

C z ę ś ć s z ó s t a

CIĘŻAR KONSTRUKCJI STALOWEJ, UGIĘCIE I PRÓBA MOSTU

Rozdział I

OBLICZENIE CIĘŻARU KONSTRUKCJI STALOWEJ MOSTU

1. Uwagi ogólne

Dla obliczenia ciężaru konstrukcji stalowej mostu sporządza się wykaz stali. Czynności te wchodzi w zakres prac związanych z wykonaniem szczegółowego technicznego projektu mostu.

Gdyby się okazało, że rzeczywisty ciężar metalu w przęśle jest większy lub mniejszy o przeszło 5% od ciężaru stałego, przyjętego do obliczeń statycznych, wówczas należy powtórzyć obliczenie statyczne dźwigarów po wprowadzeniu do niego nowego obciążenia stałego.

Wykaz stali i obliczenie ciężaru konstrukcji mostu są podstawą do wydania zamówień fabryce na wykonanie konstrukcji stalowej mostu i na jej montaż na miejscu budowy.

2. Wzór wykazu stali

Wykaz stali konstrukcji mostu sporządza się według następującego wzoru:

| Nr porz. | Elementy konstrukcji mostu | Ilość | Wymiary prze- kroju w mm | | Długość w m | | Ciężar w kG | |
|-------------|--|-------|-----------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|---|-------|
| | | | szerokość | gru- bość | 1 szt. | razem | 1 mb 1 m ³ 1 cm ³ | razem |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 91 | kątowniki | 8 | 80-80 | 8 | 0,160 | 1,280 | 9,63 | 12,3 |
| 92 | blachy pionowe | 4 | 340 | 12 | 0,935 | | | |
| 93 | „ „ | 4 | „ | „ | 0,580 m ² | 6,060 m ² | 32,03 | 194,1 |
| 94 | blachy węzłowe = 18,0 × 36,0 — 4 × 0,5 × 6,0 × 12,0 = 504,0 cm ² | 8 | — | 8 | 0,0504 | 0,4032 | 62,80 | 25,3 |

Rubryka 1. Wpisuje się kolejne numery każdej poszczególniej części elementów konstrukcji stalowej. Kolejny numer powinien odpowiadać numerowi podanemu na rysunkach wykonawczych projektu. Numeracja ułatwia odszukanie części wskazanej na rysunku i obliczenie ciężaru konstrukcji. Ułatwia ona również sprawdzenie wykazu stali przez drugą osobę.

Rubryka 2. W rubryce wyszczególnia się wszystkie części konstrukcji stalowej w następującej kolejności:

1. Dźwigary główne: pas górny, pas dolny, krzyżulce, słupki. Ilość oddzielnych elementów należy podawać dla dwóch dźwigarów.
2. Tężniki pomiędzy dźwigarami głównymi: tężniki podłużne górne, tężniki podłużne dolne, tężniki poprzeczne, ramownice. Ilość oddzielnych elementów podaje się dla całego przęsła.
3. Jezdnia: poprzecznice, podłużnice z tężnikami podłużnymi i tężnikami poprzecznymi, chodniki, poręcze, śruby i haki do przymocowania mostownic. Ilość oddzielnych elementów podaje się dla całego przęsła.
4. Łożyska z podziałem części ze stali lanej, stali kutej, stali zlewnej i ołowiu: wahacze górne łożysk stałych i ruchomych, kadłuby łożysk stałych, kadłuby łożysk ruchomych, płyty dolne łożysk ruchomych, a czasem i stałych, przeguby łożysk stałych i ruchomych, wałki łożysk ruchomych, kliny, płaszcze łożysk ruchomych, płyty ołowiane itp. w zależności od szczegółów konstrukcji.

Jeżeli powstają wątpliwości, do jakiego działu odnieść ten lub inny element, należy ustalić do jakiej części konstrukcji jest on bardziej potrzebny. Na przykład blachy węzłowe i wstawki fasonowe, służące do przymocowania krzyżulców oraz słupków, odnieść do pasów; nakładki fasonowe do przymocowania krzyżulców i słupków dźwigarów do blach węzłowych należą do krzyżulców lub słupów; blachy węzłowe do przymocowania tężników stanowią część tężników; blachy węzłowe i wsporniki, służące do przytwierdzenia blach poprzecznych do dźwigarów, odnieść do poprzecznic; kątowniki i nakładki do przymocowania podłużnic — do podłużnic itp.

Rubryka 3. Wpisuje się części mające jednakową długość przy tych samych wymiarach poprzecznych.

