

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.



zów, zwróconych do siebie kominami¹⁾. Przyjmowaćby więc należało pociąg o 2 parowozach na czele, zwróconych kominami naprzód. Jednak parowozy każdej prawie kolei mają inny ciężar, ale z powodu, że parowozy zazwyczaj nie przechodzą na inne koleje, obliczaćbyśmy mogli mosty na podstawie danych dla pewnej kolei parowozów. Lecz wobec zwiększających się ciągle wymagań ruchu okazuje się potrzeba też ciągłego powiększania ciężaru osi parowozów a zmniejszania ich rozstępu, wskutek tego, gdybyśmy mosty obliczali na podstawie istniejących parowozów danej kolei, przy wprowadzeniu nowych parowozów mosty okazałyby się za słabe. Zresztą w czasie wojny często przechodzą parowozy jednej kolei na drugą, dla których mosty tej kolei byłyby za słabe. Ażeby temu zapobiec, ustanowiono w bardzo wielu państwach pewne granice dla ciężaru parowozów. Mianowicie przyjęto pociąg t. zw. normalny, według którego należy mosty obliczać, a z drugiej strony nie wolno budować parowozów, niekorzystniej na mosty działających.

Pociąg normalny polski dla pierwszorzędnych kolei normalnotorowych składa się z trzech parowozów wraz z jaszczkami wedle rys. 20 i wozów ciężarowych. Parowóz 5-osiowy waży 100 t, jaszczek 4-osiowy 56 t, a wóz 2-osiowy 32 t.

Pociąg dla drugorzędnych kolei normalnotorowych przedstawia rys. 21. Dla trzeciorzędnych czyli dojazdowych kolei należy przyjmować obciążenie zależne od taboru, który będzie w ruchu na danym szlaku²⁾.

Poniżej podajemy schematy obciążeń pociągami normalnymi w innych krajach.

a) Parowóz normalny francuski (2 parowozy) (1915):

odstępy osi: 2,0 1,5 1,5 1,5 2,0 | 2,0 3,0 3,0 2,0 m
ciężary osi: 20 20 20 20 20 | 20 20 20 20

Wozy: odstępy osi: 2,0 4 2,0 m

ciężary osi: 20 20 t

b) Pociąg normalny rosyjski (1907) 2 parowozy:

odstępy osi: 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 2,5 | 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5
ciężar osi: 20 20 20 20 20 20 | 14 14 14 14 14
odstępy osi: 1,0 1,5 3,0 1,5 1,0
ciężar osi: 12 12 12 12

¹⁾ Wirttembergja wyklucza wyraźnie takie położenie, to samo Alzacja i Ameryka. Austria, Prusy, Bawaria, Saksonja i Szwajcaria przyjmują parowozy, także kominami zwrócone.

²⁾ Rozp. polsk. min. kol. żel. z dnia 14 lutego 1919.

Wozy umieszczone są po jednej stronie parowozów z dopuszczeniem rozerwania się pociągu w jednym miejscu.

c) Normalny parowóz państwowych kolei pruskich, badeńskich, saskich i wirtemberskich dla pociągów pospiesznych (1910) Dwa parowozy:

odstępy osi: 3 1,5 1,5 1,5 1,5 4,5 1,5 1,5 1,5 m
ciężary osi: 20 20 20 20 20 15 15 15 t

Wozy: odstępy: 1,5 3 1,5 m

ciężary osi: 15 15 t

d) Parowóz kolei szwajcarskich (1913). Dwa parowozy dla kolei głównych:

odstępy: 1,6 2,0 1,5 1,5 1,5 1,5 2,0 1,6
ciężary osi: 16 20 20 20 20 20 16
długość: 13,20

dla kolei drugorzędnych:

odstępy: 1,6 2,0 1,5 1,5 1,5 2,0 1,5
ciężary osi: 12 15 15 15 15 12
długość: 11,70

dla kolei wąskotorowych:

odstępy: 1,5 2,2 1,2 1,2 1,2 2,2 1,5
ciężary osi: 8 12 12 12 8
długość: 11,0

Za dwoma parowozami przyjmować należy ciężar jednostajnie rozłożony dla kolei głównych 4,5 t/m, drugorzędnych 4,3 t/m, wąskotorowych 3,3 do 4 t/m.

