można przyjąć ewent. pociąg rozdzielony na (najwyżej) dwie części, przyczem tendra nie należy odłączać od parowozu. Mosty dwutorowe oblicza się dla najniekorzystniejszego obciążenia obu torów. Rozróżnia się cztery schematy ustawienia pociągu



zależne od umieszczenia parowozów: schemat I.: dwa parowozy z tendrami, jeden za drugim; schemat II.: dwa parowozy z tendrami, kominami do siebie; schemat III.: dwa parowozy, kominami do siebie, pierwszy bez tendra; schemat IV.: dwa parowozy z tendrami, oba tyłem (fig. 15). Największe

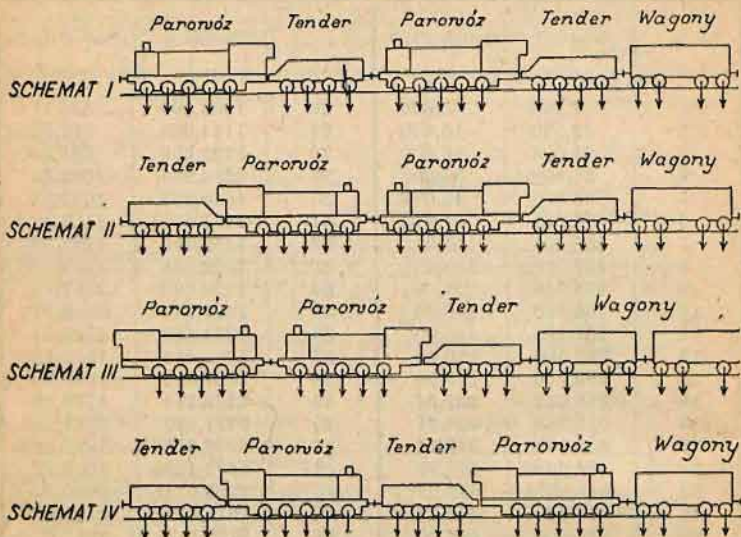


Fig. 15.

oddziaływania dla belek wolno podpartych zazwyczaj daje schemat III.; największe siły poprzeczne schemat I.; największe momenty schemat II.

Tablice pomocnicze do obliczania największych sił poprzecznych i momentów zgięcia dla polskich norm obciążenia mostów kolejowych podane są na str. 765, 767 i nast. (tablice III., IV., V., VI.).

#### Przykład 6.

Most o rozpiętości 40 m. Belka wolno podparta. Norma A.

Oddziaływanie A otrzymujemy, posługując się tablicą IV i schematem III. (fig. 16) ze wzoru:

$$\max A = \frac{M_n}{L} = \frac{M_{21} + \frac{\sum P(L-l)}{1}}{L} = \frac{9525 + 398 \cdot 0,5}{40} = 243,10 \text{ t.}$$

Czyli na jeden dźwigar przy jednotorowym moście:  $\max A = \frac{243,10}{2} = 121,55 \text{ t.}$

Najw. siłę poprzeczną dla przekroju w odległości  $x=10 \text{ m}$  od lewej podpory otrzyma się przy ustawieniu na prześle pociągu według schematu I. (por. fig. 17):

$$\max T_c = \frac{M_n}{L} = \frac{M_{16} + \frac{\sum P a}{1}}{L} = \frac{5503 + 346 \cdot 0,5}{40} = 141,90 \text{ t.}$$

Czyli na jeden dźwigar  $\max T_c^1 = \frac{141,90}{2} = 70,95 \text{ t.}$

Największy moment gnący w środku prześła: Nad tym przekrojem i w pobliżu niego należy ustawić ciężary największe (schemat II.). Oś miarodajną, tj. tę, którą należy ustawić nad przekrojem, ażeby otrzymać największy moment gnący, określamy w sposób następujący: na prześle o rozpiętości  $L=40 \text{ m}$  można ustawić, według tablicy II., oś  $n=21$ ; miarodajną będzie ta oś  $x$ , która czyni sumę nacisków (od pierwszego do  $x$ )

$\sum_1^x P$  większą od połowy sumy wszystkich nacisków  $n$ , znajdujących się na przęśle, czyli  $\sum_1^x P > \frac{1}{2} \sum_1^n P$ .

Ośią najbardziej zbliżoną do rozpatrywanego przekroju, czyniącą zadość powyższemu warunkowi, jest oś 10., ponieważ

$$\sum_1^{x=10} P = 214 t, \text{ jest większa od } \frac{1}{2} \sum_1^{n=21} P = \frac{414}{2} = 207 t.$$

Ustawivszy 10-tą oś nad środkiem belki, widzimy, że oś 21. zesła z przęsła, wobec czego czynność powyższą musimy powtórzyć dla  $n=20$ :

$$\frac{1}{2} \sum_1^{n=20} P = \frac{402}{2} = 201 t; \quad \sum_1^{x=10} P = 214 t.$$

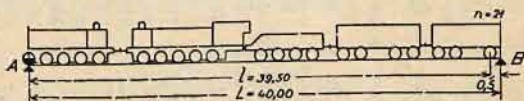


Fig. 16.

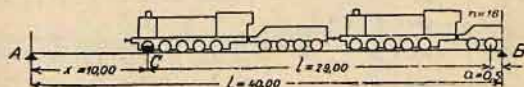


Fig. 17.

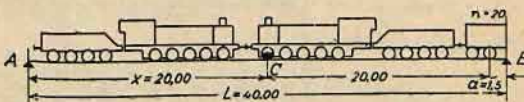


Fig. 18.

Pierwszą ośią, dającą sumę nacisków większą od 201 t, jest oś 10-ta. Rozkład ciężarów por. fig. 18.

