

W prętach ściskanych osiowo wielkość siły poprzecznej określa wzór:

$$Q = 0,012 \frac{P}{\beta},$$

gdzie:  $P$  — siła osiowa,

$\beta$  — współczynnik zmniejszający z tablicy 8 lub 9.

Napężenia w prętach jednocześnie ściskanych i zginanych należy obliczać albo według naukowo wyprowadzonych ścisłych wzorów, albo według następującego wzoru przybliżonego:

$$\sigma = \frac{N}{\beta A_{\text{brutto}}} + \frac{M}{W_{\text{netto}}},$$

gdzie:  $\beta$  — najmniejszy współczynnik zmniejszający na wyboczenie,

$N$  — siła osiowa w przecie,

$A_{\text{brutto}}$  — pole przekroju poprzecznego pręta bez potrącenia otworów do nitów,

$M$  — moment zginający,

$W_{\text{netto}}$  — wskaźnik wytrzymałości przekroju poprzecznego pręta po potrąceniu otworów do nitów.

W normatywie podane są ponadto przepisy obliczania spoin w mostach spawanych, z zastrzeżeniem, że mają one charakter tymczasowy.

## C. Zasady projektowania stalowych mostów drogowych\*)

### 1. Klasyfikacja mostów

Mosty drogowie dzieli się na 3 klasy: I, II i III oraz kładki dla pieszych.

Zaliczenie mostu do jednej z 3 klas zależy od drogi, na której most jest położony, od ciężaru pojazdów i od tego, czy most ma być stały, czy tymczasowy.

Podział mostów drogowych na klasy zestawiono w tablicy 10.

Tablica 10

Rodzaje dróg	Rodzaje pojazdów, których ruch istnieje na drodze lub jest przewidywany	Klasy mostów	
		Mosty stałe z wyjątkiem drewnianych	Mosty tymczasowe i drewniane
Drogi państwowe	Pojazdy bez ograniczenia ciężaru	I	II
Drogi powiatowe i gminne	Pojazdy bez ograniczenia ciężaru	I	II
	Pojazdy o ciężarze nie przekraczającym 15 tonn	II	III

Klasę mostów na ulicach miast i osiedli, stanowiących przedłużenia dróg publicznych, ustala się jak dla mostów leżących na tych drogach.

\*) Wyciąg z przepisów o budowie i utrzymaniu mostów drogowych, część ogólna i część S — zatwierdzone zarządzeniem Ministra Transportu Drogowego i Lotniczego 21 marca 1951 r. i zarządzeniem Ministra Gospodarki i Komunalnej 23 listopada 1950 r.

## 2. Skrajnia ruchu w mostach drogowych

Skrajnią ruchu w mostach drogowych nazywamy figurę geometryczną w przekroju poprzecznym mostu, wewnątrz której nie może znaleźć się żadna część konstrukcji mostowej. Skrajnia ruchu w mostach drogowych jest odpowiednikiem skrajni budowli dla mostów kolejowych.

Skrajnia ruchu na jezdni mostów drogowych jest prostokątem ze ściętymi górnymi narożami. Wysokość skrajni ruchu wynosi dla zwykłego taboru (samochody, traktory, wozy) 4,50 m, dla tramwajów 5,40 m. Szerokość skrajni jest sumą szerokości dla poszczególnych pasów pojazdów. Szerokość jednego pasa (dla jednego szeregu pojazdów) wynosi: dla taboru zwykłego — zwykła 3,0 m, poszerzona 3,50 m; dla tramwajów — 3,20 m.

Ilość pasów ruchu na moście nie może w zasadzie być mniejsza od ilości pasów ruchu na twardej nawierzchni drogi. Dla mostów na drogach o 2 pasach ruchu szerokość skrajni ruchu wynosi zatem 6,00 m przy zwykłej skrajni i 7,00 m dla poszerzonej.

Obecnie z zasady dla mostów stałych dwupasowych stosuje się skrajnię poszerzoną, a więc normalna szerokość takiej skrajni wynosi 7,00 m. Skrajnia 6,00 m, jak się okazało, jest niedostatecznie szeroka w razie konieczności wyprzedzenia pojazdu, który przypadkowo zatrzymał się na moście.

Dla mostów o większej ilości pasów ruchu szerokość skrajni jezdni jest zwykle wielokrotnością 3,00 m, a więc wynosi np. 9,00 lub 12,00 m.

W mostach z jazdą dołem, gdy skrajnia położona jest między dźwigarami głównymi, rzeczą niezbędną jest zastosowanie z każdej strony jezdni krawężnika szerokości 0,50 m (między skrajnią ruchu a brzegiem dźwigara) jako pasa ochronnego, ponad którym może się znaleźć wystające pudło pojazdu, o ile kolo pojazdu ustawi się na skraju jezdni.

Skosy górnych naroży mają dla skrajni zwykłej szerokość 0,25 m oraz wysokość 0,50 m, dla skrajni zaś tramwajowej — odpowiednio 0,70 i 1,40 m. Skrajnia chodników dla pieszych jest prostokątem o wysokości 3,00 m, szerokości  $n \cdot 0,75$  m ze ściętymi narożami o wymiarach skosu  $0,50 \times 1,00$  m, gdzie  $n$  jest ilością pasów dla pieszych.

Jeśli chodniki przylegają bezpośrednio do jezdni (w mostach z jazdą górą) użyteczną szerokość chodnika zwiększa się o szerokość odpowiadającą szerokości krawężnika = 0,50 m.

A więc szerokości chodników powinny wynosić:

- a) dla chodników na zewnątrz dźwigarów głównych (w mostach z jazdą dołem) — 0,75, 1,50, 2,25, 3,00 m itd., zależnie od ilości pasów dla przechodniów.
- b) dla chodników przylegających do jezdni odpowiednio — 1,25, 2,00, 2,75, 3,50 m itd.

Skrajnia dla rowerzysty jest taka sama jak dla przechodniów.

## 3. Normy obciążenia mostów drogowych

Normalnym obciążeniem ruchomym mostów drogowych jest:

- 1) obciążenie kołem samochodu, obciążenie zastępcze osi samochodu oraz
  - 2) obciążenie zastępcze taboru samochodowego.
- Obciążenia te dzielą się na 3 klasy I, II i III, odpowiadające klasom mostów, przy czym obciążenie II klasy stanowi 75%, obciążenie zaś III klasy — 50% podstawowego obciążenia klasy I.

Elementy mostu o rozpiętościach podporowych wzdłuż mostu mniejszych od 5,0 m oraz belki poprzeczne o rozstawie mniejszym od 5,0 m oblicza



się na obciążenie 1), tj. obciążenie kołem samochodu lub obciążenie zastępcze osi samochodu.

Wszystkie elementy o rozpiętościach równych lub większych od 5,0 m i belki poprzeczne o rozstawie większym lub równym 5,0 m oblicza się na obciążenie 2), tj. na obciążenie zastępcze taboru samochodowego.

Samochody ciężarowe przyjmuje się dla klasy I o ciężarze 20 T, dla klasy II — 15 T i dla klasy III — 10 T.

Samochody wszystkich klas zajmują pas jezdni szerokości 3,00 m i długości 8,00 m. Rozstaw kół wynosi 1,50 m, szerokość styku z nawierzchnią kół tylnych 0,50 m, przednich 0,20 m, długość styku koła z nawierzchnią 0,25 m.

Przy obliczaniu elementów krótkich mieści się tylko jedna oś. Jako cięższą przyjmuje się oś tylną samochodu. Obciążenie od tylnego koła wynosi dla klasy I, II i III odpowiednio 7,2 T, 5,4 T i 3,6 T. Obciążenie zastępcze od tylnej osi samochodu, liczone na 1 m szerokości mostu, wynosi 4,8 T/m, 3,6 T/m i 2,4 T/m dla klasy I, II i III.

Obciążenie 2-go rodzaju, tj. obciążenie zastępcze taboru samochodowego, składa się z obciążenia równomiernie rozłożonego  $p$  T/m<sup>2</sup> jezdni i z obciążenia dodatkowego  $P$  T/m szerokości jezdni. Siłę  $P$  ustawia się nad największą rzędną linii wpływu, obciążenie  $p$  nad polem linii wpływu tego samego znaku. W razie potrzeby obciążenie  $p$  można przerwać, ale tylko jeden raz, ustawiając je nad dwoma nieprzyległymi do siebie polami wpływu tego samego znaku.