e) Parowóz normalny austriacki (1904) koleje główne, 3 parowozy:

odstępy osi: 2,5 1,4 1,4 1,4 1,4 4 1,5 1,5 1,5 m
ciężary osi: 16 16 16 16 16 13 13 13 t
dla małych mostów odstępy osi: 1,4 1,4 1,4 m
ciężary osi: 16 20 16 t

koleje drugorzędne:

odstępy: 2,5 1,2 1,2 2,5 | 1,5 1,5 1,5 1,5 m
ciężary osi: 14 14 14 10 10 10 t

parowóz jaszczkowy kolei miejscowych:

odstępy: 2,2 1,2 1,2 1,2 2,2 m
ciężary osi: 12 12 12 12 t

f) Koleje francuskie o szerokości toru 1,0 m (1915):

					parowóz				wóz	
odstępy osi:	2	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0		2,0	4,0	2,0 m
ciężary osi:	10	10	10	10	10			10	10	t

g) Koleje saskie państwowe drugorzędne:

odstępki osi: 2,5 1,5 1,5 3 1,5 1,5 2,5 m

ciężary osi: 15 15 15 15 15 15 t

h) Parowóz amerykański (1908):

odstępki osi: 2,54 1,52 1,52 7,4 1,52 1,52 1,52, 2,44 2,44 m

ciężary osi: 11,3 22,6 22,6 22,6 14,8 14,8 14,8 14,8 11,3 t

i) Parowóz, przyjęty przy obliczeniu mostu na Ohio w Sciotoville:

odstępki osi: 1,01 2,03 1,27 1,27 1,27 2,28 1,27 1,32 1,27 1,01 m

ciężary osi: 13,6 27,2 27,2 27,2 27,2 17,7 17,7 17,7 17,7 t

lub odstępki: 1,78 1,78

ciężary osi: 31,7 31,7 31,7

j) Koleje belgijskie $s=1$ m

odstępki osi: 0,9 0,9 4,18 0,9 0,9 4,72 1,8 4,5

ciężary osi: 9 9 9 9 9 7 7 8

k) Koleje saskie wąskotorowe o szerokości toru $=0,75$ m:

odstępki osi: 1,8 0,9 0,9 2,35 m | 1,05 2,0 1,05 m

ciężary osi: 5 5 5 t | 3,8 3,8 t

l) Fölzel podaje dla kolei o $s=1$ m:

odstępki 2,1 1,1 1,1 2,7 2,0 2,75 2,4

9 9 9 4 4

Dla kolei wąskotorowych nie mamy przepisanych normalnych parowozów. Ponieważ na kolej taką nie mogą przechodzić z powodu różnicy szerokości toru inne parowozy, więc mosty obliczać należy wedle parowozów danej kolei.

Zamiast rzeczywistych ciężarów przyjmują czasem zastępczy ciężar urojony, jednostajnie rozłożony, wywołujący te same siły zewnętrzne, t. j. momenty i siły poprzeczne.

§. 5. Obciążenie śniegiem.

Dalszym ciężarem, działającym na mosty, jest śnieg. Ciężar warstwy śniegu, 80 cm wysokiej, na m^2 pomostu wynosi około 100 kg. Rozporządzenie ministerjalne bawarskie każe też uwzględniać obciążenie śniegiem, wynoszące 100 kg/ m^2 , saskie 70 kg/ m^2 , ale ponieważ śnieg zmiata się z mostów, więc się go zwykle nie uwzględnia w obliczeniu zwłaszcza, że, jeżeli śnieg jest na moście, to ruch jest po części zataimowany. Nie możemy więc przypuścić równoczesnego obciążenia śniegiem i wielkim ciężarem ruchomym. W zimie na północy tworzy się jednak na moście warstwa śniegu zamrożona, która nie tamuje ruchu. Strukel przyjmuje jej grubość 20 do 30 cm, co

wydaje mi się za wiele, dla ciężaru gatunkowego 0,6 wypadłby ciężar 120 do 180 kg/m^2 . Jeśliby ta okoliczność była do przewidzenia, słuszną rzeczą byłoby uwzględnić to obciążenie. Obecnie jednak zazwyczaj tego nie uwzględniamy.

§. 6. Ciśnienie poziome, powstające wskutek chwiania się parowozów i wozów.