Jeżeli powyższe ustawienie pociągu odpowiada największemu momentowi gnącemu, to przy przesunięciu tego układu ciężarów w lewo i w prawo o jakąś małą odległość  $dx$ , musimy otrzymać warunki, wyrażone następującymi dwiema nierównościami:

$$1. \quad \frac{\sum_1^n P}{\frac{1}{x} \sum_1^n P} < \frac{L}{x}, \text{ czyli dla powyższego przykładu:}$$

$$\frac{\sum_1^{20} P}{\frac{1}{10} \sum_1^{20} P} < \frac{40}{20}; \quad \frac{402}{214} = 1,878 < \frac{40}{20} = 2.$$

$$2. \quad \frac{\sum_1^n P}{\frac{1}{x-1} \sum_1^n P} > \frac{L}{x}, \text{ czyli } \frac{\sum_1^{20} P}{\frac{1}{9} \sum_1^{20} P} > \frac{40}{20}; \quad \frac{402}{189} = 2,127 > \frac{40}{20} = 2.$$

Na podstawie powyższego twierdzimy, że taki układ ciężarów daje największy moment gnący dla rozpatrywanego przekroju w punkcie C, który to moment obliczymy ze wzoru:  $\max M_C = Ax - M_x$ , gdzie  $A$  jest oddziaływaniem podpory  $A$ , zaś  $M_x$  sumą momentów gnących względem punktu  $C$ , wszystkich ciężarów, znajdujących się między  $A$  i  $C$ .

Tablica IV.

Norma obciążenia  $nA^u$ .

| n  | Schemat I. |                    |          |  | Schemat II. |                    |          |  | Schemat III. |                    |          |  | Schemat IV. |                    |          |  | n  |
|----|------------|--------------------|----------|--|-------------|--------------------|----------|--|--------------|--------------------|----------|--|-------------|--------------------|----------|--|----|
|    | $l_m$      | $\sum_{i=1}^n P_i$ | $M_{tm}$ |  | $l_m$       | $\sum_{i=1}^n P_i$ | $M_{tm}$ |  | $l_m$        | $\sum_{i=1}^n P_i$ | $M_{tm}$ |  | $l_m$       | $\sum_{i=1}^n P_i$ | $M_{tm}$ |  |    |
| 1  | 0          | 25                 | 0        |  | 0           | 16                 | 0        |  | 0            | 25                 | 0        |  | 0           | 16                 | 0        |  | 1  |
| 2  | 1,5        | 50                 | 37,5     |  | 1,5         | 32                 | 24,0     |  | 1,5          | 50                 | 37,5     |  | 1,5         | 32                 | 24,0     |  | 2  |
| 3  | 3,0        | 75                 | 112,5    |  | 3,0         | 48                 | 72,0     |  | 3,0          | 75                 | 112,5    |  | 3,0         | 48                 | 72,0     |  | 3  |
| 4  | 4,5        | 100                | 225,4    |  | 4,5         | 64                 | 144,0    |  | 4,5          | 100                | 225,0    |  | 4,5         | 64                 | 144,0    |  | 4  |
| 5  | 6,0        | 125                | 375,0    |  | 6,0         | 89                 | 400,0    |  | 6,0          | 125                | 375,0    |  | 6,0         | 89                 | 400,0    |  | 5  |
| 6  | 10,0       | 141                | 875,0    |  | 10,0        | 114                | 533,5    |  | 10,0         | 150                | 875,0    |  | 10,0        | 114                | 533,5    |  | 6  |
| 7  | 11,5       | 157                | 1036,5   |  | 11,5        | 139                | 704,5    |  | 11,5         | 175                | 1100,0   |  | 11,5        | 139                | 704,5    |  | 7  |
| 8  | 13,0       | 173                | 1322,0   |  | 13,0        | 164                | 913,0    |  | 13,0         | 200                | 1362,5   |  | 13,0        | 164                | 913,0    |  | 8  |
| 9  | 14,5       | 189                | 1581,5   |  | 14,5        | 189                | 1159,0   |  | 14,5         | 225                | 1662,5   |  | 14,5        | 189                | 1159,0   |  | 9  |
| 10 | 18,0       | 214                | 2243,0   |  | 18,5        | 214                | 1915,0   |  | 16,0         | 250                | 2000     |  | 18,0        | 205                | 1820,5   |  | 10 |
| 11 | 19,5       | 239                | 2564,0   |  | 20,0        | 239                | 2236,0   |  | 20,0         | 265                | 3000     |  | 19,5        | 221                | 2128,0   |  | 11 |
| 12 | 21,0       | 264                | 2922,5   |  | 21,5        | 264                | 2594,5   |  | 21,5         | 282                | 3399     |  | 21,0        | 237                | 2459,5   |  | 12 |
| 13 | 22,5       | 289                | 3318,5   |  | 23,0        | 289                | 2990,5   |  | 23,0         | 298                | 3822     |  | 22,5        | 253                | 2815,0   |  | 13 |
| 14 | 25,0       | 314                | 3752     |  | 24,5        | 314                | 3424,0   |  | 24,5         | 314                | 4269     |  | 26,5        | 278                | 3827,0   |  | 14 |
| 15 | 28,0       | 330                | 5008     |  | 28,5        | 330                | 4680,0   |  | 27,0         | 325                | 5054     |  | 28,0        | 303                | 4244,0   |  | 15 |
| 16 | 29,5       | 346                | 5503     |  | 30,0        | 346                | 5175,0   |  | 28,5         | 338                | 5543     |  | 29,5        | 328                | 4698,5   |  | 16 |
| 17 | 31,0       | 362                | 6022     |  | 31,5        | 362                | 5694,5   |  | 31,5         | 350                | 6557     |  | 31,0        | 353                | 5190,5   |  | 17 |
| 18 | 32,5       | 378                | 6565     |  | 33,0        | 378                | 6237     |  | 33,0         | 362                | 7082     |  | 32,5        | 378                | 5720     |  | 18 |
| 19 | 35,0       | 390                | 7510     |  | 35,5        | 390                | 7182     |  | 35,0         | 374                | 7806     |  | 35,5        | 390                | 6854     |  | 19 |
| 20 | 36,5       | 402                | 8095     |  | 37,0        | 402                | 7767     |  | 36,5         | 386                | 8367     |  | 37,0        | 402                | 7439     |  | 20 |