Rubryki 4, 5 i 6 przeznaczone są odpowiednio do wpisania szerokości, grubości i długości każdego elementu konstrukcji.

Rubryka 7 zawiera ogólną długość jednakowych elementów, przy czym elementy o tym samym przekroju poprzecznym i o różnych długościach mogą być podawane sumarycznie.

Rubryka 8. Wpisuje się ciężar blach, kątowników, dwuteowników itp. w kG/mb , blach węzłowych (obliczonych w metrach kwadratowych) w kG/m^2 i ciężar odlewów w kG/cm^3 .

Rubryka 9. Wpisuje się ciężar każdej poszczególniej konstrukcji przemnażając wagę z rubryki 8 przez ogólną długość z rubryki 7 z zaokrągleniem do jednego znaku dziesiętnego.

Ciężar jednostkowy stali zlewnej i stali lanej konstrukcji wynosi $0,00785 \text{ kG/cm}^3$, stali kutej łożysk — $0,00786 \text{ kG/cm}^3$ oraz ołowiu — $0,0114 \text{ kG/cm}^3$.

Przy obliczaniu ciężaru dodaje się na główki nitów 3,5 %.

Po wypełnieniu rubryk dla wszystkich elementów składających się na całość danej głównej części konstrukcji, np. dźwigarów, należy przeprowadzić kresę i pod nią w rubryce 9 wpisać łączny ich ciężar; w ten sam sposób sumuje się ciężar ogólny elementów tężników, jezdni i łożysk.

Obliczenie ciężaru konstrukcji stalowej węzła kończy się zestawieniem ogólnym.

Zestawienie metalu w przęśle

| | |
|---|----------|
| Dźwigary główne | kG |
| Tężniki pomiędzy dźwigarami głównymi..... | „ |
| Jezdnie | „ |
| Łożyska | „ |
| razem metalu w przęśle | kG |
| w tym | |
| stali zlewnej | kG |
| stali lanej | „ |
| stali kutej | „ |
| ołowiu | „ |
| razem | kG |

Ciężar metalu na 1 mb rozpiętości przęsła mostu można przedstawić wzorem $p = \alpha l + F_1 + F_2$.

gdzie: αl — ciężar dźwigarów głównych z tężnikami w kG na 1 mb przęsła,

F_1 — ciężar belek jezdni w kG na 1 mb przęsła,

F_2 — ciężar łożysk w kG na 1 mb przęsła.

R o z d z i a ł I I

UGIĘCIE DŹWIGARÓW MOSTOWYCH I ICH WZNIESIENIE KONSTRUKCYJNE

1. Ugięcie blachownie

Przy projektowaniu blachownie jako dźwigarów głównych mostów kolejowych i drogowych należy sprawdzać ich największe ugięcie teoretyczne.

Do obliczenia ugięcia teoretycznego pośrodku rozpiętości blachownie podpartych swobodnie na dwóch podporach można korzystać ze wzorów:

- 1) dla blachownie o przekroju stałym $\max f = \frac{5}{48} \cdot \frac{\max M l^2}{EI}$,
- 2) „ „ „ „ zmiennym $\max f = \frac{5,5}{48} \cdot \frac{\max M l^2}{EI}$.

We wzorach tych:

- l — rozpiętość teoretyczna blachownie,
- I — moment bezwładności przekroju blachownicy brutto pośrodku jej rozpiętości,
- E — moduł Younga dla stali zlewnej 2 100 000 kG/cm²,
- $\max M$ — największy moment zginający pośrodku rozpiętości blachownicy od obciążenia stałego lub od obciążenia ruchomego, albo od obciążenia stałego i ruchomego łącznie, zależnie od tego jakie ugięcie blachownicy jest określane.

Dla blachownie o przekroju zmiennym ugięcie ściśle może być określone sposobem wykreślno-analitycznym według metody Mohra.

W celach praktycznych stosowanie wzoru podanego pod punktem 2) jest zupełnie wystarczające.

Największe ugięcie blachownie, jako dźwigarów głównych, od obciążenia ruchomego nie powinno być większe niż 1 : 900 rozpiętości teoretycznej

blachownic dla mostów kolejowych oraz $\frac{1}{500}$ rozpiętości teoretycznej lub $\frac{1}{200}$ długości wspornika dla mostów drogowych.

Dla osiągnięcia takiej sztywności przy małej wysokości blachownic w mostach kolejowych nie można wyzyskiwać całkowicie naprężeń dopuszczalnych przy zginaniu.