Ciśnienie poziome, powstające wskutek chwiania się parowozów i wozów (n. *Seitenschwankungen der Betriebsmittel*, c. *postranni kymaceni*), jest tem większem, im większy ciężar i chyżość pociągu. Z doświadczeń Webera przekonano się, że mogą dojść te siły do $\frac{2}{3}$ ciężaru pionowego. Jednak ciśnienia te po części się znoszą, gdyż jedne koła działają na jeden tok szyn, a drugie równocześnie na drugi w przeciwnym kierunku. Przy obliczeniu mostów kolejowych przyjmujemy siłę poziomą, równą 0,05 ciśnienia pionowego u każdego koła parowozu, dla większych rozpiętości zaś (od 10 m) jedną siłę = 0,05 części ciężaru parowozu, działającą u pierwszej osi parowozu. Leber przyjmuje tę siłę dla kolei głównych równą 5 t, dla drugorzędnych 4 t i 3 t.

Dla mostów drogowych i kładek możemy przyjąć jako siłę poziomą 100 kg/m^2 . Ponieważ jednak podczas wielkiego wiatru ruch na mostach drogowych jest mniejszy i powolniejszy, a przy wielkim wichrze ustaje, więc zwykle, uwzględniając parcie wiatru wedle następnego paragrafu, nie uwzględniamy już wstrząśnień poziomych, powstałych wskutek ciężaru ruchomego.

§. 7. Parcie wiatru.

Parcie wiatru (n. *Winddruck*, fr. *pression du vent*, a. *wind pressure*, cz. *tlak větru*, r. *давление ветра*) w na płaszczyznę prostopadłą do kierunku wiatru wynosi¹⁾ $w = 0,13 v^2$, przyczem chyżość v przyjmujemy w metrach na sekundę, a w w kg/m^2 . Otrzymamy więc:

Tabl. X.

	chyżość wiatru v	parcie wiatru w
dla silnej burzy	30 m/s	117 kg/m^2
„ wicheru	40 „	208 „
„ najsilniejszego wicheru w Europie	50 „	325 „

¹⁾ P. Statyka Budowli, wyd. III. str. 330.

W Pradze na Petrzynie spostrzegano $v=32\text{ m}$, w Wiedniu $v=37\text{ m}$, w Hamburgu $v=42\text{ m}$, w Peszcie $46,5\text{ m}$. w Ameryce nawet parcie 500 kg/m^2 , w Australji 570 kg/m^2 , w Anglii w r. 1884 parcie większe, niż 560 kg/m^2 , lecz parcie to było tylko na małej przestrzeni tak wielkie, obok zaś było mniejsze tak, że na większą płaszczyznę licząc, możemy je przyjąć średnio znacznie mniejsze. Doświadczenia Bakera wykazały, że dla płyty o płaszczyźnie 28 m^2 było parcie równe tylko $\frac{2}{3}$ parcia na małą płaszczyznę ($< 1\text{ m}^2$).

Przy obliczeniu mostów musimy zważać na tę okoliczność, że gdy parcie wiatru wynosi 170 kg/m^2 , to wozy osobowe słabo obsadzone mogą się wywrócić, próżne zaś już przy $w=137\text{ kg/m}^2$, a zresztą z powodu wielkiego tarcia między szynami a kołami ruch pociągów staje się niemożliwym. W rzeczy samej wstrzymuje się ruch pociągów podczas silnych wichrów, dlatego przyjmujemy parcie wiatru dla mostu obciążonego $w=0,150\text{ t/m}^2$ dla kolei o torze normalnym. W Austrii i we Francji przyjmują 170 kg/m^2 , w Polsce, w Prusiech, Alzacji, Saksonji i Bawarii 150 kg/m^2 , w Stanach Zjednoczonych 178 , w Szwajcarji nawet 100 kg/m^2 . Wozy kolei wąskotorowych są więcej wywrotne, dlatego przyjmujemy dla obciążonego mostu kolei wąskotorowych $w=0,125\text{ t/m}^2$, a dla mostów drogowych i kładek $w=0,100\text{ t/m}^2$.

