

Część pierwsza teorii mostów zawierać będzie tylko teorię belek prostych, którą podzielimy w ten sposób, że najprzód będziemy mówić o siłach zewnętrznych, działających na belki, potem o siłach wewnętrznych, a nakoniec o ugięciu belek. Przy wykładzie o siłach zewnętrznych rozróżniamy belki proste jednoprzęsłowe (n. *einfacher Träger*, cz. *nosnik prosty*), spoczywające na dwóch podporach, i belki ciągłe (n. *continuirlicher Träger*, fr. *poutre continue*, a. *continuous beam*, cz. *nosnik spóity*), podparte w więcej niż dwu punktach. Przy belkach ciągłych urządzamy niekiedy przeguby (n. *Gelenk*, fr. *charnière*, a. *joint*, cz. *kloub*) i nazywamy je wtedy belkami ciągłymi przegubowymi (n. *continuirlicher Gelenkträger*), a gdy belki te są wieloboczne belkami wspornikowymi (n. *Consolträger*, a. *cantilever*).

Ponieważ obliczenie przekroju belek blaszanych i drewnianych podaliśmy w statyce budowli, więc będziemy tu mówić tylko o siłach wewnętrznych w belkach kratowych. Z powodu zaś, że do obliczenia sił zewnętrznych bezprzegubowych belek ciągłych potrzebna jest znajomość sił wewnętrznych, mówić będziemy o bezprzegubowych belkach ciągłych w jednym z późniejszych rozdziałów.

Stąd wynika następny podział przedmiotu:

- A. Siły, działające na mosty.
- B. Belka prosta jednoprzęsłowa.
- C. Belka kratowa równoległa.
- D. Belka kratowa wieloboczna.
- E. Belka ciągła bezprzegubowa.
- F. Belki kratowe statycznie niewyznaczalne.
- G. Naprężenia drugorzędne.

Cztery pierwsze działy stanowią tom pierwszy, następne tom drugi.

A. Siły działające na mosty.

I. Siły zewnętrzne.

§. 1. Rodzaje sił zewnętrznych.

Na mosty działają rozmaitego rodzaju siły zewnętrzne, a mianowicie:

1. Ciężar własny, stały (n. *Eigengewicht*, *ruhende Belastung*, fr. *charge permanente*, a. *dead load*, cz. *zatižení stálé*,

г. собственнѣйшій вѣсъ), ciężar belek, pomostu i w ogóle całego ustroju mostu.

2. Ciężar ruchomy, zmienny (n. *veränderliche, rollende Last, Verkehrslast*, fr. *charge roulante, variable, surcharge*, a. *live load, rolling load*, cz. *zatižení hyblivé, dopravné*, h. *carga móvile*) zależny od celu mostu, a więc ciężar parowozów, wozów, tłumu ludzi lub wody.

3. Siły poziome (n. *Horizontalkräfte*), powstające wskutek parcia wiatru, chwiania się parowozów i wozów, wskutek siły odśrodkowej i hamowania.

4. Siły, wywołane zmianą ciepłoty (n. *Temperaturänderungskräfte*).

5. Oddziaływanie podpór (n. *Pfeilerdruck*, f. *réaction des appuis*, a. *supporting force*, r. опорное давление), które się oblicza na podstawie danych ciężarów.

§. 2. Ciężar własny.

Gdy mamy most jaki projektować, ciężar własny jego jest nieznanym, dlatego przy obliczaniu sił zewnętrznych przyjmujemy go w przybliżeniu i na tej podstawie obliczamy wymiary wszystkich części mostu. Mając teraz projekt mostu, możemy dokładnie obliczyć cały ciężar mostu, który z przyjętym porównujemy. Jeżeli ciężar, do obliczenia przyjęty, różni się znacznie od obliczonego, musimy powtórnie obliczyć wymiary belek mostowych na podstawie obliczonego ciężaru. Rozumie się, że wymiary te po części się zmieniają, a więc i ciężar, obliczony na podstawie nowego projektu, będzie się znów różnił od przyjętego. Jeżeli ta różnica jest znaczną, musielibyśmy rachunek jeszcze raz powtórzyć. Widzimy stąd, jak ważnem jest, aby przy pierwszym obliczeniu przyjąć ciężar własny trafnie, gdyż w takim razie oszczędzimy sobie powtarzania obliczeń.

Aby otrzymać potrzebne wzory dla ciężaru stałego, zastanowimy się najprzód, od czego ciężar własny zależy. Otóż ciężar własny jest zależnym od materiału, a mianowicie od naprężenia dopuszczalnego i ciężaru gatunkowego materiału, od ciężaru ruchomego, od rozpiętości i od ustroju mostu. Wzory dokładne musiałby uwzględnić wszystkie te czynniki. Uwzględnienie materiału i ciężaru ruchomego nie sprawiałoby wielkich trudności, ale ustrój mostów jest tak rozmaity, że trzeba by bardzo wiele wzorów ustawiać, aby najrozmaitsze

ustroje mostów uwzględnić. W części ustrojowej budowy mostów podamy takie szczegółowe wzory, tu musimy się ograniczyć na wzory ogólniejsze, które do rozmaitych ustrojów mostów się stosując, nie mogą być zbyt dokładnymi.