|    |       |     |       |       |     |       |       |     |       |       |     |       |    |
|----|-------|-----|-------|-------|-----|-------|-------|-----|-------|-------|-----|-------|----|
| 21 | 39,5  | 414 | 9301  | 40,0  | 414 | 8973  | 39,5  | 398 | 9525  | 40,0  | 414 | 8245  | 21 |
| 22 | 41,0  | 426 | 9922  | 41,5  | 426 | 9594  | 41,0  | 410 | 10122 | 41,5  | 426 | 9265  | 22 |
| 23 | 43,0  | 438 | 10774 | 43,5  | 438 | 10446 | 43,0  | 422 | 10942 | 43,5  | 438 | 10118 | 23 |
| 24 | 45,0  | 450 | 11431 | 45,5  | 450 | 11103 | 44,5  | 434 | 11575 | 45,0  | 450 | 10775 | 24 |
| 25 | 47,5  | 462 | 12781 | 48,0  | 462 | 12453 | 47,5  | 445 | 12777 | 48,0  | 462 | 12125 | 25 |
| 26 | 49,0  | 474 | 13474 | 49,5  | 474 | 13146 | 49,0  | 458 | 13546 | 49,5  | 474 | 12818 | 26 |
| 27 | 51,0  | 486 | 14422 | 51,5  | 486 | 14094 | 51,0  | 470 | 14462 | 51,5  | 486 | 13766 | 27 |
| 28 | 52,5  | 498 | 15151 | 53,0  | 498 | 14823 | 52,5  | 482 | 15167 | 53,0  | 498 | 14495 | 28 |
| 29 | 55,5  | 510 | 16645 | 56,0  | 510 | 16317 | 55,5  | 494 | 16613 | 56,0  | 510 | 15989 | 29 |
| 30 | 57,0  | 522 | 17410 | 57,5  | 522 | 17082 | 57,0  | 506 | 17354 | 57,5  | 522 | 16754 | 30 |
| 31 | 59,0  | 534 | 18454 | 59,5  | 534 | 18126 | 59,0  | 518 | 18366 | 59,5  | 534 | 17798 | 31 |
| 32 | 60,5  | 546 | 19255 | 61,0  | 546 | 18927 | 60,5  | 530 | 19143 | 61,0  | 546 | 18599 | 32 |
| 33 | 63,5  | 558 | 20893 | 64,0  | 558 | 20365 | 63,5  | 542 | 20733 | 64,0  | 558 | 20237 | 33 |
| 34 | 65,0  | 570 | 21750 | 65,5  | 570 | 21402 | 65,0  | 554 | 21546 | 65,5  | 570 | 21074 | 34 |
| 35 | 67,0  | 582 | 22870 | 67,5  | 582 | 22542 | 67,0  | 566 | 22654 | 67,5  | 582 | 22214 | 35 |
| 36 | 68,5  | 594 | 23743 | 69,0  | 594 | 23415 | 68,5  | 578 | 23503 | 69,0  | 594 | 23087 | 36 |
| 37 | 71,5  | 606 | 25525 | 72,0  | 606 | 25197 | 71,5  | 590 | 25237 | 72,0  | 606 | 24869 | 37 |
| 38 | 73,0  | 618 | 26434 | 73,5  | 618 | 26106 | 73,0  | 602 | 26122 | 73,5  | 618 | 25778 | 38 |
| 39 | 75,0  | 630 | 27670 | 75,5  | 630 | 27342 | 75,0  | 614 | 27326 | 75,5  | 630 | 27014 | 39 |
| 40 | 76,5  | 642 | 28615 | 77,0  | 642 | 28287 | 76,5  | 626 | 28247 | 77,0  | 642 | 27959 | 40 |
| 41 | 78,5  | 654 | 30541 | 80,0  | 654 | 30213 | 79,5  | 638 | 30125 | 80,0  | 654 | 29885 | 41 |
| 42 | 81,0  | 666 | 31522 | 81,5  | 666 | 31194 | 81,0  | 650 | 31082 | 81,5  | 666 | 30866 | 42 |
| 43 | 83,0  | 678 | 32854 | 83,5  | 678 | 32526 | 83,0  | 662 | 32382 | 83,5  | 678 | 32198 | 43 |
| 44 | 84,5  | 690 | 33871 | 85,0  | 690 | 33543 | 84,5  | 674 | 33375 | 85,0  | 690 | 33215 | 44 |
| 45 | 87,5  | 702 | 35941 | 88,0  | 702 | 35613 | 87,5  | 686 | 35397 | 88,0  | 702 | 35285 | 45 |
| 46 | 89,0  | 714 | 36994 | 89,5  | 714 | 36665 | 89,0  | 698 | 36426 | 89,5  | 714 | 36338 | 46 |
| 47 | 91,0  | 726 | 38422 | 91,5  | 726 | 38094 | 91,0  | 710 | 37822 | 91,5  | 726 | 37766 | 47 |
| 48 | 92,5  | 738 | 39511 | 93,0  | 738 | 39183 | 92,5  | 722 | 38887 | 93,0  | 738 | 38855 | 48 |
| 49 | 95,5  | 750 | 41725 | 96,0  | 750 | 41397 | 95,5  | 734 | 41053 | 96,0  | 750 | 41069 | 49 |
| 50 | 97,0  | 762 | 42850 | 97,5  | 762 | 42522 | 97,0  | 746 | 42154 | 97,5  | 762 | 42191 | 50 |
| 51 | 99,0  | 774 | 44374 | 99,5  | 774 | 44046 | 99,0  | 758 | 43646 | 99,5  | 774 | 43718 | 51 |
| 52 | 100,5 | 786 | 45535 | 101,0 | 786 | 45207 | 100,5 | 770 | 44783 | 101,0 | 786 | 44879 | 52 |

Tablica V.

Norma obciążenia „B” i „C”.