Nieobciążony most musimy obliczać na największe parcie wiatru, które w naszych stronach możemy przyjąć już bardzo wysoko $w=0,27\text{ t/m}^2$. W okolicach mniej wystawionych na działanie wiatru, zasłoniętych górami, w dolinach prostopadle do ich długości możemy przyjąć mniejsze parcie. Takie parcie przyjmują w Austrii, 300 kg/m^2 w Bawarii, 273 kg/m^2 w Anglii, 250 kg/cm^2 we Francji, w Prusiech, Saksonji i Alzacji, na Węgrzech i w Polsce, 150 kg/m^2 w Szwajcarji i Badenji, 235 kg/m^2 w Rosji, 405 kg/m^2 w Stanach Zjednoczonych.

Dla mostu obciążonego jest wprawdzie parcie na m^2 mniejsze, ale powierzchnia, wystawiona na parcie, większa. W każdym więc szczególnym wypadku wyznaczamy parcie wiatru dla mostu obciążonego i nieobciążonego i obliczamy siły zewnętrzne na podstawie większego parcia. Przytem przyjmując możemy jako wysokość wozów drogowych $2,5\text{ m}$, kolejowych $3,0\text{ m}$, licząc od poziomu $0,5\text{ m}$ nad szynami, a tłumy ludzi $2,0\text{ m}$. Dla mostów kolejowych parcie wiatru dla mostu nieobciążonego przy $w=250\text{ kg/cm}^2$ daje większe wyniki od

parcia na most nieobciążony tylko przy bardzo wielkich rozpiętościach. Jeżeli liczymy parcie wiatru dla belki o ścianie pełnej, to powierzchnia, wystawiona na parcie, jest hl , jeżeli h oznacza wysokość a l długość belki. Dla dźwigarów kratowych musimy dokładnie wyznaczyć powierzchnię pasów i kraty, w przybliżeniu wynosi ona $\frac{1}{3} F^1$; jeżeli F oznacza pełną powierzchnię belki. Wiatr, przechodząc jednak przez kratę, uderza jeszcze o drugi dźwigar z mniejszą już siłą, która zależy od gęstości kraty pierwszej i od oddalenia obu dźwigarów. Pierwszą okoliczność uwzględnia rozporządzenie polskie, zmniejszając powierzchnię belki kratowej tem bardziej, im gęstsza jest krata. Co do drugiej okoliczności okazały doświadczenia Bakera, że parcie na drugą belkę jest tem większe, im dalej ona leży od belki pierwszej, a mianowicie całe parcie na obie tarcze wynosiło n razy tyle, co na jedną tarczę, przyczem było dla odstepu tarcz a :

$$n = 1 \quad 1,25 \quad 1,4 \quad 1,6 \quad 1,8$$

$$\text{dla } \frac{a}{d} = 1 \quad 1,5 \quad 2 \quad 3 \quad 4$$

Jeżeli były trzy tarcze, to n było małego większe, n. p. dla $\frac{a}{d} = 3,6$, $n = 1,8$, jeżeli 4 tarcze $n = 1,8$ dla $\frac{a}{d} = 3,5$.

Stanton i Eifel²⁾ otrzymali:

$$\text{dla } \frac{a}{d} = 0 \quad 1,5 \quad 3 \quad 5$$

$$n = 1 \quad 0,7 \quad 1 \quad 2$$

Jak widzimy wyniki doświadczeń się nie zgadzają, na razie więc, nie możemy jeszcze uwzględnić tej okoliczności.

Stanton badał też belki kratowe, dla których stosunek otworów do pełnego zarysu wynosił 0,125 i 0,1875 i otrzymał średnio dla:

$$\text{dla } \frac{a}{h} = 0 \quad 2 \quad 10 \quad 20 \quad 30$$

$$n = 1 \quad 0,95 \quad 1,45 \quad 1,65 \quad 1,72$$

Ostatecznych wniosków z tych doświadczeń jeszcze nie można wyciągnąć.

Rozp. min. polskiego kolei żelaznych z 18/III. 1919. Parcie wiatru należy przyjąć:

¹⁾ Dla kraty pojedynczej $0,25 F$, dla kraty złożonej jednokrotnej $0,40 F$, dwukrotnej $0,50 F$.

²⁾ P. Genie Civ. 1915, str. 265.

1. 250 kg za 1 m² powierzchni bocznej dźwigaru, jeżeli most nie jest obciążonym.

2. 150 kg za 1 m², jeżeli most jest obciążonym.

Dla kratownic obliczać należy powierzchnię boczną rzeczywistą t. j. za wyłączeniem pustych miejsc. Z powierzchni bocznej drugiego dźwigaru uwzględnia się część, odpowiadającą między niewypełnioną i całkowitą boczną powierzchnią dźwigaru.