2. Ugięcie kratownic

Strzałka ugięcia kratownic zarówno układów statycznie wyznaczalnych, jak i układów statycznie niewyznaczalnych określa się zupełnie ściśle w każdym węźle kratownicy według linii wpływu ugięcia, której rzędne w poszczególnych węzłach kratownicy wyznacza się ze wzoru:

$$f_n = \frac{1}{E} \sum \frac{S_i S_n \cdot l_i}{F_i},$$

gdzie: E — moduł stali zlewnej równy 2 100 000 kG/cm², wprowadzany jako czynnik stały dopiero przy ostatecznym obliczeniu ugięcia,

S_i — siła osiowa w przęcie i od obciążenia $P = 1$, działającego po kolei we wszystkich węzłach kratownicy,

S_n — siła osiowa w przęcie n od obciążenia $P = 1$, ustawionego w węźle n ,

l_i — długość przęta kratownicy,

F_i — przekrój brutto przęta kratownicy.

Wartości S_i i S_n brane są z linii wpływowej sił odpowiednich przętów kratownicy.

Obliczenie ugięcia kratownicy przeprowadza się:

1) dla dźwigarów swobodnie podpartych w dwóch punktach, dźwigarów ciągłych i międzypodporowych wspornikowych pośrodku rozpiętości każdego przęsła;

2) dla dźwigarów łukowych w $\frac{1}{4}$ rozpiętości licząc od podpory;

3) dla dźwigarów wspornikowych w końcu wsporników.

Dla ułatwienia pracy i orientacji pożądane jest ujęcie obliczenia rzędnych linii wpływowej ugięcia w zestawieniu według niżej podanego wzoru:

| Grupa | Znak | P=1 w węźle n S_n | Dłu- gość przęta l cm | Prze- krój przęta F_{br} cm ² | $\frac{S_n l}{F_{br}}$ | P=1 w węźle 1 | | P=1 w węźle 2 | | P=1 w węźle 3 | | P=1 w węźle 4 | | itd. |
|-------|------|-----------------------------------|-------------------------------------|--|------------------------|------------------|----------------------------------|------------------|----------------------------------|------------------|----------------------------------|------------------|----------------------------------|------|
| | | | | | | S_1 | $\frac{S_1 S_n \cdot l}{F_{br}}$ | S_2 | $\frac{S_2 S_n \cdot l}{F_{br}}$ | S_3 | $\frac{S_3 S_n \cdot l}{F_{br}}$ | S_4 | $\frac{S_4 S_n \cdot l}{F_{br}}$ | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| | | | | | | | | | | | | | | |

Rubryka 1 obejmuje grupy przętów kratownicy, a więc pas górny, pas dolny, krzyżulce, słupki.

Rubryka 2 wykazuje nazwy (znaki) poszczególnych przętów, przyjęte w obliczeniu statycznym.

Rubryka 3 przeznaczona jest do wpisania wielkości sił S_n , wziętych z linii wpływowej dla każdego poszczególnego pręta przy założeniu obciążenia $P = 1$ w węźle n kratownicy, w którym oblicza się ugięcie, przy czym siły S_n rozciągane mają znak plus, ściskane znak minus.

Rubryka 4 zawiera długości prętów kratownicy w cm.

Rubryka 5 zawiera przekroje brutto prętów kratownicy w cm^2 .

Rubryka 6 obejmuje wyniki działania arytmetycznego $\frac{S_n \cdot l}{F_{br}}$.

Rubryka 7 podaje siły w prętach kratownicy S_1 , wzięte z linii wpływowej sił w tych prętach z odpowiednim znakiem przy obciążeniu $P = 1$, ustawionym w węźle 1.

Rubryka 8 obejmuje wyniki działania arytmetycznego z odpowiednim znakiem $\pm \frac{S_1 \cdot S_n \cdot l}{F_{br}}$.

Rubryka 9 zawiera wielkość sił we wszystkich prętach kratownicy, wziętych z linii wpływu siły w tych prętach z odpowiednim znakiem przy położeniu $P = 1$, ustawionym w węźle 2.

Rubryka 10 obejmuje wyniki działania arytmetycznego z odpowiednim znakiem $\pm \frac{S_2 S_n \cdot l}{F_{br}}$.

Rubrykę 11 i 12 wypełnia się jak rubrykę 10 przy obciążeniu $P = 1$ w węźle 3.

Rubrykę 13 i 14 wypełnia się jak rubrykę 10 przy obciążeniu $P = 1$ w węźle 3 itd. aż do wyczerpania wszystkich węzłów kratownicy.