Obciążenie zastępcze taboru samochodowego wynosi:

Klasa mostu	I	II	III
Obciążenie $p$ T/m <sup>2</sup>	0,4	0,3	0,2
„ $P$ T/m	4,0	3,0	2,0

Obciążenie tłumem ludzi przyjmuje się dla mostów wszystkich klas przy obliczeniu chodników i kładek dla pieszych  $q = 0,5$  T/m<sup>2</sup>, przy obliczeniu zaś dźwigarów głównych i belek jezdni, na które przekazuje się obciążenie chodnika,  $q = 0,3$  T/m<sup>2</sup>.

Jeśli chodniki przylegają do jezdni, krawężników szerokości 0,50 m nie obciąża się tłumem ludzi, o ile jednocześnie obciążenie zastępcze taboru samochodowym obciąża krawężnik. Taki układ obciążenia przyjmuje się przy obliczeniu skrajnych dźwigarów.

Poręcze mostów drogowych oblicza się na poziome parcie tłumy na pochwyt 100 kG/m.

Obciążenie taboru tramwajowym przyjmuje się równe obciążeniu I klasy.

Jeżeli obciążenie miarodajne dla obliczenia wielkości statycznej zajmuje pas jezdni o szerokości  $b$  większej od 4,5 m, to wówczas obciążenie zastępcze taboru samochodowym i obciążenie zastępcze osi samochodu mnoży się przez współczynnik redukcyjny  $r$ , którego wielkość wynosi:

$$r = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{4,5}{b} \right).$$

Natomiast belki podłużne lub dźwigary główne o rozstawie mniejszym niż 1,25 m z tężnikami łączonymi na śruby, nie zapewniającymi ich ścisłej współpracy, należy obliczać na obciążenie zastępcze, pomnożone przez współczynnik zwiększający

$$a = \frac{R_k}{R_s},$$

gdzie:  $R_k$  — nacisk koła samochodu.

$R_z$  — nacisk wywołany obciążeniem zastępczym osi samochodu.

Poza obciążeniem samochodami należy sprawdzić most na obciążenie traktorem gąsienicowym. Na moście może znajdować się tylko jeden traktor (jednocześnie z traktorem nie może działać na most żadne inne obciążenie ruchome). Naprężenie dopuszczalne zwiększa się przy sprawdzeniu na obciążenie traktorem o 20%, obciążenia zaś nie mnoży się przez współczynnik dynamiczny. Do sprawdzania mostów na obciążenie używa się trzy typy traktorów: T 80, T 60 i T 40, o ciężarze całkowitym 80, 60 i 40 tonn. Długość całego traktora wynosi odpowiednio 7, 7 i 6 m; długość gąsienic 5, 5 i 4 m; nacisk na 1 m gąsienicy 8 T/m, 6 T/m i 5 T/m.

Rozstaw osiowy gąsienic dla wszystkich trzech typów traktorów wynosi 2,50 m, natomiast szerokość gąsienicy wynosi odpowiednio 0,80 m, 0,60 m i 0,50 m; stąd całkowita szerokość trzech typów traktorów wynosi: 3,30, 3,10 i 3,00 m.

O tym, jaki typ traktora należy w każdym przypadku przyjąć do sprawdzenia mostu, decydują władze, ustalające założenia do projektu.

#### 4. Współczynnik dynamiczny

Celem uwzględnienia wpływu uderzeń i drgań przy przejeździe taboru przez most należy podane dalej rodzaje obciążenia ruchomego względnie siły i momenty wywołane tym obciążeniem mnożyć przez współczynnik dynamiczny  $\varphi$ . Wielkość współczynnika dynamicznego dla drogowych mostów stalowych określa się według wzoru:

$$\varphi = 1 + \frac{1}{0,1 l + 2} \leq 1,40.$$

Wielkość  $l$  oznacza dla mostów jedoprzęsłowych rozpiętość teoretyczną przęsła, dla wsporników — długość wspornika. W belkach ciągłych bezprzegubowych  $l$  = rozpiętości najdłuższego przęsła, w belkach ciągłych przegubowych przy obliczaniu wspornika przyjmuje się  $l$  = sumie długości wspornika i rozpiętości belki zawieszanej.

W elementach o długości linii wpływu nie przekraczającej 2 przedziałów kratownicy (wieszaki i słupki dźwigarów głównych, belki poprzeczne jezdni) przyjmuje się  $l$  = długości 2 przedziałów; dla belek podłużnych  $l$  = długość przedziału; poza tym współczynnik dynamiczny jest jednakowy dla wszystkich elementów mostu (np. wszystkich prętów kraty dźwigara).

Przez współczynnik dynamiczny należy mnożyć obciążenie kołem samochodu, zastępcze osi samochodu i zastępcze taboru samochodowego, względnie te same obciążenia od taboru tramwajowego.

Obciążenia tłumem ludzi i traktorem nie mnoży się przez współczynnik dynamiczny. W mostach stalowych przyjmuje się, że działaniu dynamicznemu podlegają przęsła i łożyska mostów, natomiast podpory mostowe i poręcze mostów nie podlegają działaniu dynamicznemu.

#### 5. Parcie wiatru

Wielkość parcia wiatru na 1 m<sup>2</sup> powierzchni mostu wynosi w zależności od wzniesienia  $h$  dolnej krawędzi przęsła nad poziomem ziemi lub wody:

$$\begin{aligned} \text{dla } h &\leq 25 \text{ m} & w &= 100 \text{ kG/m}^2 \\ \text{dla } h &> 25 \text{ m} & w &= 20 \cdot \sqrt{h} \text{ kG/m}^2. \end{aligned}$$



Wiatrownice, nie obliczane na obciążenie ruchome, projektować należy na zwiększone parcie wiatru, wynoszące:

$$\begin{aligned} \text{dla } h \leq 25 \text{ m} \quad w &= 250 \text{ kG/m}^2 \\ h > 25 \text{ m} \quad w &= 50\sqrt{h} \text{ kG/m}^2. \end{aligned}$$

To samo parcie wiatru przyjmuje się przy sprawdzeniu stateczności mostu. Parcia wiatru na tabor nie uwzględnia się.

Dla mostów kratowych o  $n$  dźwigarach głównych powierzchnia dźwigarów głównych mostu narażona na parcie wiatru  $A_n$  równa jest

$$A_n = c_n \cdot \alpha \cdot A_o.$$

We wzorze tym

$A_o$  — powierzchnia zawarta między osiami elementów na obwodzie kratownicy,

$\alpha$  — współczynnik wypełnienia pola  $A_o$  elementami narażonymi na parcie wiatru.

Współczynnik  $\alpha$  dla mostów stalowych kratowych zależy od stosunku wysokości kraty do rozpiętości  $\frac{h}{l}$ .

$\frac{h}{l} =$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{20}$
$\alpha =$	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36.

Dla mostów łukowych ze ściągami  $\alpha = 0,10$ .

Współczynnik  $C_n$  zależy od ilości dźwigarów wg wzoru:

$$C_n = 1 + (1 - \alpha) + (1 - \alpha)^2 + \dots + (1 - \alpha)^{n-1},$$

gdzie  $n$  = ilość dźwigarów.

Powierzchnię boczną pomostu przyjmuje się równą powierzchni rzutu pionowego pomostu, zmniejszoną o części zasłonięte przez pas lub ściąg dźwigara, lecz bez potrącania części zasłoniętych przez słupki i krzyżulce kraty.

## 6. Siła odśrodkowa

Dla mostów w łuku przyjmuje się działanie siły odśrodkowej wg wzoru:

$$Z = \frac{R \cdot v^2}{r \cdot q},$$

gdzie:  $R$  — ciężar obciążenia ruchomego na jezdni w kG lub T,

$v$  — szybkość w m/sek; przyjmuje się dla obciążenia całego prześła 15 m/sek, dla samochodów 25 m/sek, traktora 10 m/sek,

$r$  — promień krzywizny w m,

$q$  — 9,81 m/sek<sup>2</sup>.

## 7. Wpływ zmian temperatury

Wpływ zmian temperatury uzależniony jest od tej temperatury, przy której konstrukcję połączono w jedną całość, czyli od temperatury zvarcia.