Jeżeli zaś most w dodatku jest obciążonym, to przyjmować należy do obrachunku tylko niezasłoniętą przez tabor powierzchnię. Tę ostatnią oblicza się schematycznie, traktując ją jako prostokąt 3 m wysoki, poruszający się na wysokości 1/2 m nad główką szyny.

Rozp. polskiego min. rob. publ. z 4. III. 1920 r. §. 16, Wpływ parcia wiatru. Wpływ wiatru przyjąć należy jako siłę poziomą jednostajnie rozłożoną o natężeniu 250 kg/m² powierzchni bocznej mostu nieobciążonego, względnie 100 kg/m² mostu obciążonego ciężarem ruchomym, uwzględniając w zestawieniu największych sił wewnętrznych i przy badaniu stałości mostu niekorzystniejszy z obu wpływów.

Jako powierzchnię boczną dla wpływu wiatru przyjąć należy: rzeczywistą powierzchnię boczną dźwigarów głównych i pomostu. Przy dźwigarach kratowych zaś, prócz tej 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 stosunek powierzchni dźwigaru pierwszego, narażony na działanie wiatru, do całkowitej powierzchni wynosi a , to z dźwigara drugiego przyjąć należy część powierzchni w stosunku $a(1-a)$.

b) Przy moście obciążonym przyjmuje się jako powierzchnię boczną ciężarów ruchomych (wozów i pieszych) pełny prostokąt o wysokości 2 m, wzniesiony 50 cm ponad jezdnię. Wpływ kraty pierwszej i drugiej uwzględnia się tylko w częściach, poza ten prostokąt sięgających.

Odnośne ustępy rozporządzenia austriackiego min. handlu z r. 1904 brzmią:

§. 7. a, b. Działanie wiatru należy wyznaczyć, przyjąwszy parcie boczne poziome 270 kg/m² na most nieobciążony i 170 kg/m² na most, obciążony pociągiem, i wziąć w rachubę niekorzystniejsze z tych dwu działań. 7. Obliczenie powierzchni, wystawionych na wiatr, ma nastąpić wedle następujących postanowień:

a) Przy nieobciążonym moście należy wziąć w rachubę powierzchnię, wystawioną na wiatr, jednej ze ścian niosących i pomostu, jakoteż część powierzchni drugiej ściany. Część tę należy obliczać, jeżeli stosunek otworów między kratą pierwszej ściany do jej zarysu wynosi 0,4, 0,6, 0,8, jako 0,2, 0,4, 1,0 części powierzchni drugiej ściany. Dla wartości pośrednich należy wstawiać wedle prawa linii prostej.

b) Przy mostach obciążonych należy z powierzchni zeskładu mostowego, obliczonej według postanowień powyższego ustępu a),

uwzględnić tylko część niezakrytą przez obciążenie ruchome, a jako powierzchnię tego obciążenia ruchomego, wystawioną na parcie wiatru, przyjąć przy mostach kolei żelaznych pełny prostokąt posuwający się 0,5 m ponad szyną, który to prostokąt jest przy kolejach o pełnej szerokości toru i przy kolejach wąskotorowych z jazdą na podwoziach 3,0 m, a przy innych kolejach wąskotorowych 2,0 m wysoki, przy mostach drogowych i kładkach przyjąć natomiast należy pełny prostokąt posuwający się, 2,0 m wysoki, jako znajdujący się bezpośrednio nad pomostem.

Rozporządzenie francuskie. Dla dźwigaru ze strony wiatru należy liczyć rzeczywistą powierzchnię F po odciągnięciu wszystkich otworów. Dla drugiego dźwigaru należy wstawić $F\left(1 - \frac{F}{Z}\right)$, gdzie Z oznacza powierzchnię zarysu bez odciągnięcia otworów. Przy mostach blaszanych $F=Z$, więc ciśnienie na drugą belkę równa się zeru. Ciężar ruchomy uwzględnia się jako prostokąt od 0,5 do 3,5 m nad szyną. Części dźwigaru, zakrytych przez ten prostokąt, nie należy przy obliczeniu powierzchni uwzględniać.