Wogóle możemy postępować tu w dwojaki sposób. Licząc w przybliżony sposób, używamy wzorów, które podają odrazu ciężar całego mostu. Licząc dokładniej, obliczamy poszczególne części mostu i tak najprzód pomost, potem obliczamy ciężar pomostu dokładnie i dalej przystępujemy do obliczenia podłużnic, przyczem znamy dokładnie ciężar pomostu, działający na podłużnice i przyjmujemy tylko ciężar podłużnic wedle wzorów. Obliczywszy podłużnice, wykreślamy je i obliczamy dokładnie ich ciężar, co nam posłuży do obliczenia wymiarów poprzecznic, a nareszcie w ten sam sposób i dźwigarów głównych.

Licząc tak, zrobimy przy ciężarze własnym tem mniejszy błąd, im mniejszym jest ciężar dźwigarów głównych w stosunku do ciężaru całkowitego, a zatem mniejszy przy mostach kolejowych, niż drogowych, mniejszy przy małych mostach, niż przy wielkich. Landsberg udowadnia, że jeżeli ciężar pomostu, podłużnic i poprzecznic obliczymy dokładnie, a przyjmując ciężar dźwigarów głównych, zrobimy błąd o 25%, to przez to zmieniają się siły wewnętrzne w pasach:

dla $l=$	10	20	30	40	50	60	70	80 m
o	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	5,7	6,7	7,4%
a w krzyżulcach o	0,8	1,7	2,7	3,5	4,4	5,4	6,0	6,8%

Z tego widzimy, że nawet znaczniejszy błąd w przyjęciu ciężaru własnego dźwigarów głównych dla mniejszych rozpiętości jest bez znaczenia; przy większych rozpiętościach potrzebna jest większa dokładność.

Według Waddela potrzeba drugi raz liczyć, jeżeli ciężar całkowity różni się od przyjętego dla $l < 30 m$ o 8%, dla $l < 60 m$ o 6%, dla $l < 90 m$ o 4%.

Podamy tu najprzód wzory ogólne dla ciężaru całego mostu i to dla żelaznych mostów kolejowych na metr bieżący mostu według rozmaitych autorów, którzy otrzymali je na podstawie ciężarów wykonanych mostów. Wzory te mają kształt funkcji rozpiętości l , od której zależy moment sił zewnętrznych, przyczem przydana jest pewna stała ilość, gdyż ciężar poprzecznic, podłużnic i pomostu na metr bieżący nie jest zależnym od rozpiętości. Jeżeli więc g nazwiemy ciężar

mostu w kg na m . b., l rozpiętość w m , α i β współczynniki, to ogólnie możemy napisać:

$$q = \alpha l + \beta \text{ kg/m} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1)$$

Ponieważ we wzorze tym ustrój mostu nie jest uwzględniony, nie może on więc być dokładnym, a różni autorowie podają rozmaite wartości dla współczynników α i β . I tak Weiss podaje :

dla mostów jednotorowych $g=450+33 \text{ l kg/m}$

dwutorowych $g=1800+11,1 l+0,44 l^2 \text{ kg/m}$

Ott: dla mostów jednotorowych $q=30\text{ t}+800\text{ kg/m}$

dwutorowych $g=57 \text{ l}+900$

Cart i Porthes:

dla mostów jednotorowych $q = 60 \text{ t} + 600 \text{ kg/m}$

dwutorowych $g=110\text{ l}+1100$

Engesser: dla most. jednot. $g=650+24,5l+0,11l^2$

Croisette Desnoyers:

dla mostów jednotorowych $g=51 \sqrt{2500+(l+28)^2}-2420$

$$g = 93 \sqrt{2500 + (l + 28)^2} - 4400$$

Możemy polecić następujące wzory:

dla mostów jednot. kol. główn.	$g = 381 + 850$	kg/m	} 2)
" " dwutor. " "	$g = 0,51^2 + 131 + 1800$	"	
" " jednot. kol. drugorz.	$g = 331 + 800$	"	

dwutor. $g=0,51^2+131+1800$

$$n \quad n \quad \text{jednot. kol. drugorz. } g = 331 + 800 \quad n$$

Landsberg podaje wzory więcej szczegółowe i przyjmuje dla kolei głównych i belek równoległych:

dla $l \geq 40 \text{ m}$ bez żwirówki pomost żwirowany
 $g = 660 + 37 l$ $g = 3240 + 46 l \text{ kg/m}$

$$l \geq 40 \quad g = 660 + 39l \quad g = 3240 + 50l$$

dla belek wielobocznych:

$$\text{dla } l \geq 80 \text{ m} \quad q = 660 + 35l \quad q = 2830 + 41l$$

Dla kolei miejscowych przyjmuje on dalej dla rozpiętości od 10 do 50 m:

pomost góra . . . $g = 292 + 31 \text{ l' kg/m}$

„ wglębiony . $g=462+32 l$ „

Dla kolei o szerokości toru 1 m:

pomost góra . . . $g=305+26 l$,

wgłębiany . $g=425+27 l$

Dla kolei wąskotorowych o szerokości toru 0,75 m otrzymał Lucas:

dla $l < 10 \text{ m}$ $g = 50 + 29 l \text{ kg/m.}$

Dla l od 10 do 30 m:

$$g = 390 + \left(18 + \frac{3}{8}l\right)l \quad \text{pomost wgłębiony bez żwirówki} \quad \text{żwirowany} \quad \text{pomost górą}$$

$$1390 + (20 + 0,4l)l \quad 250 + (18,7 + 0,5l)l \text{ kg/m.}$$

Dirksen podaje następujące wzory dla mostów kratowych kolei głównych.