Przyjęto wzrost temperatury do  $+45^\circ\text{C}$  i spadek do  $-25^\circ\text{C}$ . Przy normalnej temperaturze zvarcia  $t_o = 10^\circ$ , otrzymuje się wahania temperatury o  $\pm 35^\circ\text{C}$ .

O ile temperatura zvarcia  $t_o$  znacznie odbiega od  $10^\circ$ , wówczas należy przyjąć wzrost temperatury o  $45 - t_o$  stopni i spadek o  $t_o + 25$  stopni.

## S. Materiały

Stal lub żeliwo używane do konstrukcji mostowych powinny odpowiadać przepisom: Mosty stalowe, przepisy o budowie i utrzymaniu mostów drogowych, część S. Szczegóły dotyczące gatunków stali, używanych w konstrukcjach nitowanych i spawanych, podane są w rozdziale I tych przepisów.

Charakterystyczne dane, dotyczące najczęściej używanych gatunków stali oraz żeliwa, są podane w następujących tablicach.

Tablica 11

Stal na konstrukcje

Lp.	Treść	Stal K37	Stal K52
1	Wytrzymałość na rozciąganie $R_r$ kG/mm <sup>2</sup>	37 ÷ 45	52 ÷ 62
2	Minim. granica płynności $Q$ kG/cm <sup>2</sup>	21	32
3	Minim. wydłużenie (próbka długa $A_{10\%}$ )	20	16

Tablica 12

Stal na nity

Lp.	Treść	Nt010 N34	6.1.15 N 44
1	Minim. wytrzymałość na rozciąganie $R_r$ kG/mm <sup>2</sup>	34	44
2	Minim. wydłużenie (próbka długa $A_{10\%}$ )	26	23

Tablica 13

Stal na śruby

Lp.	Treść	Stal zwykła	Stal specjalna
1	Minim. wytrzymałość na rozciąganie $R_r$ kG/mm <sup>2</sup>	38	52
2	Minim. wydłużenie (próbka długa $A_{10\%}$ )	20	17

Tablica 14

Staliwo nałożyska

Lp.	Treść	Staliwo kute	Staliwo lane
1	Minim. wytrzymałość na rozciąganie $R_r$ kG/mm <sup>2</sup>	50	50
2	Minim. wydłużenie $A_{10\%}$	12	10

Tablica 15

Żeliwo nałożyska

Lp.	Treść	Żeliwo
1	Minim. wytrzymałość na rozciąganie $R_r$ kG/mm <sup>2</sup>	14
2	Minim. wytrzymałość na zginanie $R_{zg}$ kG/mm <sup>2</sup>	28

Lp.	Rodzaj współczynnika	Stal	Żeliwo
1	Sprężystość przy rozciąganiu lub ściskaniu $E$ kG/cm <sup>2</sup>	2 100 000	1 000 000
2	Sprężystość przy ścinaniu $G$ kG/cm <sup>2</sup>	810 000	380 000
3	Rozszerzalność na 1°C	0,000 012	0,000 01

### 9. Rodzaje naprężeń dopuszczalnych

Naprężenia w mostach stalowych należy obliczać dla dwóch rodzajów obciążenia:

a) zwykłego (pierwszego rodzaju) określonego w części ogólnej p. 10, 1 i 2\*)

b) wyjątkowego (drugiego rodzaju) określonego w p. 10. 1. 2 i 10. 1. 3\*\*).

Naprężenia w obu przypadkach nie powinny przekraczać naprężeń dopuszczalnych, podanych dalej w p. 3—6.

Przy obliczeniu dźwigarów wiatrowych obowiązują naprężenia dopuszczalne jak dla obciążenia zwykłego.

Przy sprawdzaniu na obciążenie traktorem należy przyjmować naprężenia dopuszczalne podobne jak dla obciążenia zwykłego, lecz zwiększone o 20%.

### 10. Dopuszczalne naprężenia dla stali konstrukcyjnej

Dopuszczalne naprężenia dla przypadków obciążenia podanych w p. 2 należy przyjmować dla stali K37 i stali K52 według tablicy 17.

Tablica 17

#### Stal zasadnicza

Lp.	Rodzaj naprężenia	Wzór na naprężenie	Stal K37		Stal K52	
			Obciążenie		Obciążenie	
			główne kG/cm <sup>2</sup>	wyjątkowe kG/cm <sup>2</sup>	główne kG/cm <sup>2</sup>	wyjątkowe kG/cm <sup>2</sup>
1	Rozciąganie, ściskanie, zginanie	$k$	1300	1600	2000	2400
2	Zginanie blachownic nitowanych i belek walcowanych normalnopasowych	1,1 $k$	1430	1760	2200	2640
3	Ścinanie blach i prętów	0,6 $k$	780	960	1200	1440

Naprężeń dodatkowych, jakie powstają wskutek sztywnych połączeń w węzłach dźwigarów kratowych i w miejscach utwierdzenia belek wskutek osiadania podpór, znacznych odkształceń elementów oraz wskutek tarcia w przesłach i łożyskach, można nie uwzględniać.

W razie uwzględnienia naprężeń dodatkowych mogą być za zgodą Ministerstwa Transportu Drogowego i Lotniczego lub Ministerstwa Gospodarki Komunalnej podwyższone naprężenia dopuszczalne, lecz nie więcej niż o 10%. Podwyższenie naprężeń dopuszczalnych musi być każdorazowo uzasadnione w obliczeniu statycznym.

\*) Przepisy: Mosty stalowe, część ogólna (obciążenia stałe, parcie ziemi i wody oraz obciążenie ruchome).

\*\*) Przepisy: Mosty stalowe, część ogólna (obciążenie główne oraz dodatkowe, jak parcie wiatru, zmiany temperatury, skurcz materiału, osiadanie podpór itp.).



## 11. Dopuszczalne naprężenia dla nitów

Dopuszczalne naprężenia dla przypadków obciążenia, podanych w p. 2, należy przyjmować w połączeniach konstrukcji ze stali K37 (nitami ze stali Nt010, cecha N34) i konstrukcji ze stali K52 (nitami ze stali 6.1.15, cecha N44) według tablicy 18.

Przy użyciu nitów zwykłych (ze stali N34) do nitowania stali K52 obowiązują naprężenia dopuszczalne jak dla stali N34.

Tablica 18

Nity						
Lp.	Rodzaj naprężeń	Wzór na naprężenie	Stal N34		Stal N44	
			Obciążenie		Obciążenie	
			zwykle kG/cm <sup>2</sup>	wyjątkowe kG/cm <sup>2</sup>	zwykle kG/cm <sup>2</sup>	wyjątkowe kG/cm <sup>2</sup>
1	Ścinanie nitów	0,8 <i>k</i>	1040	1280	1600	1920
2	Ciśnienie na ściankę otworów nitów	2,0 <i>k</i>	2600	3200	4000	4800
3	Rozciąganie nitów *) przy długości trzpieni $\leq d$ przy długości trzpieni $\geq d$	0,6 <i>k</i>	780	960	1200	1440
		0	0	0	0	0

Przy zastosowaniu nitów z główkami płaskimi (wpuszczonymi) należy liczbę nitów, wynikającą z obliczenia, zwiększyć o 10%.

## 12. Dopuszczalne naprężenia dla śrub

Dopuszczalne naprężenia dla przypadków obciążenia, podanych w p. 2, należy przyjmować w połączeniach konstrukcji ze stali węglowej K37 (śrubami ze stali zwykłej) i konstrukcji ze stali specjalnej K52 (śrubami ze stali specjalnej) według tablicy 19.

Tablica 19

Śruby						
Lp.	Rodzaj naprężeń	Wzór na naprężenie	Stal zwykła		Stal specjalna	
			Obciążenie		Obciążenie	
			zwykłe kG/cm <sup>2</sup>	wyjątkowe kG/cm <sup>2</sup>	zwykłe kG/cm <sup>2</sup>	wyjątkowe kG/cm <sup>2</sup>
<b>a. Śruby pasowane</b>						
1	Ciśnienie na ściankę otworu	1,6 <i>k</i>	2080	2560	3200	3840
2	Rozciąganie	0,8 <i>k</i>	1040	1280	1600	1920
3	Ścinanie	0,7 <i>k</i>	910	1120	1400	1680
<b>b. Śruby surowe**)</b>						
4	Ciśnienie na ściankę otworu	1,1 <i>k</i>	1430	1760	2200	2640
5	Rozciąganie	0,7 <i>k</i>	910	1120	1400	1680
6	Ścinanie	0,6 <i>k</i>	780	960	1200	1440

\*) Na rozciąganie można obliczać nity tylko w wyjątkowych przypadkach. Wartości dla pośredniej długości trzpienia należy interpolować liniowo.