Rozporządzenie pruskich kolei państwowych z r. 1902. Powierzchnię, wystawioną na wiatr, mostu należy ocenić wedle rzeczywistych wymiarów; powierzchnię pociągu należy uważać jako prostokąt, którego wysokość, licząc od wierzchu szyny, wynosi 3 m. Przy mostach z jazdą górą a jednym tylko układem tężników poziomych w płaszczyźnie pasu dolnego należy uwzględnić powiększenie pionowego obciążenia, spowodowane wiatrem jednego dźwigaru, o ile przenosi ono 20% obciążenia wskutek ciężaru własnego i obciążenia.

Okólnik rosyjskiego techniczno-inspektorskiego komitetu kolei żelaznych z 5. stycznia 1884. — III. Siły wewnętrzne, zależne od parcia wiatru na boczną powierzchnię mostu należy obliczać w dwóch przypuszczeniach, wybierając niepomyślniejsze:

- a) bez pociągu na moście, przyjmując parcie wiatru $1\frac{1}{2}$ puda na st^2 (285 kg/m^2) bocznej powierzchni,
- b) z pociągiem na moście, parcie wiatru przyjmując $\frac{3}{4}$ puda na st^2 (132 kg/m^2) powierzchni.

Uwaga I. W pierwszym wypadku jako boczną powierzchnię, wystawioną na działanie wiatru, należy przyjmować oprócz rzeczywistej bocznej powierzchni jednej belki jeszcze części powierzchni drugiej belki, ponieważ przy pochylonym kierunku wiatru obie belki nie będą się nakrywały. Wystawioną na działanie wiatru powierzchnię dwóch belek o tej samej rozpiętości można przyjąć w przybliżeniu dla belek o kracie przedziałowej równą 0,50 ogólnej powierzchni, ograniczonej przez pasy belki, a dla belek o kracie równoramiennej równą 0,60 tej powierzchni, przyjmując przytem, iż pomost znajduje się między pasami. Parcie wiatru na boczną powierzchnię belki rozdziela się w takim razie równo między górnymi i dolnymi tężnikami poziomymi. Jeżeli zaś pomost znajduje się nie między pasami belek, lecz nad pasami, to należy jeszcze przyjąć w rachubę parcie wiatru na zupełną, boczną powierzchnię pomostu, odnosząc owe do-

datkowe parcie w zupełności do górnych lub dolnych tężników stosownie do umieszczenia pomostu.

Uwaga 2. W drugim wypadku, gdy pociąg znajduje się na moście, zupełna powierzchnia boczna, poddana działaniu wiatru, otrzymuje się przez dodanie do wyżej obliczonej: a) 10 st^2 na każdą stopę bieżącą ($3,05 \text{ m}^2/\text{m}$) w mostach z jazdą w górze, odnosząc przytem po $\frac{2}{5}$ parcia wiatru na górne i na dolne tężniki poziome, b) w mostach z jazdą na dole od 10 do $7,5 \text{ st}^2$ na stopę bieżącą (od $3,05 \text{ m}^2$ do $2,29 \text{ m}^2$ na 1 m^2) stosownie do wysokości belek, zmieniającej się od $0,5$ sąż. do 3 sąż. (od $1,07$ do $6,4 \text{ m}$) i więcej, przyczem całe parcie na ową dodatkową powierzchnię należy odnieść do tężników dolnych.

Wartości dodatkowe 10 i $7,5 \text{ st}^2$, ($3,05$ i $2,29 \text{ m}^2/\text{m}$) otrzymane zostały przez odjęcie od zupełnej, bocznej powierzchni pociągu na jednostkę długości mostu odstępów pomiędzy sąsiednimi wozami, tudzież pomiędzy główką szyny i podłogą wozu, przyczem pierwsza liczba stosuje się do wypadku, gdy powierzchnia pociągu nie jest zasłonięta belką, co się zdarza w mostach z jazdą na dole przy wysokości belki większej, niż 3 sążnie ($6,4 \text{ m}$).

§. 8. Siła odśrodkowa.