Dla pomostu górą bez żwirowania:

$$\text{odstęp belek } 2,5 \text{ m} \quad g = 1580 + 27l \text{ kg/m}$$

$$\text{" " } 3,5 \text{ " } \quad g = 1670 + 27l \text{ "}$$

Dla pomostu dołem: $l = 20 - 40 \text{ m}$ $40 - 80 \text{ m}$

$$\text{odstęp belek } 4,8 \text{ m} \quad g = 1820 + 27l \quad 1960 + 27l \text{ kg/m}$$

$$\text{" " } 4,9 \text{ " } \quad g = 1845 + 27l \quad 1985 + 27l \text{ "}$$

$$\text{" " } 5,0 \text{ " } \quad g = 1890 + 27l \quad 2030 + 27l \text{ "}$$

Dla pomostu dołem żwirowanego o szer. 3,3 m

$$\text{żwirówka } 36 \text{ cm} \quad g = 3580 + 62l \text{ kg/m}$$

$$\text{" } 23 \text{ " } \quad g = 2530 + 57l \text{ "}$$

Paton przyjmuje dla pomostu górą:

Tabl. I.

$l = 2,67$	3,85	5,0	6,9	9,1	11,5	14,9	18,6	19,5	22,8 m
$g = 765$	859	885	965	1023	1148	1161	1221	1689	1661 kg/m
$l = 26,6$	27,0	33,1	55,3	65,4	87,5 m				
$g = 1764$	1720	1932	3121	4552	4290 kg/m				

dla pomostu dołem:

Tabl. II.

$l = 13,6$	17,9	22,4	22,8	33,1	44,5	55,1	66,1	78 m
$g = 2106$	2104	2151	1957	2440	2875	3097	3392	3698 kg/m
$l = 98$	109,2	126,8 m						
$g = 4388$	4678	4993 kg/m						

Velflik przyjmuje dla obciążenia pociągiem austriackim dla pomostu górą:

$$l = 3 \text{ do } 12 \text{ m} \quad g = 1140 + 22l \text{ kg/m}$$

$$g = 12 \text{ " } 22 \text{ " } \quad g = 934 + 41l \text{ "}$$

dla pomostu wgłębionego:

$$l = 7 \text{ do } 22 \text{ m} \quad g = 1168 + 40l \text{ "}$$

dla pomostu dołem:

$$l = 8 \text{ do } 22 \text{ m} \quad g = 1370 + 45l$$

dla dwojaków:

$$l = 3 \text{ do } 7 \text{ m} \quad g = 1066 + 49l$$

dla pomostu żwirowanego:

$$\text{dla } l=10 \text{ do } 24 \text{ m } \frac{h}{t} = \frac{1}{15} \quad g=4080+50 \text{ l}$$

$$\frac{h}{t} = \frac{1}{10} \quad g=3600+50 \text{ l}$$

$$\text{dla } l=24 \text{ do } 30 \text{ m } \frac{h}{t} = \frac{1}{15} \quad g=3332+82 \text{ l}$$

$$\frac{h}{t} = \frac{1}{10} \quad g=2450+100 \text{ l}$$

Ciężar belek głównych g_b dla mostów jednotorowych kolei głównych podaje Velflik:

dla pomostu górą:

$$l=3 \text{ do } 10 \text{ m} \quad g_b=198+31.6 \text{ l kg/m}$$

$$l=10 \text{ „ } 22 \text{ „} \quad g_b=70+44.6 \text{ l „}$$

dla pomostu wgłębnionego:

$$l=7 \text{ do } 17 \text{ m} \quad g_b=147+38.5 \text{ l „}$$

$$l=17 \text{ „ } 22 \text{ „} \quad g_b=591+12.8 \text{ l „}$$

dla pomostu dołem:

$$l=8 \text{ do } 15 \text{ m} \quad g_b=165+33 \text{ l „}$$

$$l=15 \text{ „ } 22 \text{ „} \quad g_b=69+48.6 \text{ l „}$$

dla dwojaków:

$$l=3 \text{ do } 7 \text{ m} \quad g_b=246+77 \text{ l „}$$

dla pomostu żwirowanego:

$$l=10 \text{ do } 24 \text{ m } \frac{h}{t} = \frac{1}{15} \quad g_b=720+32.6 \text{ l}$$

$$\frac{h}{t} = \frac{1}{10} \quad g_b=556+32.6 \text{ l}$$

Dirksen przyjmuje:

dla mostów blaszanych:

$$g_b=270+44 \text{ l kg/m}$$

„ „ kratowych:

$$l=20 \text{ do } 40 \text{ m} \quad g_b=540+27 \text{ l kg/m}$$

$$l=40 \text{ do } 60 \text{ „} \quad g_b=680+27 \text{ l „}$$

dla pomostu żwirowanego:

$$g_b=270+49 \text{ l}$$

Dla żelaznych mostów drogowych ciężar jest także zależny od szerokości mostu. Tu więc liczymy ciężar stały na 1 m^2 pomostu.