\*\*) Śruby surowe można używać do rusztowań i w wyjątkowych przypadkach do mostów prowizorycznych.



### 13. Dopuszczalne naprężenia dla żeliwa, stali lanej i kutej

Dopuszczalne naprężenia dla przypadków obciążenia, podanych w p. 2, należy przyjmować dla żeliwa, stali lanej i kutej według tablicy 20.

Dla łożysk na jednym lub dwóch wałkach naprężenia dopuszczalne na docisk przy obliczeniu według wzorów Hertza mogą być zwiększone o 10%

Tablica 20

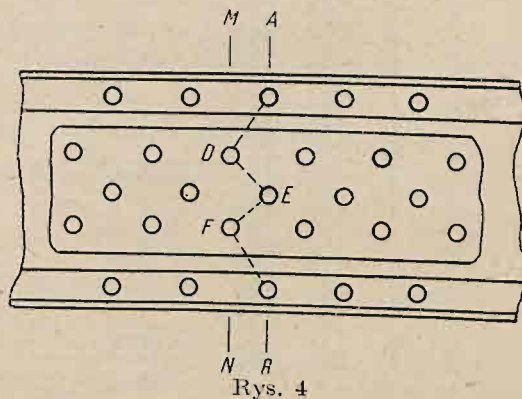
Żeliwo, stal lana i kuta

Lp.	Materiał i rodzaj naprężenia	Obciążenie	
		zwykle kG/cm <sup>2</sup>	wyjątkowe kG/cm <sup>2</sup>
a. Żeliwo			
1	Ściskanie	1000	1100
2	Ściskanie przy zginaniu	900	1000
3	Rozciąganie przy zginaniu	400	450
4	Docisk przegubów w otworach	1200	1300
5	Docisk przy obliczaniu według wzorów Hertza	3500	4000
b. Stal 37			
6	Ściskanie	1300	1600
7	Zginanie	1300	1600
8	Docisk przegubów w otworach	1700	2000
9	Docisk przy obliczaniu według wzorów Hertza	5000	6000
c. Stal łana			
10	Ściskanie	1800	2000
11	Zginanie	1800	2000
12	Docisk przegubów w otworach	2300	2600
13	Docisk przy obliczaniu według wzorów Hertza	7000	8000
d. Stal kuta			
14	Ściskanie	2000	2200
15	Zginanie	2000	2200
16	Docisk przegubów w otworach	2600	2800
17	Docisk przy obliczaniu według wzorów Hertza	7500	9000

### 14. Elementy rozciągane

Przy obliczaniu naprężeń w pręcie rozciągany należy przyjmować najbardziej niekorzystne osłabienie nitami, śrubami itd. w przekrojach płaskich lub łamanych (zygzakowatych).

Dla poszczególnych elementów pręta mogą być przyjęte różne przekroje, lecz oddalone od siebie nie więcej niż o jeden odstęp (skok) nitów.



W pręcie przedstawionym na rys. 4 dla osłabienia kątowników przyjęto przekrój według linii  $AB$ , dla blachy szerokiej — linii łamanej  $ADEFB$ , a dla blachy wąskiej według  $MDEFN$ .

### 15. Elementy ściskane

Przy obliczaniu naprężeń w pręcie ściskanym należy przyjmować również najbardziej niekorzystne osłabienie nitami lub śrubami w jednym przekroju płaskim, prostym do osi pręta, natomiast nie należy przyjmować najbardziej niekorzystnego osłabienia dla każdego elementu oddzielnie. Na przykład w pręcie przedstawionym na rys. 4 należy przyjąć osłabienie wszystkich elementów pręta w przekroju  $AB$ . Naprężenie należy obliczać

ze wzoru  $\sigma = \frac{P}{A_{\text{netto}}} \leq k$ .

### 16. Wyboczenie prętów prostych

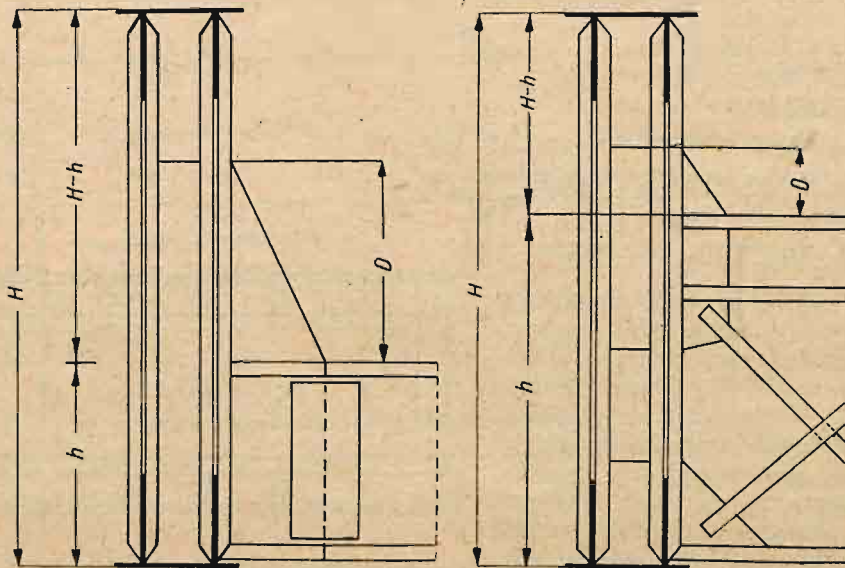
Elementy ściskane podłużnie należy obliczyć na wyboczenie. Naprężenie  $\sigma$  oblicza się podobnie jak przy zwykłym ściskaniu, mnożąc jedynie sprawdzany przekrój brutto przez współczynnik zmniejszający  $\beta$ , zależny od smukłości pręta, tj. od stosunku teoretycznej długości wyboczeniowej pręta  $L_w$  do promienia bezwładności  $i$ :

$$\sigma = \frac{P}{\beta \cdot A_{\text{brutto}}} \leq k.$$

We wzorze tym  $P$  oznacza siłę osiową,  $A_{\text{brutto}}$  — niebezpieczny przekrój brutto; współczynnik  $\beta$  podany jest w tablicach 23 i 24. Promień bezwładności wynosi:

$$i = \sqrt{\frac{J}{A}},$$

przy czym moment bezwładności  $J$  oraz przekrój  $A$  należy przyjmować brutto.



Rys. 5



Pręty nitowane (osłabione otworami), dla których  $\frac{A_{\text{netto}}}{A_{\text{brutto}}} < \beta$  należy sprawdzić na ściskanie według wzoru podanego w p. 15.

Dla prętów o zmiennym przekroju można przyjmować mniejszy z przekrojów w środku lub w  $\frac{1}{3}$  długości pręta.

Długość wyboczeniową prętów należy przyjmować według naukowo uzasadnionych wzorów lub według tablicy 21, długość zaś wyboczeniową pasów przy wyboczeniu z płaszczyzny dźwigara należy ustalać dla mostów o nie stężonych pasach ściskanych (otwartych) według tablicy 22.

Wielkości  $H$ ,  $h$  i  $D$  podaje rys. 5.