Jeżeli kolej jest w łuku, to podczas przejazdu pociągu powstaje siła odśrodkowa (n. *Fliehkraft*, cz. *siła odstřediva*), działająca poziomo na szyny, która przenosi się za pośrednictwem szyn na most i jest zależną od chyżości i ciężaru pociągu i promienia łuku. Jeżeli p oznacza ciężar ruchomy na 1 m , c chyżość pociągu w m/sek , r promień łuku a $g=9,81 \text{ m}/\text{s}$ przyspieszenie ciężkości, to wiemy z fizyki, że siła odśrodkowa:

$$z = \frac{p c^2}{g r} \dots \dots \dots 8)$$

Ponieważ w tym wzorze c jest w drugiej potęgze, więc chcąc otrzymać *najw.* z , musimy zastosować ten wzór dla pociągów pośpiesznych, dla których jednak p jest mniejszem, niż dla ciężarowych, a mianowicie możemy przyjąć w przybliżeniu $p = \frac{1}{2} p_1$, ciężaru na jednostkę długości pociągów ciężarowych, (§. 4). Wstawmy w równ. 8) dla pociągów pośpiesznych:

$$c = 20 \text{ m}/\text{s}, \quad g = 9,81 \text{ m}/\text{sek},$$

$$\begin{array}{l} \text{to otrzymamy:} \\ \text{dla } c = 30 \text{ m}/\text{s} \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} z = \frac{41}{r} p = \frac{21}{r} p_1 \\ z = \frac{91}{r} p = \frac{46}{r} p_1 \end{array} \right\} t/\text{m} \dots \dots \dots 9)$$

W nowszych czasach jednak chyżość automobili osobowych na drogach I. i II. klasy jest bardzo wielka i dorównuje chyżości pociągu. Uwzględniając to przy budowie drogi, a uwzględnićby także należało siłę odśrodkową na mosty.

§. 9. Siła podłużna wskutek hamowania.

Na mostach w spadzie od 10‰ i w pobliżu stacji powstaje pozioma siła podłużna w kierunku szyn wskutek hamowania (n. *Bremskraft*, cz. *břdiva síla*). Musimy ją także uwzględnić. Rozporządzenie austr. z r. 1904 nakazuje przyjąć jako wielkość tej siły 0,10 ciężaru pociągu. Jednak siła ta może być zwłaszcza przy ruszaniu pociągu większą i teraz przyjmują zwykle $\frac{1}{7}$ część ciężaru pociągu. Schaper zwraca słusznie na to uwagę, że nie wszystkie wozy się hamuje, wobec tego poleca przyjmować dla małych mostów $H = \frac{1}{3}$ ciężaru pociągu, dla dłuższych:

$$H = \frac{1}{7} \left(L + \frac{1}{3} B \right) \quad 11)$$

jeżeli L oznacza ciężar parowozu a B wozów. Właściwie należałoby przyjmować te siły dla każdej osi, ale ponieważ one się dodają, to można odrazu przyjąć ciężar całkowity pociągu względnie wozów.

W Wirtembergji przyjmują $H = \frac{1}{8} L$, zaś przy kolei Elberfeldskiej nawet $H = \frac{1}{8} L$, jednak wystarczy zupełnie obliczenie wedle 11).

§. 10. Wpływ dynamiczny ciężarów w ruchu.

Ciężary posuwają się po moście z mniejszą lub większą chyżością, z wielką chyżością kursują automobile i pociągi kolejowe. Wskutek nagłego działania sił i wskutek wstrząśnień powstają dodatkowe naprężenia, które należy uwzględnić. Zazwyczaj nie obliczamy dokładnie powstałych naprężeń dodatkowych, lecz uwzględniamy je albo mnożąc siły, wywołane ciężarem ruchomym, współczynnikiem wstrząśnień (n. *Stossbeiwert*), większym od jednostki, albo zmniejszając naprężenia dopuszczalne. Obliczenie naprężeń, powstałych wskutek ruchu ciężaru z wielką chyżością, przedstawia niepokonane trudności. W przybliżeniu starał się rozwiązać to zadanie Melan¹⁾.

¹⁾ Über die dynamische Wirkung bewegter Lasten auf Brücken. Z. d. öster. Ing. u. Arch. Ver. 1899, str. 44.

Oprócz tego przeciwwagi kół motorowych parowozu wywołują też pewne ciśnienia pionowe w dół i w górę, działające periodycznie a zależne od chyżości. Wreście wstrząśnienia zależne są od nierówności toru, który zatem na moście trzeba starannie utrzymywać. Wpływ wstrząśnień jest tem mniejszym, im większą jest masa mostu, a więc większa rozpiętość mostu.