Możemy przyjąć przy użyciu na pomost podwójnej dyliny dla mostów od $l=10$ do $l=100 \text{ m}$, według Engesera dla pomostu drewnianego (dylina 100 kg/m^2):

$$\begin{aligned}
 & \text{ciężar chodn. zewn.} \\
 & \text{dla dróg kl. II. } g=215+2,31+0,021^2, \quad g'=60+2,31 \text{ kg/m}^2 \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} g=215+2,31+0,021^2 \\ g'=60+2,31 \end{matrix}} \right\} \cdot 3) \\
 & \quad \text{" " " I. } g=295+2,71+0,0211^2, \quad g'=80+2,71 \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} g=295+2,71+0,0211^2 \\ g'=80+2,71 \end{matrix}} \right\} \\
 & \quad \text{dla pomostu żwirowanego (żwir 480 kg/m}^2\text{)} \\
 & \text{dla dróg kl. II. } g=590+2,81+0,0251^2, \quad g'=60+2,31 \text{ kg/m}^2 \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} g=590+2,81+0,0251^2 \\ g'=60+2,31 \end{matrix}} \right\} \cdot 4) \\
 & \quad \text{" " " I. } g=730+3,21+0,0281^2, \quad g'=80+2,71 \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} g=730+3,21+0,0281^2 \\ g'=80+2,71 \end{matrix}} \right\} \\
 & \quad \text{dla pomostu brukowanego (bruk 700 kg/m}^2\text{)} \\
 & \quad g=960+3,71+0,0291^2, \quad g'=80+2,71 \quad \cdot \cdot \cdot 5)
 \end{aligned}$$

Przy małych mostach bez poprzecznic i podłużnic możemy przyjąć w równ. 3) zamiast 215 tylko 125, zamiast 295 tylko 170, w równ. 4) zamiast 590 tylko 380, a zamiast 730 tylko 500, nareście w równ. 5) zamiast 960 tylko 700.

Jako ciężar belek głównych możemy przyjąć wedle Landsberga na m^2 pomostu

			belki	
			równol.	wielobocz.
Mosty na drogach II. kl.	pomost drew.		3,45 l	3,12 l
" " "	II. " żwirówka na			
	pom. żelazn.	5,5 l	5,0 l	
" " "	I. " żwirówka na			
	pom. żelazn.	6,1 l	5,5 l	
" " "	I. " bruk. kam. na			
	pom. żelazn.	6,77 l	6,1 l	
Chodniki (belki główne na m^2 chodn.)		3,84 l	3,45 l	

Wzory te są bardzo niedokładne. Daleko lepiej jest obliczać osobno ciężar g_1 pomostu, pokładu i tężników, a wtedy:

$$g_b = \frac{n(g_1 + p)}{100} \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot 6)$$

jeżeli p oznacza ciężar ruchomy w kg/m^2 .

Wedle Velflika należy przyjąć n wedle następnjej tabl.

Tabl. III.

dla napręż. dop. $\tau =$	800	900	1000 kg/cm^2
dla $l=15-30$	8,5+0,30 l	9,8+0,20 l	8,5+8,20 l
$l=30-60$	4,0+0,45 l	4,4+0,38 l	4,6+0,33 l
$l=60-80$	19+0,20 l	14,6+0,21 l	12,4+0,20 l
$l=80-100$	-1+0,45 l	-4,6+0,45 l	-6,0+0,43 l

Dla mostów drewnianych przyjmuje Tschertou następane wartości dla ciężaru całkowitego *):

*) Dokładniejsze wzory podane są w „Mostach drewn.", cz. I. i II.

dla mostów tymczasowych

" 4 osiowych parowozów	$g=70 l+400 \text{ kg/m}$
" 3 " "	$g=60 l+400 "$
" kolei $s=1,0 \text{ m}$	$g=45 l+300 "$
" " $s=0,75 \text{ m}$	$g=40 l+300 "$
" stałych mostów kolejowych	$g=80 l+580 "$

Dla mostów drogowych możemy przyjąć na 1 m^2 pomostu:

dylowanego o gr. 15 cm	$g=9 l+250 \text{ kg/m}^2$	} . 7)
źwirowanego " 15 "	$g=22 l+450 "$	
" " 26 "	$g=28 l+600 "$	

Jeżeli chodzi o dokładniejsze wyznaczenie ciężaru mostu, to, jak już wspomnieliśmy, zaczynamy od obliczenia podkładów lub dyliny i wyznaczamy ich ciężar; na tej podstawie znowu obliczamy bezpośrednio dźwigające części mostu, podłużnice, poprzecznicę i tak kolejno postępujemy, aż nareszcie obliczamy belki główne.

Poniżej podajemy ciężar własny poprzecznic i podłużnic:

1. Mosty kolejowe.

a) Podłużnice. Niechaj g_2 oznacza ciężar jednej podłużnicy na m bieżący toru w kg , a (rys. 1) odstęp poprzecznic w m , to mamy g_2 dla:

	kształtówki		b. blaszane
	$a=1-3$	$3-4$	
kolei głównych	$11,5+24,5 a$	$50+45 a$	$35+32,5 a$
" drugorzęd.	$11,5+20,5 a$	$35+36 a$	$31+29 a$
kolei głównych,			$a=1-3 \quad 3-4$
pom. żwirowany	$8+21 a$	$-152+76 a$	$29+26 a -49+52 a$

b) Poprzecznicę. Niechaj G będzie ciężar jednej poprzecznicę blaszanej, b długość poprzecznicę, to możemy przyjąć:

koleje główne: 1. most jednotorowy

α) pomost dołem $G=(230+60 a)(b-1,75)-47,5 \text{ kg}$

β) " wgłębiony $G=(180+60 a)(b-1,64)+35 "$

2. m. dwutorowy $G=(360+79 a)(b-3,87)+23 "$

Mosty żwirowane

jednotorowe pom. dołem $G=(210+73,6 a)(b-1,8) "$

dla kolei drugorzędnych $G'=0,894 G$.