Tablica 21

Długość wyboczeniowa  $L_w$

Lp.	Element	Długość teoretyczna przy wyboczeniu	
		w płaszczyźnie kraty	prostopadło do płaszczyzny kraty
1	Pręty kraty przymocowane do blach węzłowych	0,8 $L$	$L$
2	Pręty kraty skrzyżowane w połowie długości, jeśli siła rozciągająca w przecie podtrzymującym jest równa:		
	a) sile ściskającej	0,5 $L$	0,75 $L$
	b) zeru	0,5 $L$	1,00 $L$
	(Przy wielkości pośredniej siły rozciągającej należy interpolować liniowo)		
3	Części pasów stężonych w węzłach	$L$	$L$
4	Ślupy z przegubami na obu końcach	$L$	$L$
5	Ślupy o wszechstronnym utwierdzeniu końców	0,8 $L$	0,8 $L$

Tablica 22

Długość wyboczeniowa  $L_w$

$D$	$\frac{H}{h} \leq 2$	$\frac{H}{h} = 2,5$	$\frac{H}{h} = 5$	$\frac{H}{h} = 10$
$\geq \frac{H-h}{2}$	1,5 $L$	1,5 $L$	1,65 $L$	2,25 $L$
$\frac{H-h}{2} > D > \frac{1}{5}(H-h)$	1,5 $L$	1,65 $L$	1,75 $L$	2,75 $L$
$\leq \frac{1}{5}(H-h)$	1,5 $L$	1,75 $L$	2 $L$	3 $L$

„ $L$ ” oznacza odstęp osiowy węzłów. Wartości pośrednie należy interpolować liniowo

## Współczynniki na wyboczenie dla stali K37

Smukłość $\frac{L_w}{i}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	0,998	0,996	0,994	0,992	0,990	0,988	0,986	0,984	0,982
10	0,980	0,977	0,974	0,971	0,968	0,965	0,962	0,959	0,956	0,953
20	0,950	0,947	0,944	0,941	0,938	0,935	0,932	0,929	0,926	0,923
30	0,920	0,917	0,914	0,911	0,908	0,905	0,902	0,899	0,896	0,893
40	0,890	0,886	0,882	0,878	0,874	0,870	0,866	0,862	0,858	0,854
50	0,850	0,845	0,840	0,835	0,830	0,825	0,820	0,815	0,810	0,805
60	0,800	0,794	0,788	0,782	0,776	0,770	0,764	0,758	0,752	0,746
70	0,740	0,734	0,728	0,722	0,716	0,710	0,704	0,698	0,692	0,686
80	0,680	0,674	0,668	0,662	0,656	0,650	0,644	0,638	0,632	0,626
90	0,620	0,613	0,606	0,599	0,592	0,585	0,578	0,571	0,564	0,557
100	0,550	0,543	0,536	0,529	0,522	0,515	0,508	0,501	0,494	0,487
110	0,480	0,474	0,468	0,462	0,456	0,450	0,444	0,438	0,432	0,426
120	0,420	0,414	0,410	0,405	0,400	0,395	0,390	0,385	0,380	0,375
130	0,370	0,365	0,360	0,355	0,350	0,345	0,340	0,335	0,330	0,325
140	0,320	0,316	0,312	0,308	0,304	0,300	0,296	0,292	0,288	0,284
150	0,280	0,277	0,274	0,271	0,268	0,265	0,262	0,259	0,256	0,253
160	0,250	0,247	0,244	0,241	0,238	0,235	0,232	0,229	0,226	0,223
170	0,220	0,218	0,216	0,214	0,212	0,210	0,208	0,206	0,204	0,202
180	0,200	0,198	0,196	0,194	0,192	0,190	0,188	0,186	0,184	0,182
190	0,180	0,178	0,176	0,174	0,172	0,170	0,168	0,166	0,164	0,162
200	0,160	0,158	0,156	0,154	0,152	0,150	0,148	0,146	0,144	0,142



Współczynniki na wyboczenie dla stali K52

Smukłość $\frac{L_w}{i}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	0,998	0,966	0,994	0,992	0,990	0,988	0,986	0,984	0,982
10	0,980	0,977	0,974	0,971	0,968	0,965	0,962	0,959	0,956	0,953
20	0,950	0,947	0,944	0,941	0,938	0,935	0,932	0,929	0,926	0,923
30	0,920	0,916	0,912	0,908	0,904	0,900	0,896	0,892	0,888	0,884
40	0,880	0,875	0,870	0,865	0,860	0,855	0,850	0,845	0,840	0,835
50	0,830	0,824	0,818	0,812	0,806	0,800	0,794	0,788	0,782	0,776
60	0,770	0,762	0,754	0,746	0,738	0,730	0,722	0,714	0,706	0,698
70	0,690	0,681	0,672	0,663	0,654	0,645	0,636	0,627	0,618	0,609
80	0,600	0,590	0,580	0,570	0,560	0,550	0,540	0,530	0,520	0,510
90	0,500	0,491	0,482	0,473	0,464	0,455	0,446	0,437	0,428	0,419
100	0,410	0,404	0,398	0,392	0,386	0,380	0,374	0,368	0,362	0,356
110	0,350	0,345	0,340	0,335	0,330	0,325	0,320	0,315	0,310	0,305
120	0,300	0,296	0,292	0,288	0,284	0,280	0,276	0,272	0,268	0,264
130	0,260	0,257	0,254	0,251	0,248	0,245	0,242	0,239	0,236	0,233
140	0,230	0,227	0,224	0,221	0,218	0,215	0,212	0,209	0,206	0,203
150	0,200	0,198	0,196	0,194	0,192	0,190	0,188	0,186	0,184	0,182
160	0,180	0,178	0,176	0,174	0,172	0,170	0,168	0,166	0,164	0,162
170	0,160	0,158	0,156	0,154	0,152	0,150	0,148	0,146	0,144	0,142
180	0,140	0,138	0,136	0,134	0,132	0,130	0,128	0,126	0,124	0,122
190	0,120	0,119	0,118	0,117	0,116	0,115	0,114	0,113	0,112	0,111
200	0,110	0,109	0,108	0,107	0,106	0,105	0,104	0,103	0,102	0,101

Dla innych gatunków stali należy współczynniki  $\beta$  interpolować z tablic 23 i 24 proporcjonalnie do granicy płynności.

Dla stali, których granica płynności różni się nie więcej niż o 5% od granicy płynności stali K37 lub K52, należy przyjmować współczynniki  $\beta$  odpowiednio według tablic 23 lub 24.

Wyboczenie należy obliczać w tej płaszczyźnie, której odpowiada największa smukłość pręta  $\frac{L_w}{i}$ .

Smukłość prętów nie powinna przekraczać: dla głównych prętów 150, dla drugorzędnych 200.

## 17. Wyboczenie prętów złożonych

Pręty złożone z elementów nie związanych ze sobą na całej długości, lecz tylko połączonych w odstępach przewiązkami lub kratą, należy obliczać podobnie jak pręty o przekroju jednolitym, a więc według wzoru podanego w p. 16, z tą różnicą, że smukłość zastępczą względem osi  $y - y$  (rys. 6) należy przyjmować według wzoru:

$$\lambda'_y = \gamma \lambda_y,$$

gdzie  $\lambda_y = \frac{L_y}{i_y}$  oznacza smukłość pręta względem osi  $y$ , obliczoną przy długości wyboczeniowej  $L_y$ , określonej według tablic 21 lub 22, zaś

$$\gamma = \sqrt{1 + \frac{n}{2} \left( \frac{\lambda_1}{\lambda_y} \right)^2}.$$

We wzorze tym  $\lambda_1 = \frac{L_1}{i_1}$  oznacza smukłość jednej gałęzi między przewiązkami względem osi  $y_1$ , przy czym  $L_1$  oznacza odległość między osiami przewiązek lub między osiami słupków kratki łączącej gałęzie, a  $n$  — ilość gałęzi w przecie.

W przecie złożonym z czterech kątowników (rys. 6) należy przyjmować  $n = 2$ , lecz  $i_1$  obliczać dla jednego kątownika względem osi wskazanej na rysunku. Smukłość zastępczą względem osi  $x$  oblicza się dla tego pręta analogicznie jak dla osi  $y$ .

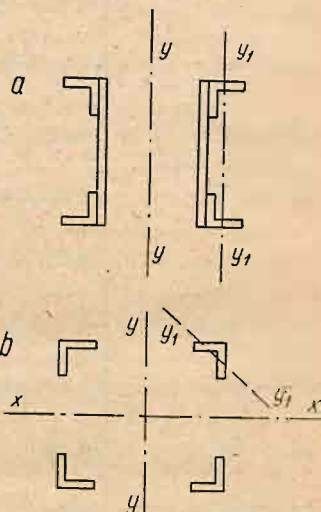
Dla pręta złożonego z dwóch gałęzi  $\gamma = \sqrt{1 + \left( \frac{\lambda_1}{\lambda_y} \right)^2}$ .

Wartość  $\gamma$  podano w tablicy 25.