| n  | Schemat I. |                |          | Schemat II. |                |          | Schemat III. |                |          | Schemat IV. |                |          | n  |
|----|------------|----------------|----------|-------------|----------------|----------|--------------|----------------|----------|-------------|----------------|----------|----|
|    | $l_m$      | $\sum_1^n P_t$ | $M_{tm}$ | $l_m$       | $\sum_1^n P_t$ | $M_{tm}$ | $l_m$        | $\sum_1^n P_t$ | $M_{tm}$ | $l_m$       | $\sum_1^n P_t$ | $M_{tm}$ |    |
| 1  | 0          | 20             | 0        | 0           | 14             | 0        | 0            | 20             | 0        | 0           | 14             | 0        | 1  |
| 2  | 1,5        | 40             | 30       | 1,5         | 28             | 21       | 1,5          | 40             | 30       | 1,5         | 28             | 21       | 2  |
| 3  | 3,0        | 60             | 90       | 3,0         | 42             | 63       | 3,0          | 60             | 90       | 3,0         | 42             | 63       | 3  |
| 4  | 4,5        | 80             | 180      | 4,5         | 56             | 126      | 4,5          | 80             | 180      | 4,5         | 56             | 126      | 4  |
| 5  | 6,0        | 100            | 300      | 6,0         | 76             | 350      | 6,0          | 100            | 300      | 6,0         | 76             | 350      | 5  |
| 6  | 10,0       | 114            | 700      | 10,0        | 96             | 464      | 10,0         | 120            | 700      | 10,0        | 96             | 464      | 6  |
| 7  | 11,5       | 128            | 871      | 11,5        | 116            | 608      | 11,5         | 140            | 880      | 11,5        | 116            | 608      | 7  |
| 8  | 13,0       | 142            | 1063     | 13,0        | 136            | 782      | 13,0         | 160            | 1090     | 13,0        | 136            | 782      | 8  |
| 9  | 14,5       | 156            | 1276     | 14,5        | 156            | 986      | 14,5         | 180            | 1330     | 14,5        | 156            | 986      | 9  |
| 10 | 18,0       | 176            | 1822     | 18,0        | 176            | 1610     | 16,0         | 200            | 1600     | 18,0        | 170            | 1532     | 10 |
| 11 | 19,5       | 196            | 2086     | 20,0        | 196            | 1874     | 20,0         | 214            | 2400     | 19,5        | 184            | 1787     | 11 |
| 12 | 21,0       | 216            | 2380     | 21,5        | 216            | 2168     | 21,5         | 228            | 2721     | 21,0        | 198            | 2063     | 12 |
| 13 | 22,5       | 236            | 2704     | 23,0        | 236            | 2492     | 23,0         | 242            | 3063     | 22,5        | 212            | 2360     | 13 |
| 14 | 24,0       | 256            | 3058     | 24,5        | 256            | 2846     | 24,5         | 256            | 3426     | 26,5        | 232            | 3208     | 14 |
| 15 | 28,0       | 270            | 4082     | 28,5        | 270            | 3870     | 27,5         | 272            | 4194     | 28,0        | 252            | 3556     | 15 |
| 16 | 29,5       | 284            | 4487     | 30,0        | 284            | 4275     | 30,5         | 288            | 5010     | 29,5        | 272            | 3934     | 16 |
| 17 | 31,0       | 298            | 4913     | 31,5        | 298            | 4701     | 33,5         | 304            | 5874     | 31,0        | 292            | 4342     | 17 |
| 18 | 32,5       | 312            | 5360     | 33,0        | 312            | 5148     | 36,5         | 320            | 6786     | 32,5        | 312            | 4780     | 18 |
| 19 | 35,5       | 328            | 6296     | 36,0        | 328            | 6084     | 39,5         | 336            | 7746     | 36,0        | 328            | 5872     | 19 |
| 20 | 38,5       | 344            | 7280     | 39,0        | 344            | 7068     | 42,5         | 352            | 8754     | 39,0        | 344            | 6856     | 20 |
| 21 | 41,5       | 360            | 8312     | 42,0        | 360            | 8100     | 45,5         | 368            | 9810     | 42,0        | 360            | 7888     | 21 |
| 22 | 44,5       | 376            | 9392     | 45,0        | 376            | 9180     | 48,5         | 384            | 10914    | 45,0        | 376            | 8968     | 22 |
| 23 | 47,5       | 392            | 10520    | 48,0        | 392            | 10308    | 51,5         | 400            | 12066    | 48,0        | 392            | 10096    | 23 |
| 24 | 50,5       | 408            | 11696    | 51,0        | 408            | 11484    | 54,5         | 416            | 13266    | 51,0        | 408            | 11272    | 24 |
| 25 | 53,5       | 424            | 12920    | 54,0        | 424            | 12708    | 57,5         | 432            | 14514    | 54,0        | 424            | 12496    | 25 |
| 26 | 56,5       | 440            | 14192    | 57,0        | 440            | 13980    | 60,5         | 448            | 15810    | 57,0        | 440            | 13768    | 26 |
| 27 | 59,5       | 456            | 15512    | 60,0        | 456            | 15300    | 63,5         | 464            | 17154    | 60,0        | 456            | 15088    | 27 |
| 28 | 62,5       | 472            | 16880    | 63,0        | 472            | 16668    | 66,5         | 480            | 18546    | 63,0        | 472            | 16456    | 28 |
| 29 | 65,5       | 488            | 18296    | 66,0        | 488            | 18084    | 69,5         | 496            | 19986    | 66,0        | 488            | 17872    | 29 |
| 30 | 68,5       | 504            | 19760    | 69,0        | 504            | 19548    | 72,5         | 512            | 21474    | 69,0        | 504            | 19336    | 30 |
| 31 | 71,5       | 520            | 21272    | 72,0        | 520            | 21060    | 75,5         | 528            | 23010    | 72,0        | 520            | 20848    | 31 |
| 32 | 74,5       | 536            | 22832    | 75,0        | 536            | 22620    | 78,5         | 544            | 24594    | 75,0        | 536            | 22408    | 32 |
| 33 | 77,5       | 552            | 24440    | 78,0        | 552            | 24228    | 81,5         | 560            | 26226    | 78,0        | 552            | 24016    | 33 |
| 34 | 80,5       | 568            | 26096    | 81,0        | 568            | 25884    | 84,5         | 576            | 27906    | 81,0        | 568            | 25672    | 34 |
| 35 | 83,5       | 584            | 27800    | 84,0        | 584            | 27588    | 87,5         | 592            | 29634    | 84,0        | 584            | 27376    | 35 |
| 36 | 86,5       | 600            | 29552    | 87,0        | 600            | 29340    | 90,5         | 608            | 31410    | 87,0        | 600            | 29128    | 36 |
| 37 | 89,5       | 616            | 31352    | 90,0        | 616            | 31140    | 93,5         | 624            | 33234    | 90,0        | 616            | 30928    | 37 |
| 38 | 92,5       | 632            | 33200    | 93,0        | 632            | 32988    | 96,5         | 640            | 35106    | 93,0        | 632            | 32776    | 38 |
| 39 | 95,5       | 648            | 35096    | 96,0        | 648            | 34884    | 99,5         | 656            | 37026    | 96,0        | 648            | 34672    | 39 |
| 40 | 98,5       | 664            | 37040    | 99,0        | 664            | 36828    | 102,5        | 672            | 38994    | 99,0        | 664            | 36616    | 40 |
| 41 | 101,5      | 680            | 39032    | 102,0       | 680            | 38820    | 105,5        | 688            | 41010    | 102,0       | 680            | 38608    | 41 |



Tablica VI.