Melan otrzymuje więc współczynnik wstrząśnień w procentach:

$$100 \varphi = 12 + \frac{800}{L+10} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot 12)$$

Otrzymamy stąd dla:

$L =$	2	10	20	30	40	60	80	120 m
$100 \varphi =$	80	54	41	34	30	25	23	20%

Aby więc uwzględnić wpływ chyżości wstrząśnień, należy ciężar ruchomy pomnożyć przez $(1 + \varphi)$.

Dla kolei podrzędnych przyjmuje Landsberg:

$$100 \varphi = 10 + \frac{600}{L+10} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot 13)$$

Dla dróg jest chyżość zwykłych wozów mniejszą, samochodów jednak znaczną, a wpływ wstrząśnień zależy głównie od gładkości drogi. Przyjmują zwykle $\varphi = 0,2$ lub $0,1$.

Zamiast mnożenia ciężaru ruchomego współczynnikiem $(1 + \varphi)$ możemy jednak zaniechać tego mnożenia, a za to przyjąć naprężenie dopuszczalne odpowiednio mniejsze, o czem będziemy mówić w paragrafie 12.

Rozporządzenie polskie oznacza $\varphi = 0,40$, ale tylko dla mostów betonowych, żelbetowych i kamiennych. Dla mostów żelaznych przyjmuje zmienne naprężenie dopuszczalne.

§. 11. Drganie mostu.

Przy nagłym obciążeniu mostu występują oprócz ugięcia statycznego jeszcze wahania, które zależne są tak od obciążenia, jak i od ustroju i ciężaru mostu. Danemu mostowi odpowiada pewny czas wahnienia. Jeżeli po jednym lub dwu wahnieniach następuje nowy impuls, to wielkość wahnień, a zatem także i naprężenia, tem wywołane, się powiększają. Jeżeliby impulsy powtarzały się regularnie w czasach, odpowiadających czasowi wahnienia, może wielkość wahnień tak się powiększyć, że może doprowadzić do złamania. Takie regularne powtarzanie się impulsów może powstać, gdy oddział wojska maszeruje

przez most. Uderzenia kół na zetknięciach szyn i działanie przeciwcieżarów kół parowozu mogą także wywołać ten sam skutek. Jeżeli impulsy następują w innych czasach, niż wahnienia, to zmniejszają wielkość wahnień i nie są niebezpieczne. Maszerujące wojsko jednak łatwo dostosowuje bezwiednie krok do czasu wahnienia danego mostu, dlatego też maszerowanie umiartowym krokiem przez most powinno być wogóle zakazanem.

Każdy most ma pewny czas wahnień. W przybliżeniu oblicza Steiner ilość wahnień w sekundzie i otrzymuje:

$$n = \frac{19,3}{\sqrt{l}}, \quad 14)$$

dla mostu obciążonego, zaś dla nieobciążonego:

$$n' = n \sqrt{1 + \frac{p}{q}}, \quad 15)$$

a więc dla	$l=10$	40	60	80	100 m
	$n=6,1$	3,1	2,5	2,2	1,9 „
	$n'=15,3$	5,4	3,9	3,1	2,6 „

Ponieważ przy każdym obrocie koła następuje wskutek przeciwwagi nowy impuls, więc można obliczyć, jaka chyżość dla danego mostu jest najniebezpieczniejsza. Zazwyczaj jednak powiększenie naprężeń wskutek wahnień nie jest wielkiem, zwłaszcza, gdy most dobrze stężymy. Wpływu tego przy obliczeniu dlatego zazwyczaj nie uwzględniamy.

II. Naprężenie dopuszczalne.

§. 12. Naprężenie dopuszczalne dla mostów żelaznych i stalowych.

Mówiliśmy poprzednio, że wpływ wstrząśnięć i drgań możemy uwzględnić, zmniejszając naprężenie dopuszczalne. Oprócz tych wpływów uwzględniać musimy też ilość zmian naprężenia.

W §§. 23, 24 i 25 „Podręcznika Statyki Budowli“ (trzecie wydanie) podaliśmy wzory do obliczenia wymiarów na podstawie doświadczeń Wöhlera. Przy obliczaniu mostów wzorów tych tem bardziej używaćby należało, że tu zmiany naprężeń są z powodu ciężaru ruchomego większe, niż dla innych zeskłałów. Tu musimy też uwzględnić wstrząśnienia, a że dokładne obliczenie ich wpływu i wielkości nie jest możliwem,