Współczynniki  $\gamma$

Tablica 25

$\frac{\lambda_1}{\lambda_y}$	$\gamma$	$\frac{\lambda_1}{\lambda_y}$	$\gamma$	$\frac{\lambda_1}{\lambda_y}$	$\gamma$	$\frac{\lambda_1}{\lambda_y}$	$\gamma$
0,05	1,00	0,35	1,06	0,65	1,19	0,95	1,38
0,10	1,01	0,40	1,08	0,70	1,22	1,00	1,41
0,15	1,01	0,45	1,10	0,75	1,25	1,05	1,45
0,20	1,02	0,50	1,12	0,80	1,28	1,10	1,49
0,25	1,03	0,55	1,14	0,85	1,31	1,15	1,52
0,30	1,04	0,60	1,17	0,90	1,35	1,20	1,56



Rys. 6



Dla pośrednich wartości  $\frac{\lambda_1}{\lambda_y}$  należy przyjmować podane w tablicy większe współczynniki  $\gamma$ .

Odległość między przewiązkami należy tak dobierać, aby  $\lambda_1 \leq 0,6 \lambda_{\max}$ , lecz nie więcej niż 60.

Przewiązki należy obliczyć na działanie siły poprzecznej, czyli

$$Q = 0,012 \frac{P}{\beta}.$$

gdzie:

$P$  — siła osiowa występująca w przecie,

$\beta$  — współczynnik na wyboeczenie właściwy do ustalenia przekroju słupa według tablicy 23 lub 24.

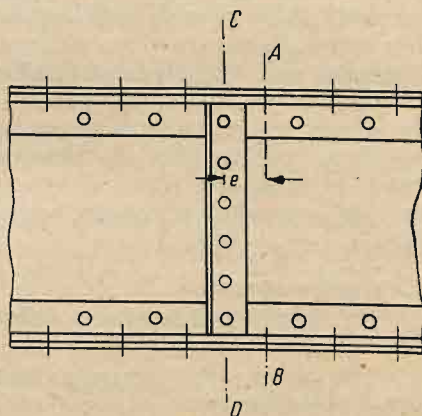
## 18. Elementy zginane

W belkach nitowanych należy przyjmować najbardziej niekorzystne osłabienie nitami zarówno pasów jak i środniaka. Przekrój osłabienia środniaka może być przesunięty nie więcej niż o pół skoku nitów od przekroju osłabienia pasów (przedstawione na rys. 7 pasy są osłabione w przekroju  $AB$ , środek zaś w przekroju  $CD$ ).

Jeśli nit pionowy kątownika znajduje się w odległości  $e < 2d$  od nitu poziomego ( $d$  — średnica nitu), to należy przyjąć osłabienie kątownika dwoma nitami.

Moment bezwładności otworów do nitów w środniaku można przyjmować równy 15% momentu bezwładności środniaka.

W belkach stalowych obetonowanych należy przyjmować do obliczenia naprężeń przekrój brutto, natomiast nie uwzględnia się przekroju obetonowania.



Rys. 7

## 19. Elementy obciążone mimośrodowo

Jeżeli nie stosuje się ściślejszych metod obliczenia przy sprawdzaniu naprężeń w prętach obciążonych mimośrodowo (siłą osiową  $P$  i momentami  $M_x$  i  $M_y$ ), to można korzystać z następujących wzorów przybliżonych.

Sprawdzenie na wyboeczenie (stateczność) przy sile ściskającej  $P$ :

$$\sigma = \frac{P}{A_b \cdot \beta} + \frac{M_x}{W_{xb}} + \frac{M_y}{W_{yb}} \leq k.$$

Sprawdzenie na wytrzymałość przy działaniu siły ściskającej  $P$  (jak w p. 16) oraz przy sile rozciągającej  $P$ :

$$\sigma = \frac{P}{A_n} + \frac{M_x}{W_{xn}} + \frac{M_y}{W_{yn}} \leq k.$$

Przy określaniu siły osiowej i momentów należy stosować odpowiednie znaki (w razie gdy  $M_x = 0$  lub  $M_y = 0$ , to odpowiedni wyraz należy odrzucić).

Przy sprawdzaniu na wyboeczenie przyjmuje się  $A_b$ ,  $W_{xb}$  oraz  $W_{yb}$  brutto, a przy sprawdzaniu na wytrzymałość  $A_n$ ,  $W_{xn}$  oraz  $W_{yn}$  netto.

## D. Szczegóły obliczania mostów drogowych \*)

### 1. Dźwigary kratowe

#### a. Środek ciężkości przekroju

Przy wyznaczaniu środka ciężkości przekroju niesymetrycznego należy przyjmować moment statyczny i przekrój pręta brutto.

#### b. Styki i przymocowanie prętów

Styki i przymocowanie prętów głównych należy obliczać przy założeniu, że wytrzymałość połączenia nie może być mniejsza od wytrzymałości pręta. Ilość nitów lub wymiary spoin, służących do przymocowania każdego z elementów pręta, powinny odpowiadać przekrojowi elementu.

Styki i przymocowanie prętów drugorzędnych (np. wiatrownic) mogą być obliczone na podstawie siły występującej w przecie. Ilość nitów do przymocowania części składowych pręta powinna być ustalona proporcjonalnie do przekrojów części składowych.

#### c. Słupki mostów otwartych lub trójpasowych

W mostach kratowych z tężnikami poziomymi (wiatrownicami) — nie we wszystkich pasach ściskanych (np. w mostach otwartych lub trójpasowych bez tężników wiatrowych w pasie środkowym) należy przy obliczaniu słupków i poprzecznie uwzględniać działanie dodatkowej siły poziomej, zaczepionej w węzłach niestężzonych pasów ściskanych. Wielkość siły należy przyjąć za równą 1% wartości większej z sił osiowych pasa w danym węźle, jej kierunek za prostopadły do płaszczyzny dźwigara głównego, a zwrot za najbardziej niekorzystny.

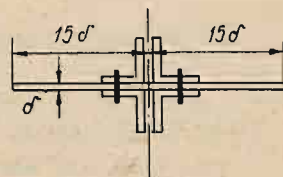
W mostach kratowych, mających tężniki poziome w pasach ściskanych, należy uwzględniać tę siłę przy obliczaniu słupków dźwigarów wiatrowych.

#### d. Węzeł podporowy

W węźle podporowym należy sprawdzić blachy pionowe na działanie reakcji\*\*).

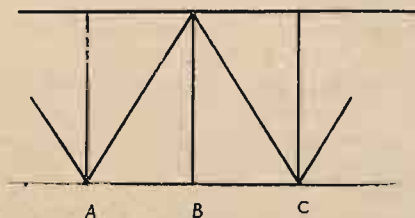
Do przekroju ściskanego wlicza się część środnika węzła podporowego o szerokości nie większej od 15-krotnej grubości środnika w każdą stronę (rys. 8) oraz kątowniki lub blachy usztywniające.

Węzeł podporowy dźwigarów zbieżnych (w których zbiega się pas górny i dolny) należy sprawdzić na działanie reakcji i jej momentu w granicach, gdzie węzeł ma przekrój belki o ściance pełnej.



Rys. 8

#### e. Wyginanie pasów w dźwigarach o kracie zastrzałowej



Rys. 9

W dźwigarach o kracie zastrzałowej należy uwzględnić naprężenie zginające w pasach pod wieszakami lub nad słupkami obciążonymi jezdnią w węzłach bez krzyżulec (węzeł B — rys. 9).

Siłę zginającą pas należy określić z równości wydłużenia wieszaka (lub skrócenia słupka) i strzałki ugięcia pasa. Pas należy przyjąć jako belkę utwierdzoną o roz-

\*) Treść tego podrozdziału została oparta na przepisach: Mosty stalowe. Przepisy o budowie i utrzymaniu mostów drogowych, część S, 1951 r.

\*\*) Mosty stalowe. Przepisy o budowie i utrzymaniu mostów drogowych, część S, dział II, rozdział VI, §18, p. 8.



piętości odpowiadającej dwóm przedziałom ( $AB$  — rys. 9). Naprężenie dopuszczalne w stali można w tym przypadku zwiększyć o 10%.

Jeżeli nie uwzględnia się w obliczeniu statycznym naprężeń zginających występujących w pasie, to w celu ich wyeliminowania należy nadać pasowi odpowiednią strzałkę odwrotną.

## 2. Dźwigary o ścianie pełnej (blachownicy)

### a. Środek ciężkości przekroju

Przy wyznaczaniu środka ciężkości blachownicy o przekroju niesymetrycznym należy przyjmować moment statyczny i przekrój blachownicy brutto.