Norma obciążenia „D”.

| n  | Schemat I. |                    |            | Schemat II. |                    |            | Schemat III. |                    |            | Schemat IV. |                    |            | n  |
|----|------------|--------------------|------------|-------------|--------------------|------------|--------------|--------------------|------------|-------------|--------------------|------------|----|
|    | $l_m$      | $\sum_{i=1}^n P_i$ | $M_{tm}^n$ | $l_m$       | $\sum_{i=1}^n P_i$ | $M_{tm}^n$ | $l_m$        | $\sum_{i=1}^n P_i$ | $M_{tm}^n$ | $l_m$       | $\sum_{i=1}^n P_i$ | $M_{tm}^n$ |    |
| 1  | 0          | 17                 | 0          | 0           | 12                 | 0          | 0            | 17                 | 0          | 0           | 12                 | 0          | 1  |
| 2  | 1,5        | 34                 | 25,5       | 1,5         | 24                 | 18         | 1,5          | 34                 | 25,5       | 1,5         | 24                 | 18         | 2  |
| 3  | 3,0        | 51                 | 76,5       | 3,0         | 36                 | 54         | 3,0          | 51                 | 76,5       | 3,0         | 36                 | 54         | 3  |
| 4  | 4,5        | 68                 | 153        | 4,5         | 48                 | 108        | 4,5          | 68                 | 153        | 4,5         | 48                 | 108        | 4  |
| 5  | 6,0        | 85                 | 255        | 6,0         | 60                 | 300        | 6,0          | 85                 | 255        | 6,0         | 60                 | 300        | 5  |
| 6  | 10,0       | 97                 | 595        | 10,0        | 82                 | 397,5      | 10,0         | 102                | 595        | 10,0        | 82                 | 397,5      | 6  |
| 7  | 11,5       | 109                | 740,5      | 11,5        | 99                 | 520,5      | 11,5         | 119                | 748        | 11,5        | 99                 | 520,5      | 7  |
| 8  | 13,0       | 121                | 904        | 13,0        | 116                | 669        | 13,0         | 136                | 926,5      | 13,0        | 116                | 669        | 8  |
| 9  | 14,5       | 133                | 1085,5     | 14,5        | 133                | 843        | 14,5         | 153                | 1130,5     | 14,5        | 133                | 843        | 9  |
| 10 | 18,0       | 150                | 1551       | 18,0        | 150                | 1375       | 18,0         | 170                | 1360       | 18,0        | 145                | 1308,5     | 10 |
| 11 | 19,5       | 167                | 1776       | 20,0        | 167                | 1600       | 20,0         | 182                | 2040       | 19,5        | 157                | 1526       | 11 |
| 12 | 21,0       | 184                | 2026,5     | 21,5        | 184                | 1850,5     | 21,5         | 194                | 2313       | 21,0        | 169                | 1761,5     | 12 |
| 13 | 22,5       | 201                | 2302,5     | 23,0        | 201                | 2126,5     | 23,0         | 206                | 2604       | 22,5        | 181                | 2015       | 13 |
| 14 | 24,0       | 218                | 2604       | 24,5        | 218                | 2428       | 24,5         | 218                | 2913       | 26,5        | 198                | 2739       | 14 |
| 15 | 28,0       | 230                | 3476       | 28,5        | 230                | 3300       | 27,5         | 232                | 3567       | 28,0        | 215                | 3036       | 15 |
| 16 | 29,5       | 242                | 3821       | 30,0        | 242                | 3645       | 30,5         | 246                | 4263       | 29,5        | 232                | 3358,5     | 16 |
| 17 | 31,0       | 254                | 4184       | 31,5        | 254                | 4008       | 33,5         | 260                | 5001       | 31,0        | 249                | 3706,5     | 17 |
| 18 | 32,5       | 266                | 4565       | 33,0        | 266                | 4389       | 36,5         | 274                | 5781       | 32,5        | 266                | 4080       | 18 |
| 19 | 35,5       | 280                | 5363       | 36,0        | 280                | 5187       | 39,5         | 288                | 6603       | 36,0        | 280                | 5011       | 19 |
| 20 | 38,5       | 294                | 6203       | 39,0        | 294                | 6027       | 42,5         | 302                | 7467       | 39,0        | 294                | 5851       | 20 |
| 21 | 41,5       | 308                | 7085       | 42,0        | 308                | 6909       | 45,5         | 316                | 8373       | 42,0        | 308                | 6733       | 21 |
| 22 | 44,5       | 322                | 8009       | 45,0        | 322                | 7833       | 48,5         | 330                | 9321       | 45,0        | 322                | 7657       | 22 |
| 23 | 47,5       | 336                | 8975       | 48,0        | 336                | 8799       | 51,5         | 344                | 10311      | 48,0        | 336                | 8623       | 23 |
| 24 | 50,5       | 350                | 9983       | 51,0        | 350                | 9807       | 54,5         | 358                | 11343      | 51,0        | 350                | 9631       | 24 |
| 25 | 53,5       | 364                | 11033      | 54,0        | 364                | 10857      | 57,5         | 372                | 12417      | 54,0        | 364                | 10681      | 25 |
| 26 | 56,5       | 378                | 12125      | 57,0        | 378                | 11949      | 60,5         | 386                | 13533      | 57,0        | 378                | 11773      | 26 |
| 27 | 59,5       | 392                | 13259      | 60,0        | 392                | 13083      | 63,5         | 400                | 14691      | 60,0        | 392                | 12907      | 27 |
| 28 | 62,5       | 406                | 14435      | 63,0        | 406                | 14259      | 66,5         | 414                | 15891      | 63,0        | 406                | 14083      | 28 |
| 29 | 65,5       | 420                | 15653      | 66,0        | 420                | 15477      | 69,5         | 428                | 17133      | 66,0        | 420                | 15301      | 29 |
| 30 | 68,5       | 434                | 16913      | 69,0        | 434                | 16737      | 72,5         | 442                | 18417      | 69,0        | 434                | 16561      | 30 |
| 31 | 71,5       | 448                | 18215      | 72,0        | 448                | 18039      | 75,5         | 456                | 19743      | 72,0        | 448                | 17863      | 31 |
| 32 | 74,5       | 462                | 19559      | 75,0        | 462                | 19383      | 78,5         | 470                | 21111      | 75,0        | 462                | 19207      | 32 |
| 33 | 77,5       | 476                | 20945      | 78,0        | 476                | 20769      | 81,5         | 484                | 22521      | 78,0        | 476                | 20593      | 33 |
| 34 | 80,5       | 490                | 22373      | 81,0        | 490                | 22197      | 84,5         | 498                | 23973      | 81,0        | 490                | 22021      | 34 |
| 35 | 83,5       | 504                | 23843      | 84,0        | 504                | 23667      | 87,5         | 512                | 25467      | 84,0        | 504                | 23491      | 35 |
| 36 | 86,5       | 518                | 25355      | 87,0        | 518                | 25179      | 90,5         | 526                | 27003      | 87,0        | 518                | 25003      | 36 |
| 37 | 89,5       | 532                | 26909      | 90,0        | 532                | 26733      | 93,5         | 540                | 28581      | 90,0        | 532                | 26557      | 37 |
| 38 | 92,5       | 546                | 28505      | 93,0        | 546                | 28329      | 96,5         | 554                | 30201      | 93,0        | 546                | 28153      | 38 |
| 39 | 95,5       | 560                | 30143      | 96,0        | 560                | 29967      | 99,5         | 568                | 31863      | 96,0        | 560                | 29791      | 39 |
| 40 | 98,5       | 574                | 31823      | 99,0        | 574                | 31647      | 102,5        | 582                | 33567      | 99,0        | 574                | 31471      | 40 |
| 41 | 101,5      | 488                | 33545      | 102,0       | 588                | 33369      | 105,5        | 596                | 35313      | 102,0       | 588                | 33193      | 41 |