Landsberg podaje następne przeciętne ciężary pokładu mostu kolejowego g_4 na m bieżący toru w kg , jeżeli a oznacza odstęp poprzecznic dla kolei głównych.

Tabl. IV.

M o s t	Ciężar		
	po- przecznic	podłużnic	pokładu (popręczn. i podłużnic)
	kg		
jednotorowy, pomost u góry $b \doteq 3,0 m$	$24 + \frac{240}{a}$	$32 + \frac{32}{a}$	$56 + \frac{272}{a}$
" " u dołu $b \doteq 4,5 m$	$45 + \frac{450}{a}$	$32 + \frac{32}{a}$	$77 + \frac{482}{a}$
" " u góry $b \doteq 5,5 m$	$32 + \frac{325}{a}$	$32 + \frac{32}{a}$	$64 + \frac{357}{a}$
" " u dołu $b \doteq 8,0 m$	$66 + \frac{668}{a}$	$32 + \frac{32}{a}$	$98 + \frac{700}{a}$

Dla kolei polskich możemy przyjąć dla kolei głównych g_4 ciężar pokładu.

Tabl. IV a.

	podłużnice	
	walcow.	blaszane
k. jednotor.	$-79 + 143 b$	$-4 + 136 b$
k. dwutor	$336 + 142 b$	$336 + 142 b$
żwir. jednot.	$-105 + 162 b$	$-105 + 126 b$

Dla kolei drugorzędnych możemy przyjąć: $g'_4 = 0.89 g_4$.

Melan podaje następujące wartości dla g_4 w kg/m :

Tabl. V.

	koleje główne		drugorz.	
	3	3,5	3,3	3,5
k. jednot. pom. górą odst. belek	300	420	250	300
" " dołem " "	4,8	5	4,8	5,0
	580	630	420	470
dwutor. " górą " "	5,4	8,0	8,5	—
	900	1400	1500	—
pomost żwirowany:				
	górą		pomost dołem	
k. jednotor. odst. belek	3	3,5	4,8	5
	620	700	850	880

2. Mosty drogowe:

a) Podłużnice. Niechaj g_1 będzie ciężar w kg na $1 m$ b. jednej podłużnicy, a odstęp poprzecznic, c odstęp podłużnic w m , to możemy przyjąć następujące wartości dla g_1 :

Tabl. VI.

Mosty dla	pomost	c	kształtówki	b. blaszane
			w kg i m	
drogi I. kl.	dyl.	< 0,8	$12 + (5 + 15,6 c) a$	$45,5 \sqrt{(0,48 + 1,5 c) a}$
	żwir.	"	$12 + (5,5 + 17,4 c) a$	$51,7 \sqrt{(0,48 + 1,5 c) a}$
	dyl.	0,8—3 m	$12 + (12 + 6,3 c) a$	$45,5 \sqrt{(1,16 + 0,61 c) a}$
	żwir.	"	$12 + (18,4 + 7,1 c) a$	$51,7 \sqrt{(1,16 + 0,61 c) a}$
drogi II. kl.	dyl.	< 1 m	$12 + (47 + 10,4 c) a$	$45,5 \sqrt{(0,45 + c) a}$
	żwir.	"	$12 + (52 + 11,6 c) a$	$51,7 \sqrt{(0,45 + c) a}$
	dyl.	> 1 m	$12 + (11,2 + 5,2 c) a$	$45,5 \sqrt{(1,07 + 0,5 c) a}$
	żwir.	"	$12 + (12,4 + 5,8 c) a$	$51,7 \sqrt{(1,07 + 0,5 c) a}$
drogi III. kl.	dyl.	< 1,5 m	$12 + (6 + 0,52 c) a$	$45,5 \sqrt{(0,58 + 0,05 c) a}$
	żwir.	"	$12 + (6,7 + 0,58 c) a$	$51,7 \sqrt{(0,58 + 0,05 c) a}$
	dyl.	> 1,5 m	$12 + (1,77 + 3,6 c) a$	$45,5 \sqrt{(0,17 + 0,35 c) a}$
	żwir.	"	$12 + (1,97 + 4 c) a$	$51,7 \sqrt{(0,17 + 0,35 c) a}$
pieszych	dyl.	—	$12 + 0,65 c a^2$	$45,5 a \sqrt{0,063 c}$
	żwir.	—	$12 + 0,73 c a^2$	$51,7 a \sqrt{0,063 c}$

b) Poprzecznice. Niechaj G będzie ciężar jednej poprzecznic, b szerokość mostu, a odstęp poprzecznic w m , to możemy przyjąć dla poprzecznic blaszanych:

Tabl. VII.