### b. Naprężenia w blachownicach

W miejscach, w których występują jednocześnie duże naprężenia gnące i ścinające  $\tau > 0,25$  kG (np. w przekrojach przymocowania belek poprzecznych, w miejscach zmian przekroju), należy sprawdzać naprężenia zastępcze według wzoru:

$$\sigma_z = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} < k,$$

gdzie:  $\sigma$  — naprężenie normalne w danym punkcie przekroju,

$\tau$  — naprężenie ścinające w tym samym punkcie.

$k$  — naprężenie dopuszczalne na zginanie.

W przypadku występowania naprężeń normalnych  $\sigma_x$  i  $\sigma_y$  wzór ten będzie miał postać:

$$\sigma_z = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau^2} < k.$$

Naprężenia dopuszczalne należy w tym przypadku zwiększyć o 10%.

Jeżeli szerokość pasa ściskanego blachownicy jest mniejsza od 1/15 odległości pomiędzy stężeniami blachownic w kierunku poprzecznym, to należy sprawdzić blachownicę na zwichrzenia według PN/B — 190 \*).

Nad podporą należy sprawdzić środnik blachownicy na działanie reakcji, jak w podrozdziale D. p. 1 d.

Przy obliczaniu belki stalowej z współpracującą z nią płytą żelbetową należy przyjmować stosunek współczynnika sprężystości stali do współczynnika żelbetu równy 10.

### c. Styki blachownic

Przy obliczaniu styków blachownic zakłada się, że wytrzymałość blachownicy w styku nie może być mniejsza niż poza stykiem, lub styki oblicza się na moment i siłę poprzeczną występujące w styku.

### d. Usztywnienie środnika

W blachownicach o wysokości środnika  $h \geq 80$  g (gdzie  $g$  oznacza grubość blachy środnika) należy sprawdzić środnik na miejscową utratę stateczności (wybrzuszenie), przy czym naprężenia krytyczne należy obliczyć według następujących wzorów:

naprężenie krytyczne ścinające:

$$\tau_{kr} = K_s \left( \frac{100 \cdot g}{h} \right)^2 \text{ kG/cm}^2,$$

gdzie wartość współczynnika  $K_s$  należy wyznaczyć z tablicy 26.

\*) „Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie”. Łódź 1949.

Współczynnik  $K_s$  przy ścinaniu

$\frac{a}{h}$	$K_s$	$\frac{a}{h}$	$K_s$	$\frac{a}{h}$	$K_s$
0,333	9920	1,0	1770	1,7	1280
0,4	7110	1,1	1650	1,8	1250
0,5	4820	1,1	1540	1,9	1230
0,6	3580	1,3	1460	2,0	1210
0,7	2830	1,4	1400	2,5	1140
0,8	2350	1,5	1350	3,0	1100
0,9	2010	1,6	1310	—	—

W podanej tablicy  $a$  oznacza odstęp żeber usztywniających, a  $h$  — wysokość środnika.

Średnia wartość naprężenia ścinającego w środniku powinna spełniać warunek:

$$\tau = \frac{Q}{g \cdot h} \leq \frac{\tau_{kr}}{n},$$

gdzie:  $Q$  — siła poprzeczna w kG,  
 $n$  — współczynnik pewności.

Jeśli zaś działają tylko naprężenia zginające, to wartość krytycznego naprężenia normalnego określa wzór:

$$\sigma_{kr} = K_n \left( \frac{100 \cdot g}{h} \right)^2 \text{ kG/cm}^2.$$

Wartości współczynnika  $K_n$  są zestawione w tablicy 27.

Tablica 27

Współczynnik  $K_n$  przy zginaniu

$\frac{a}{h}$	0,333	0,4	0,5	0,6	0,7
$K_n$	6540	5530	4860	4580	4540

Największe naprężenie normalne w środniku powinno spełniać warunek:

$$\sigma_{\max} \leq \frac{\sigma_{kr}}{n},$$

gdzie  $n$  oznacza współczynnik pewności.

Dla środników usztywnionych żebrami poziomymi wartość współczynnika  $K_n$  oblicza się z niżej podanych wzorów, w zależności od stosunku naprężenia minimalnego oraz stosunku odległości  $a$  między żebrami pionowymi do odstepu  $h$  usztywnień poziomych.



$\sigma_{max}$  $\sigma_{min} = \psi \sigma_{max}$ 

Rys. 10

Jeśli oba naprężenia są ściskające (rys. 10):

$$K_n = \frac{1594}{\psi + 1,1}, \quad \text{przy } \frac{a}{h} \geq 1 \quad [1]$$

lub

$$K_n = \frac{398,5}{\psi + 1,1} \left( \frac{a}{h} + \frac{h}{a} \right)^2 \quad \text{przy } \frac{a}{h} < 1 \quad [2]$$

Jeśli  $\sigma_{max}$  jest naprężeniem ściskającym, a  $\sigma_{min}$  — rozciągającym (rys. 11):

$$K_n' = (1 + \psi)K_n' - \psi K_n + 10\psi(1 + \psi),$$

gdzie  $K_n$  należy przyjąć według wzorów (1) i (2) dla

$\psi = 0$ , a  $K_n$  według tablicy 27 i  $\psi = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$ , przy czym dla

ściskania należy przyjmować znak „+”, a dla rozciągania znak „-”.

W przekrojach, w których występują jednocześnie naprężenia zginające i znaczne naprężenia ścinające ( $\tau > 0,25 k$ ), współczynnik pewności oblicza się ze wzoru:

 $\sigma_{min} = \psi \sigma_{max}$ 

Rys. 11

$$n_1 = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{kr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{kr}}\right)^2}} \quad [3]$$

dla przypadków, gdy krytyczne naprężenie zastępcze wynosi:

$$\sigma_{skr} = n_1 \cdot \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq 2073 \text{ kG/cm}^2 \quad [4]$$

Gdy  $\sigma_{skr} > 2073 \text{ kG/cm}^2$ , to otrzymaną z tego wzoru wartość  $n_1$  redukuje się mnożąc przez współczynnik określony w tablicy 28. W tym więc przypadku musi być spełniony warunek:

$$n_2 = \alpha n_1.$$

We wzorach (3) i (4) oznaczają:

$\sigma$  — największe naprężenie zginające (normalne) w sprawdzanym przekroju środkowym,

$\tau$  — średnie naprężenie ścinające w tymże przekroju.

Wartość współczynnika  $n$  należy przyjmować przy zwykłym obciążeniu, 1,5 przy obciążeniu zaś wyjątkowym 1,4.

Tablica 28

Współczynnik  $\alpha$  dla stali K37 i K52

$\sigma_{skr}$	K37	K52	$\sigma_{skr}$	K37	K52	$\sigma_{skr}$	K37	K52
2073	1,00	1,00	2900	0,75	0,87	4600	0,50	0,67
2100	0,98	0,99	3000	0,73	0,86	4800	0,48	0,65
2200	0,94	0,98	3200	0,69	0,83	5000	0,46	0,63
2300	0,91	0,97	3400	0,66	0,81	5500	0,42	0,59
2400	0,88	0,95	3600	0,62	0,78	6000	0,38	0,55
2500	0,85	0,93	3800	0,59	0,75	6500	0,36	0,52
2600	0,83	0,91	4000	0,56	0,73	7000	0,33	0,48
2700	0,80	0,89	4200	0,53	0,71	8000	0,29	0,43
2800	0,78	0,88	4400	0,51	0,69	9000	0,26	0,39

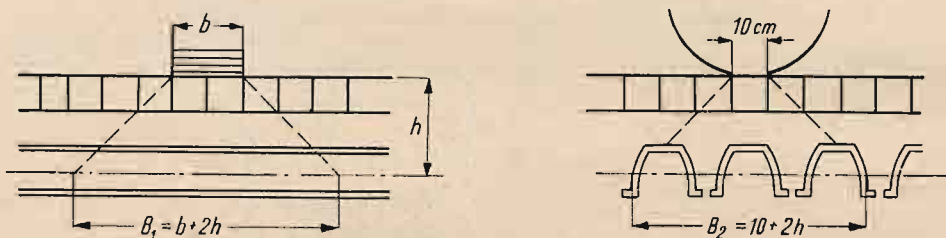
### 3. Słupki wahadłowe i nogi ramownic

Słupki wahadłowe, nogi ramownic wiaduktów itp., umieszczone na chodnikach przy krawężnikach lub na jezdniach ulic lub dróg o ruchu mechanicznym, należy sprawdzać na poziomą siłę uderzenia samochodu o wielkości 100 tonn, zaczepioną na wysokości 1,20 m od powierzchni jezdni. Siłę należy skierować wzdłuż jednej z osi głównych przekroju (najbardziej niekorzystnie). Przy uwzględnieniu wszystkich obciążeń słupa należy naprężenia dopuszczalne przyjąć za równe granicy płynności.