Posługując się tablicą IV. otrzymamy:  $\max M_c = \left[ \frac{M_{20} + \frac{20}{1} \sum P \cdot a}{L} \right] \cdot x$

$$M_{10} = \left[ \frac{7767 + 402 \cdot 1,5}{40} \right] \cdot 20 - 1915 = 4185 - 1915 = 2270 \text{ tm.}$$

Na jeden dźwigar  $\max M_c = \frac{2270}{2} = 1135 \text{ tm.}$

Największy moment gnący w przekroju, odległym od lewej podpory o  $x = 15 \text{ m}$ , wywoła pociąg, zgrupowany według schematu II. Po zrobieniu kilku prób znajdujemy, że osią miarodajną będzie oś 8., przy ustawieniu której nad przekrojem rozpatrywanym na przeszło wchodzi  $n = 20$  osi (por. fig. 19).

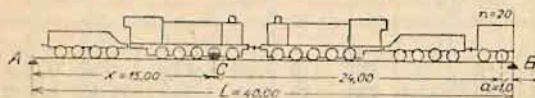


Fig. 19.

Oś 8. czyni zadość warunkom:

$$1. \quad \frac{\frac{n}{\sum P}}{\frac{1}{x}} < \frac{L}{x}, \quad \text{czyli} \quad \frac{\frac{20}{\sum P}}{\frac{1}{8}} = \frac{402}{164} = 2,45 < \frac{40}{15} = 2,67.$$

$$2. \quad \frac{\frac{n}{\sum P}}{\frac{1}{x-1}} > \frac{L}{x}, \quad \text{czyli} \quad \frac{\frac{20}{\sum P}}{\frac{1}{7}} = \frac{402}{139} = 2,89 > \frac{40}{15} = 2,67.$$

Największy moment obliczymy, posługując się tablicą II. ze wzoru:

$$\max M_c = A x - M_x = \left[ \frac{M_{20} + \frac{20}{1} \sum P \cdot a}{L} \right] \cdot x - M_8 = \left[ \frac{7767 + 402 \times 1,5}{40} \right] \cdot 15 - 913 = 2150,375 \text{ tm.}$$

Na jeden dźwigar  $\max M_c^1 = \frac{2150,375}{2} = 1075,1875 \text{ tm.}$

Powyższe tablice mają zastosowanie również przy obliczaniu sił osiowych w prętach kratownic zapomocą linii wpływowych.

Jako przykład rozpatrzmy obliczenie siły osiowej w przekątnej  $D_2$  kratownicy o rozpiętości teoretycznej  $L = 40 \text{ m}$  (fig. 20).

Największą rozciągającą siłę osiową w skosie  $D_2$  otrzymamy przy ustawieniu na dodatniej części linii wpływowej pociągu według schematu I., w ten sposób, że drugie koło parowozu stanie w punkcie C, gdyż w tym wypadku

$$\frac{\frac{n}{\sum P}}{\frac{1}{x}} < \frac{L_1}{x}; \quad \frac{362}{59} = 7,24 < \frac{34,286}{4,286} = 7,9995,$$

$$\frac{\frac{n}{\sum P}}{\frac{1}{x-1}} > \frac{L_1}{x}; \quad \frac{362}{25} = 14,48 > 7,9995$$

Aby otrzymać siłę osiową w skosie  $D_2$  zapomocą linii wpływowej, należałoby każdy nacisk osi  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$  pomnożyć przez odpowiednią rzędną  $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$  linii wpływowej, czyli

$$D_2 = P_1 y_1 + P_2 y_2 + P_3 y_3 + \dots + P_n y_n - P_1 z,$$



ponieważ

$$y_1 = b_1 \operatorname{tg} \alpha, \quad y_2 = b_2 \operatorname{tg} \alpha, \quad \dots \quad y_n = b_n \operatorname{tg} \alpha,$$

$$\begin{aligned} \text{przeto} \quad D_2 &= P_1 b_1 \operatorname{tg} \alpha + P_2 b_2 \operatorname{tg} \alpha + P_3 b_3 \operatorname{tg} \alpha + \dots + P_n b_n \operatorname{tg} \alpha - P_1 z = \\ &= (P_1 b_1 + P_2 b_2 + P_3 b_3 + \dots + P_n b_n) \operatorname{tg} \alpha - P_1 z. \end{aligned}$$

Odcinek  $z = e(\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta) = 1,5(\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta)$ , przyczem  $e = \text{odstęp osi porowozu}$ .