		G ciężar jednej poprzecznicy kg
Mosty dla pieszych		$[6,57 + 0,37 c + (4,21 - 0,7 c) a] b^2$
" " drogi III. kl. pom. dylow.		$[16,16 - 1,47 c + (2,90 - 0,2 c) a] b^2$
" " " " " " " " " " " "		$[16,67 - 1,58 c + (2,94 - 0,3 c) a] b^2$
" " " II. " " " " " "		$[24,52 - 2,3 c + (1,70 - 0,17 c) a] b^2$
" " " " " " " " " " " "		$[24,84 - 2,37 c + (2,42 - 0,2 c) a] b^2$
" " " I. " " " " " "		$[26 - 2,47 c + (1,53 - 0,13 c) a] b^2$
" " " " " " " " " " " "		$[25,67 - 2,1 c + (2,43 - 0,3 c) a] b^2$

Ciężar tężników pionowych i poziomych wynosi wedle Melana w kg/m :

Tabl. VIII.

odstęp	P o m o s t					
	góra			dołem		
dźwigarów 1,8—2	3	3,5	4,8—5	8	9	
$g_s =$	60+2,5 l	100+2,5 l	120+2,5 l	80+2,5 l	150+3 l	200+3 l

§. 3. Ciężar ruchomy mostów drogowych.

Obciążenie mostów drogowych może być tłumem ludzi, wozami i wółkiem konnym lub parowym, kolejką drogową, samochodami. W Austrii, Anglii i Niemczech przyjmowano dawniej obciążenie tłumem ludzi (n. *Menschengedränge*, a. *crowd of people*, cz. *tlačénice lidí*, r. *толпа людей*) na 1 sążeń kw. 25 do 30 centnarów, czyli 390 do 467 kg/m^2 , w Bawarii 360 kg/m^2 . W Ameryce przyjmują od 220 do 441 kg/m^2 , dla większych mostów mniej, mianowicie w miastach dla rozpiętości 91 m 260 kg/m^2 , dla $l=15$ m 441 kg/m^2 , dla pośrednich rozpiętości wartości pośrednie, na wsi 220 do 397 kg/m^2 . We Francji przyjmują 400 kg/m^2 , w Szwajcarji 500 kg/m^2 , w Rosji 441 kg/m^2 . W Austrii przyjmowano wedle ważności drogi dla mostów na drodze: I. klasy (w miastach) 460 kg/m^2 , II. klasy (gościńce) 400 kg/m^2 , III. klasy (drogi gminne) 340 kg/m^2 .

Dla mostów dla pieszych przyjąć należy jedną z tych wartości 340 do 460 kg/m^2 wedle tego, czy most ten znajduje się na wsi, w pobliżu zakładów przemysłowych lub też w większym mieście.

Poszczególne części mostu mogą być więcej obciążone n. p. dyle pomostu, bo na jednym dylu może stać więcej ludzi, zaś na sąsiednich dylach nikt, więc dlatego liczyć będziemy obciążenie dylów pomostu na 1 m. b. 175 kg . Według rozporządzenia ministerstwa saskiego, bawarskiego i rosyjskiego liczyć należy części chodników dla ciężaru 560 kg/m^2 .

Prof. Johnson robił doświadczenia¹⁾ co do wielkości obciążenia tłumem ludzi i otrzymał następujące wyniki: Na 6 m^2 umieścił on 67 osób, które ważyły przeciętnie po 68,7 kg , obciążenie wynosiło 767 kg/m^2 . Gdy na tym pomoście o 6 m^2 było 33 osób (378 kg/m^2), to tłok nie był większym, niż zwykle na chodnikach większych miast. Gdy było 41 osób (469 kg/m^2) chodzenie było już utrudnionem, gdy było 50 osób (584 kg/m^2), przy chodzeniu trzeba było sobie siłą torować drogę. Przy 67 osobach już się ruszać nie było można, tylko stać i to nie bardzo wygodnie.

Na małej powierzchni tłum bywa nieraz bardzo gęsty; jeżeli chodzi o wielką przestrzeń, o most o większej rozpiętości, nie można przypuścić, aby cała ta powierzchnia była

¹⁾ P. Eng. News. 1904 Nr. 16.

obsadzoną równie zbitym tłumem. Dlatego Kayser¹⁾ wnosi zmniejszenie ciężaru tłumy ludzi p w kg/m^2 wedle następującej tabliczki.

Tabl. IX.

Długość obciążone <i>m</i>	klasa I.	II.	III.
0 do 50	500	450	400
50 " 100	450	400	350
100 " 200	400	350	300
200 " 300	350	300	275
300 " 400	325	275	250
400 " 500	300	250	250
500 " 750	275	225	200
750 " 1000	250	200	200

Dla obliczenia obciążenia wozami, samochodami, wałkiem lub kolejką drogową potrzebne nam są ich ciężary i wymiary.

Rozporz. ministerstwa polskiego rob. publ. z dnia 4. III. 1920 nakazuje przyjmować: dla mostów I. klasy na drogach głównych i na drogach drugorzędnych w takich miejscowościach, w których silnie jest rozwinięty ruch kołowy, obciążenie:

1. szeregiem wozów typu, przedstawionego na rys. 5, obok siebie grupami po 3 wozy w odstępach $D=15\text{ m}$ i tłum ludzi na częściach jezdni, niezajętych wozami i na chodnikach. O ile niekorzystniejszy wpływ wywierają wpływ grupy wozów w odstępach większych niż 15 m , należy D odpowiednio zwiększyć.