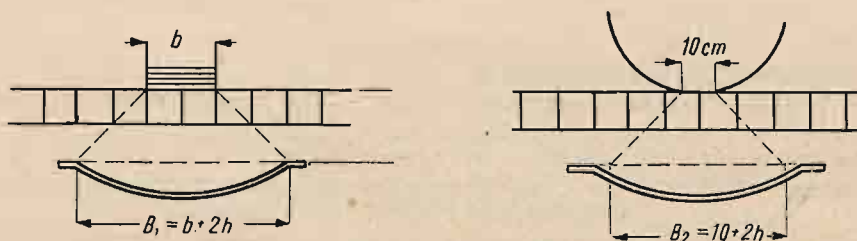
### 4. Szczegóły obliczania jezdni

#### a. Rozkład obciążeń przez nawierzchnię

Ciężary ruchome należy rozkładać przez nawierzchnię drogową na powierzchnię, na którą ciężar działa bezpośrednio, zwiększoną — zarówno w poprzecznym jak i podłużnym kierunku — o podwójną grubość nawierzchni drogowej (łącznie z podsypką, betonem itp.) i pojedynczą grubość pokładu nośnego, na którym leży nawierzchnia np. płyty żelbetowej, zoresówek itp. (rys. 12.)



Rys. 12



Rys. 13

W przypadku zastosowania niecek lub stali cylindrycznej grubość pokładu należy przyjąć za równą 0 (rys. 13).

#### b. Belki podłużne swobodnie podparte

Jeżeli środek belki podłużnej jest przymocowany do poprzecznic, natomiast pasy nie są odpowiednio przymocowane, to podłużnicę przyjmuje się jako swobodnie podpartą o rozpiętości równej rozstawowi teoretycznemu belek poprzecznych. Przynitowania belki należy obliczać na maksymalną reakcję pionową, zwiększoną o 20%.

#### c. Belki podłużne ciągłe

Belki podłużne, odpowiednio przymocowane (za pomocą spawania), można obliczać:

a) jako belki ciągłe na sprężystych podporach,



- b) jako belki częściowo utwierdzone, przyjmując, że moment gnący — zarówno w środku rozpiętości jak i na podporze — wynosi 80% maksymalnego momentu belki swobodnie podpartej, o rozpiętości równej rozstawowi belek poprzecznych.

Moment przymocowania może być przeniesiony:

- a) wyłącznie przez blachy poziome przy przymocowaniu nitowanym (na odrywanie główek można liczyć nity tylko w wyjątkowych przypadkach),  
b) przez blachy poziome i spoiny pionowe przy przymocowaniu spawanym.

W obu przypadkach blachy poziome muszą być odpowiednio przymocowane.

#### d. Belki poprzeczne

W konstrukcjach nośnych o dwóch dźwigarach głównych należy przyjąć, że belka poprzeczna jest swobodnie oparta na dźwigarach, a jej rozpiętość jest równa teoretycznemu rozstawowi dźwigarów głównych.

Przymocowanie belki za pomocą nitowania należy obliczać na maksymalną reakcję pionową, zwiększoną o 20%.

Przymocowanie zaś belki za pomocą spawania należy obliczać na maksymalną reakcję oraz na moment podporowy równy 20% maksymalnego momentu w środku rozpiętości belki swobodnie podpartej.

W przypadku kilku dźwigarów głównych zakłada się, że belka poprzeczna pracuje podobnie jak belka podłużna.

Jeżeli belka poprzeczna stanowi część ramy, to należy w niej uwzględnić odpowiednie momenty narożne.

#### e. Pomost drewniany

Obliczenie statyczne pomostu drewnianego powinno odpowiadać przepisom dotyczącym mostów drewnianych.

#### f. Płyta żelbetowa

Obliczenie statyczne płyty żelbetowej powinno odpowiadać przepisom dotyczącym mostów żelbetowych.

### 5. Ugięcie mostu

#### a. Ugięcie belek

Obliczone ugięcie belek wskutek obciążenia ruchowego nie powinno przekraczać:

$$\text{dla dźwigarów kratowych } \frac{1}{600} l$$

$$\text{„ „ o ścianie pełnej } \frac{1}{500} l$$

$$\text{„ wsporników krat } \frac{1}{250} a, \text{ zaś o ścianie pełnej } \frac{1}{200} a,$$

gdzie:  $l$  — rozpiętość przęsła,

$a$  — długość wspornika.

Przy obliczaniu ugięć nie należy wprowadzać współczynnika dynamicznego.

Przy sprawdzaniu ugięcia wskutek obciążenia traktoorem należy dopuszczalne ugięcie zwiększyć o 30%.

#### b. Ugięcie w środku rozpiętości blachownicy

Ugięcie w środku rozpiętości blachownicy (belek o ściance pełnej) swobodnie podpartych można obliczać według następujących wzorów:

$$a) \text{ dla belki o stałym przekroju } f = \frac{5}{48} \frac{M l^2}{E \cdot I},$$

$$b) \text{ dla belki o zmiennym przekroju } f = \frac{5,5}{48} \frac{M l^2}{E \cdot I},$$

gdzie:  $M$  — moment maksymalny od obciążenia ruchomego w  $\text{kG/cm}$ ,

$l$  — rozpiętość belki w  $\text{cm}$ ,

$E$  — współczynnik sprężystości przy zginaniu w  $\text{kG/cm}^2$ ,

$I$  — moment bezwładności w środku rozpiętości belki w  $\text{cm}^4$ .

#### c. Podniesienie wykonawcze

Dźwigarom o rozpiętości  $\geq 20$  m należy nadawać podniesienie wykonawcze równe co najmniej sumie ugięć od obciążenia stałego i połowy obciążenia ruchomego (bez współczynnika dynamicznego) oraz ugięcia trwałego (pozostającego).

Podniesienie wykonawcze wystarczy obliczyć dla punktów, w których ugięcia są największe, dla innych zaś punktów można je przyjąć według paraboli drugiego stopnia.

Ugięcie trwałe można przyjąć za równe  $\frac{1}{5000}$  rozpiętości belki i  $\frac{1}{2000}$  długości wspornika.

### 6. Rusztowania

Przy obliczaniu statycznym rusztowań należy uwzględniać ciężar konstrukcji stalowej, ciężar i działanie maszyn roboczych oraz parcie wiatru na powierzchnię rusztowania i konstrukcję stalową.

Naprężenia dopuszczalne należy przyjmować według przepisów dotyczących mostów drewnianych, przy czym ze względu na krótki czas użycia drewna na rusztowanie można zwiększyć przepisowe naprężenie dopuszczalne o 20%.

### 7. Dokładność obliczeń statycznych

Wymiary geometryczne należy obliczać z dokładnością do 1 mm, trygonometryczne do 0,0001.

Wielkość momentów gnących, sił poprzecznych, sił osiowych w prętach, momentów bezwładności, przekrojów elementów itp. — mogą być w wyniku ostatecznym zaokrąglone do trzech pierwszych cyfr (np. 27 300).

Naprężenia należy obliczać z dokładnością do 5  $\text{kG/cm}^2$ , ciężar zaś konstrukcji do 1  $\text{kG}$ .

Rzędne linii wpływu należy obliczać z taką dokładnością, aby po pomnożeniu przez obciążenia otrzymać wielkości z dokładnością nie mniejszą od podanej powyżej.

Przy rozwiązywaniu równań z wielu niewiadomymi oraz działań, w wyniku których otrzymuje się wartości niewielkie przez odejmowanie liczb dużych, należy przyjmować odpowiednio większą dokładność.

Ponadto przyjmuje się, że ciężar główek nitów wynosi 3,5% wagi konstrukcji.