Ostatecznie otrzymamy:

$$\begin{aligned} D_2 &= (P_1 b_1 + P_2 b_2 + P_3 b_3 + \dots + P_n b_n) \operatorname{tg} \alpha - P_1 e(\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta) = \\ &= M_B \cdot \operatorname{tg} \alpha - M_C(\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta). \end{aligned}$$

W równaniu powyższem  $M_B = \text{moment wszystkich ciężarów, ustawionych na prześle względem podpory } B$ ,  $M_C = \text{moment ciężarów, ustawionych przed punktem } C \text{ względem tegoż punktu}$ . Obydwa te momenty otrzymujemy z tablic.

W danym przykładzie:

$$D_2 = (6022 + 362 \cdot 0,5) \operatorname{tg} \alpha - 37,5(\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta) = 6203 \operatorname{tg} \alpha - 37,5(\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta).$$

**Obciążenie chodników.** Przy obliczaniu części ustrojowych chodników, przeznaczonych tylko dla służby kolejowej, należy przyjmować obciążenie tłumem ludzi  $p = 450 \text{ kg/m}^2$ ; obciążenia tego nie uwzględnia się przy obliczaniu innych części mostu. O ile służą one i dla ruchu publicznego, należy przyjmować  $p = 500 \text{ kg/m}^2$ .

Poręcze oblicza się na siłę poziomą  $50 \text{ kg/m b.}$  na wysokości pochwytu poręczy, względnie  $100 \text{ kg/m b.}$ , jeżeli chodniki służą i dla ruchu publicznego.

**Wpływ wstrząśnień.** Ruch ciężarów na moście wywołuje wstrząśnienia, zwiększające naprężenia.

Wpływ ten nie da się zupełnie dokładnie określić. Działają tu bowiem rozliczne wpływy, przedewszystkiem zaś: 1. nierówność pomostu; jest ona większa na mostach drogowych, jednakowoż pojazdy poruszają się tu wolniej; na mostach kolejowych odgrywają główną rolę styki szyn, które wobec znacznej szybkości pociągów wywołują znaczne wstrząśnienia; 2. drgania, powstające wskutek tego, że szybko poruszające się ciężary wywołują w belkach głównych szybko zmieniające się naprężenia; 3. zmiana nacisku pędnych osi lokomotyw. Te i inne wpływy, sumując się, powodują zwiększenie naprężeń, które należałoby uwzględnić przy wszelkiego rodzaju obciążeniach mostowych. Najprościej to zrobić, mnożąc obciążenie przez współczynnik dynamiczny  $\mu > 1$ , lub też zmniejszając odpowiednio naprężenia. W projekcie przepisów żelbetowych z r. 1919 proponowali prof. Huber i Thullie przyjąć dla obciążeń drogowych  $\mu = 1,3$ , dla kolejowych 1,7. W przepisach dotyczących mostów drogowych przyjęto sposób drugi; zmniejszając naprężenia i uzależniając je od rozpiętości. Co do mostów kolejowych, por. dział: „Mosty żelazne“.

**3. Parcie wiatru.** a) Mosty drogowe. Parcie wiatru przyjmuje się jako siłę poziomą jednostajnie rozłożoną o natężeniu  $250 \text{ kg/m}^2$  powierzchni bocznej mostu nieobciążonego, względnie  $100 \text{ kg/m}^2$  mostu obciążonego ciężarem ruchomym, uwzględniając przy obliczeniu przekroju

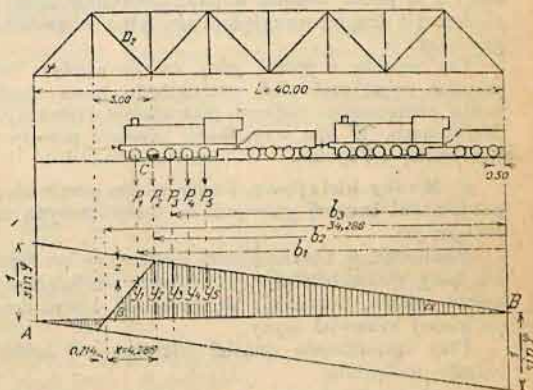


Fig. 20.



i przy badaniu stałości mostu niekorzystniejszy z obu wypadków. Jako powierzchnię boczną, na którą wiatr działa, przyjąć należy:

1. przy moście nieobciążonym; przy dźwigarach pełnościennych (np. blachownicach) rzeczywistą powierzchnię boczną dźwigara głównego i mostu; przy dźwigarach kratowych zaś prócz powierzchni pierwszej kraty, leżącej od strony wiatru, także i część powierzchni drugiej kraty, odpowiadającą stosunkowi niewypełnionej powierzchni pierwszego dźwigara do całkowitej powierzchni tegoż. Jeżeli zatem całkowita powierzchnia dźwigara (fig. 21; pełny prostokąt  $abcd$ ) wynosi  $F$ , zaś część jej narażona na parcie wiatru  $F_w = aF$  (część zakreskowana), to

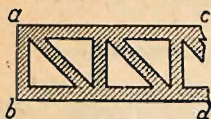


Fig. 21.

z dźwigara drugiego przyjąć należy powierzchnię całkowitą, pomnożoną przez współczynnik  $a(1-a)$ , a więc powierzchnię  $Fa(1-a)$ .

2. Przy moście obciążonym przyjmuje się jako powierzchnię boczną ciężarów ruchomych (wozów i pieszych) pełny postępujący prostokąt o wysokości 2 m ponad jezdnią w najniekorzystniejszym położeniu. Wpływ kraty pierwszej i drugiej uwzględnia się tylko w częściach, sięgających poza ten prostokąt.

Dla mostów o jezdni górą należy zbadać stałość (stateczność) mostu przeciw wywróceniu lub przesunięciu przez nacisk wiatru, a to tak dla mostu obciążonego ciężarem jednostajnie rozłożonym  $300 \text{ kg/m}^2$ , jakoteż nieobciążonego. W obu wypadkach pewność przeciw wywrotowi powinna być co najmniej 1,5-krotna.

b) Mosty kolejowe. Parcie wiatru przyjmuje się w wielkości  $250 \text{ kg/m}^2$  powierzchni bocznej przy moście nieobciążonym, zaś  $150 \text{ kg/m}^2$  przy moście obciążonym.