2. Jednym wozem motorowym z doczepionym wozem ciężarowym według rys. 6, ustawionym najniekorzystniej w kierunku jazdy. Obok jeden szereg wozów typu 1 i tłum ludzi na częściach jezdni, niezajętych wozami i na chodnikach.

3. Jednym wałkiem drogowym według rys. 7 najniekorzystniej w kierunku jazdy ustawionym. Obok jeden szereg wozów typu 1 i tłum ludzi na częściach jezdni, niezajętych wozami, i na chodnikach.

4. Pociągiem kolejki wążkotorowej według rys. 8, złożonym z parowozu i 45 wozów doczepionych. Obok jeden szereg wozów typu 1 i tłum ludzi na częściach jezdni, niezajętych wozami, i na chodnikach.

5. Tłumem ludzi na całej szerokości jezdni i na chodnikach, przyczem przyjąć należy dla rozpiętości $l \geq 50\text{ m}$, $p=500\text{ kg/m}^2$, dla rozpiętości $l \leq 100\text{ m}$, $p=400\text{ kg/m}^2$. Dla rozpiętości $50 < l < 100$ należy wyznaczyć p wstawiając wedle linii prostej.

Ciężary ruchome typu 2 i 4 należy uważać za ciężary wyjątkowe, dla których przyjmować można natężenie o 20% większe.

¹⁾ P. Zent. d. Baurew. 1916, str. 418.

Dla mostów II. klasy na drogach drugorzędnych i główniejszych ulicach miejscowości o ruchu niewielkim należy przyjmować następujące obciążenie:

1. Szeregi wozów typu, przedstawionego na rys. 9, obok siebie grupami po 3 wozy w odstępach $D=17\text{ m}$ i tłum ludzi na częściach jezdni niezajętych, wozami i na chodnikach. O ile grupy wozów w odstępach większych, niż 17 m , wywierają wpływ niekorzystniejszy, należy D odpowiednio zwiększyć.

2. Jeden wałek drogowy typu 7 (rys. 10) najniekorzystniej w kierunku jazdy ustawiony. Obok jeden szereg wozów typu 6 i tłum ludzi na częściach jezdni, niezajętych wozami, i na chodnikach.

3. Pociąg kolejki wąskotorowej według typu 8 (rys. 11), złożony z lokomotywy i 10 wozów doczepionych. Obok jeden szereg wozów typu 6 i tłum ludzi na częściach jezdni, niezajętych wozami, i na chodnikach.

4. Tłum ludzi na całej szerokości jezdni i na chodnikach dla rozpiętości do $l=50\text{ m}$ 450 kg/m^2 , dla rozpiętości od $l=100\text{ m}$ 350 kg/m^2 ; dla pośrednich rozpiętości należy interpolować.

Dla mostów III. klasy na drogach podrzędnego znaczenia o lekkim i słabym ruchu kołowym przyjmować należy:

1. Jeden wóz motorowy z jednym wozem doczepionym według typu 10 (rys. 12). Obok jeden szereg wozów z zaprzęgiem typu 11 (rys. 13) i tłum ludu 350 kg/m^2 w częściach jezdni, niezajętych wozami.

2. Szereg wozów z zaprzęgiem typu 11 obok siebie i tłum ludzi 350 kg/m^2 na częściach jezdni niezajętych wozami.

3. Tłum ludzi na całej szerokości jezdni 350 kg/m^2 .

Przy obliczaniu mostów betonowych, żelbetowych i kamiennych należy obciążenie typów 1, 3, 6, 7, 8, 10 i 11 powiększyć o 40%. Szerokość obręczy wozów typu 1, 6 i 10 należy przyjmować 20 cm , zaś wozów typu 11 6 cm .

Przy obliczaniu części ustrojowych chodników mostów dla ruchu kołowego należy przyjmować obciążenie tłumem ludzi 600 kg/m^2 . Przy obliczaniu kładek przyjmuje się tłum ludzi o wielkości, co najmniej 500 kg/m^2 .

Rozp. polsk. min. rob. publ. z 9/II. 1921 zarządza;

1. Za drogi pierwszorzędne uważać należy drogi państwowe, oraz główne ulice miast wyłączonych z powiatów.

2. Za drogi drugorzędne drogi wojewódzkie i powiatowe oraz ulice miejskie za wyłączeniem wymienionych w par. 1.

3. Za drogi trzeciorzędne — drogi gminne po za obrębem miast.

4. Kolejowe dojazdy należy dostosować do kategorii tych dróg, które dojazd łączy ze stacją kolejową.

W poszczególnych wypadkach może Min. Rob. Publ. na wniosek odnośnej Dyr. Okr. Rob. Publ. zarządzić zbudowanie mostu klasy innej, niż wynika z powyższego podziału.

W Austrii przyjmowano dla dróg I. klasy (w większych miastach lub miejscowościach fabrycznych) wóz 12-tonowy,

dla dróg II. klasy (na gościńcach) wóz 8-tonowy, dla dróg III. klasy (gminnych) wóz 3-tonowy.

W Rosji dla dróg I. klasy przyjmuje się wóz ważący 8,2 t, II. klasy 4,9 t, w Bawarii dla I. i II. kl. 8 t, dla III. kl. 4 t. W innych krajach przyjmują ciężary znacznie większe, i tak w Szwajcarii I. kl. 22 t, II. kl. 12 t, III. kl. 6 t, w Alzacji I. i II. kl. 3 wozy 20 t, III. 20 t, w Gdańsku, Berlinie, Lipsku 20 t, we Francji 16 t. Do obliczenia mostu Fr. Józefa na Dunaju w Wiedniu przyjęto wóz ważący 28 t, w Frankfurcie 35 t. We Francji przyjmują wózki jednoosiowe 6-tonowe, ciągnięte dwiema parami koni i dwuosiove 16-tonowe 4 parami koni.

Jeżeli po umieszczeniu wozów zostanie jeszcze wolne miejsce, to przyjmujemy dla reszty mostu i dla chodników obciążenie tłumem ludzi.

Z tych dwóch rodzajów obciążenia tłumem ludzi lub wozów należy w każdym poszczególnym wypadku i dla każdej poszczególniej części mostu uwzględnić obciążenie niekorzystniejsze.

Gdzie można przypuścić obciążenie wałkiem konnym lub parowym, należy tę okoliczność przy obliczeniu także uwzględnić. Rys. 14 przedstawia wałek drogowy średnich wymiarów, ciężar takiego wałka napełnionego wynosi 6 t. Rys. 15 przedstawia ciężki wałek parowy przyjmowany w Berlinie, ważący 23 t.

W każdym wypadku tylko jeden taki wałek należy przyjąć, resztę mostu wtedy obciążyć tłumem ludzi. W Bawarii, Alzacji przyjmują wałki ważące 20 t, w Szwajcarii 18 t, w Gdańsku 23 t, w Dziewinie 26 t. Kayser poleca przyjmować wałki ważące 20 t, z tego wałek przedni 8 t, dwa koła tylne po 6 t, szerokość przedniego walca 1,3 m, tylnych kół po 45 cm, szerokość całkowita 2,05 m, rozstęp osi 3,5 m, do końca wałka z przodu 0,8 m, z tyłu 1,9 m.

W nowszych czasach wzrósł bardzo ruch automobili. Kayser przyjmuje dwa typy samochodów. Rys. 16 przedstawia samochód ważący 6 t, rys. 17 ważący 9 t. Ciężkie samochody ciężarowe mogą ważyć znacznie więcej. Wozy kolei elektrycznej miejskiej ważą dwuosiove 10 do 13 t, czterosiove do 18 t. Przy obliczeniu mostu na Dunaju w Wiedniu przyjęto wozy motorowe, ważące 30 t.

Plugi parowe mogą ważyć do 26 t, przednia oś 9 t, tylna 17 t, długość plugu 7,5 m, szerokość 2,77 m.

Rys. 18 przedstawia wóz kolei elektrycznej dwuosiowy, rys. 19 wóz czterosiowy, przyczem wynosi:

	Ilość osi	cięż.	l	r	e	b	
w Lipsku	2	13,01	8,51	2,0	—	2,15	} (r. 19)
"	4	17,92	11,44	1,3	2,9	2,15	
w Gdańsku	2	20,8	8,7	1,7	—	2,0	(r. 18 c)
w Berlinie	4	15,77	11,7	1,3	2,9	2,15	(r. 18 b)

W każdym wypadku tylko jeden taki wałek należy przyjąć, resztę mostu należy wtedy obciążyć tłumem ludzi. W Bawarii, Alzacji przyjmują wałki, ważące 20 t. Kolej elektryczna wzniesiona miejska w Berlinie obciążona jest wozami o następnych wymiarach:

odstęp	0,75	1,5	7,5	1,5	0,75	m
ciężar osi	6	4	4	6		t
długość wozu			12			m

Nareście na mostach drogowych przewidują obecnie czasami założenie kolejki drugorzędnej. We Francji przepisano pociąg wedle następnego schematu:

odstęp	2,5	5	2,5	2,5	5	2,5	2,5	5	5	2,5	2,5	5	2,5
ciężar osi	7	7		7	7		4,2	12,6	4,2			7	7
długość wozu	10			10				15				10	

§. 4. Ciężar ruchomy mostów kolejowych.

Ciężar ruchomy mostów kolejowych składa się z parowozów i wozów kolejowych. Przyjmujemy zatem pociąg, składający się z 2¹⁾ parowozów z jaszczykami (tendrami) i wozów kolejowych. Często przyjmują trzy parowozy²⁾ na czele pociągu, a niektórzy chcą nawet przyjmować pociąg, składający się z samych parowozów. Jednak to nie jest uzasadnione, bo wypadki obciążenia mostów w ten sposób są nadzwyczaj rzadkie, a jednorazowe większe nieco naprężenia w takim razie nie szkodzą jeszcze materiałowi, jeżeli nie przekraczają granicy sprężystości. A że granica sprężystości leży w przybliżeniu przy naprężeniu dwa razy większem, niż naprężenie dopuszczalne, więc obawy przekroczenia tej granicy w takich razach niema. A nawet w razie przekroczenia kilka razy granicy sprężystości nie grozi jeszcze mostu niebezpieczeństwo bezpośrednie. Te same uwagi stosują się i do przyjmowania parowo-

1) Tak przyjmują we Francji, Saksonji, Prusiech, Węgrzech i Ameryce. 2) W Austrii i Bawarii.