Powierzchnię boczną mostu, wystawioną na działanie wiatru, określa się jak przy mostach drogowych. Jako powierzchnię pociągu, narażoną na parcie wiatru, przyjmuje się prostokąt o wysokości 3,5 m poruszający się po górnej krawędzi szyny.

Przy sprawdzaniu stałości (stateczności) mostu należy uwzględnić trzy rodzaje obciążenia:

1. Most nieobciążony przy ciśnieniu wiatru  $w = 250 \text{ kg/m}^2$  (zwykle najniekorzystniejszy wypadek na przesunięcie).

2. Most obciążony pociągiem z próżnych wagonów ciężarowych o wadze  $1 \text{ t/m}$  b. pociągu, przy  $w = 150 \text{ kg/m}^2$ .

3. Most obciążony pociągiem z wagonów ciężarowych niezupełnie załadowanych o wadze (załadunkiem)  $2,2 \text{ t/m}$  b. pociągu, przy sile wiatru  $250 \text{ kg/m}^2$  (z reguły najniekorzystniejszy wypadek na wywrócenie).

Jeżeli współczynnik pewności na wywrócenie jest mniejszy niż 1,5, albo współczynnik pewności na przesunięcie mniejszy niż 1,25, to należy dźwigary zakotwić, lub zapewnić stateczność konstrukcji w inny sposób.

4. Siła hamowania działa w osi toru; przyjmować ją należy równą  $\frac{1}{10}$  obciążenia ruchomego (współczynnik tarcia 0,2; jednak przyjmuje się, że hamowana jest tylko połowa osi). Wystarczy je uwzględniać przy mostach w spadku  $> 10\text{‰}$ , oraz przy mostach na stacjach lub w ich pobliżu.

5. Wpływ bocznych wahań i bocznych ciśnień taboru na stężenia poziome, umieszczone między podłużnicami, uwzględnia się jako siły poziome o wielkości 0,05 ciśnienia osi parowozu. Punkty zaczepienia ich przyjmuje się na wysokości górnej krawędzi szyny.

6. Siła odśrodkowa. Przy obliczaniu mostów w łuku uwzględnia się wpływ siły odśrodkowej, którą przyjmujemy w wielkości:

$$C_t = \frac{P \cdot v^2 \left( \frac{1000}{60 \cdot 60} \right)^2}{9,81 \rho} = \frac{P v^2}{127 \rho},$$

gdzie  $v$  = szybkość pociągu w  $km/godz.$ ;  $\rho$  = promień krzywizny w metrach;  $P$  = ciśnienie na oś w tonnach. Punkt zaczepienia siły odśrodkowej przyłącza się w środku ciężkości taboru, na wysokości 2,0 m nad górną krawędzią szyny.

7. Tarcie. Rozporządzenie Ministerstwa Kolei poleca przyjmować następujące współczynniki tarcia w łożyskach metalowych: przy ślizganiu (łożyska przesuwowe) 0,2; przy toczeniu się (łożyska wałkowe) 0,03.

8. Wpływ zmian ciepłoty. Zmiany temperatury przyjmować należy dla mostów żelaznych od  $-35^{\circ}C$  do  $+45^{\circ}C$ , współczynnik rozszerzalności 0,000012 na  $1^{\circ}C$ ,

dla mostów kamiennych  $l > 20 m$  od  $-10^{\circ}C$  do  $+10^{\circ}C$ , współczynnik rozszerzalności 0,000007 na  $1^{\circ}C$ ,

dla mostów betonowych i żelbetowych od  $-15^{\circ}C$  do  $+15^{\circ}C$ , współczynnik rozszerzalności 0,00001 na  $1^{\circ}C$ ,

względnie  $-10^{\circ}C$  do  $+10^{\circ}C$ , o ile każdy wymiar przekroju jest większy od 70 cm, albo jeżeli konstrukcja chroniona jest dostatecznie przez inne materiały.

Innych wpływów przepisy nie przewidują. O ileby należało wprowadzić je w obliczenie, należy to zrobić wedle ogólnie przyjętych norm.

#### LITERATURA.

- Przepisy o budowie i utrzymaniu mostów drogowych. Warszawa 1926.  
 Dziennik urzędowy Ministerstwa Kolei Żelaznych Nr. 11 z d. 17 maja 1923.  
 Thullie: Podręcznik teorii mostów. Cz. 1. Tom I. Lwów 1904.  
 Pazenicki: Kurs budowy mostów. Aut. Warszawa 1925/1926.  
 Bryła: O przekroczeniach większych dróg wodnych. Lwów 1913.  
 Bryła: Największe momenty i siły poprzeczne mostów drogowych. Warszawa 1926.  
 Séjourné: Grandes Voûtes. Bourges. 1913—1916.  
 Arago: Ponts en bois et en métal. Rouen 1911.  
 Waddell: Bridge engineering. N. York 1916.  
 Waddell: Economics of bridgework. N. York 1921.  
 Handbuch der Ingenieurwissenschaften. II. Teil. I. Band.  
 Melan: Der Brückenbau. I. Band. Lipsk i Wiedeń 1923.  
 Schönhofer: Die wirtschaftlich günstigste Anordnung einer Brückenanlage. Berlin 1915.  
 Nikolaj: Mosty.

## Mosty drewniane.

Napisał

inż. dr. Stefan Bryła,

profesor politechniki, Lwów.

**Zalety:** materiał tani i łatwy do uzyskania; łatwość wykonania (bez specjalnych urządzeń i bez kwalifikowanego robotnika); łatwość wymiany i naprawy; szybkość wykonania; mały ciężar własny.

**Wady:** mało wytrzymały materiał, więc niewielkie rozpiętości: dla belkowych do kilkunastu metrów, dla kratowych zw. do 40 m, wyjątkowo więcej; mała odporność na wpływy atmosferyczne, więc krótki czas trwania; duże niebezpieczeństwo pożaru; trudne połączenia na rozciąganie (w belkach kratowych).

Używane zatem: dla większych obciążeń (koleje, drogi I. i II. kl.) zw. jako mosty tymczasowe; — jako stałe zaś dla dróg III. kl. lub tam, gdzie małe środki finansowe (j. np. obecnie w Polsce); przy budowie mostów drewnia-