Wynik sumowania wszystkich wielkości z uwzględnieniem ich znaków w rubrykach 8, 10, 12, 14 itd. daje gotowe rzędne linii wpływowej ugięcia w węzłach 1, 2, 3, 4 itd. Częściowo sumowanie składowych rzędnych ugięcia według grup prętów kratownicy wykazanych w rubryce 1, ułatwia ustalenie wpływu na ugięcie prętów kratownicy pasa górnego, pasa dolnego, krzyżulców oraz słupków.

Ponadto przegląd rzędnych ugięcia w rubrykach 8, 10, 12 itd. wskaże, które pręty kratownicy mają pierwszy wpływ na jej ugięcie, i gdy zachodzi potrzeba zwiększenia sztywności kratownicy łatwo pozwala zorientować się, które pręty należy wzmocnić.

Na rys. 661 podany jest schemat dźwigara dwutorowego mostu kolejowego z jazdą dołem o rozpiętości teoretycznej 30,88 m oraz linia wpływowa ugięcia pośrodku rozpiętości, tj. w węźle 4. Mając linię wpływową ugięcia w węźle n możemy łatwo obliczyć:

- 1) pole ω linii wpływowej ugięcia
- 2) ugięcie f_s kratownicy od obciążenia stałego p kG/cm według wzoru:

$$f_s = \omega p \frac{1}{E} = \text{cm},$$

- 3) ugięcie f_r od obciążenia ruchomego, najniekorzystniej ustawionego na linii wpływowej ugięcia.

Rzędne pod ciężarami skupionymi obciążenia ruchomego oblicza się według interpolacji liniowej pomiędzy rzędnymi w sąsiednich węzłach.

Obliczenie rzędnych sił S i rzędnych linii wpływowej ugięcia prowadzi się z dokładnością do czterech znaków dziesiętnych.

Przykład. Linia wpływowa ugięcia kratownicy w węźle 4 (rys. 661). Obciążenie stałe 28 kG/cmb. Obciążenie ruchome: dwa 5-osiowe parowozy z obciążeniem 25 T/oś, 4-osiowy tender z obciążeniem 16T/oś i wagony 8 T/mb.

$\omega = (3,9557 + 8,8210 + 13,2186 + 1/2 \times 19,0128) \times 3,86 \times 2 = 374,073$:
ugięcie od obciążenia stałego:

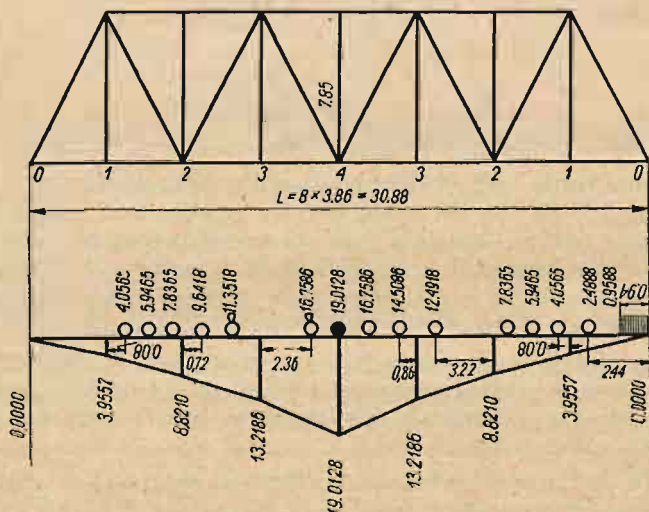
$$f_s = \frac{1}{2 \cdot 150 \cdot 000} \times 374 \cdot 073 \times 28,00 = 0,49 \text{ cm} = \frac{1}{6302} l;$$

ugięcie od obciążenia ruchomego:

$$f_r = \frac{1}{2 \cdot 150 \cdot 000} (4,0565 + 5,9465 + 7,8365 + 9,6418 + 11,3518 + 16,7586 + + 19,0128 + 16,7586 + 14,5086 + 12,4918) \times 25 \cdot 000 + (7,8365 + 5,9465 + 4,0565 + + 2,4888) \times 16 \cdot 000 + 1/2 \times 0,9588 \times 94 \times 80 = 1,53 \text{ cm} = \frac{1}{2018} l;$$

całkowite ugięcie:

$$f_{s+r} = 0,49 + 1,53 = 2,02 \text{ cm} = \frac{1}{1529} l.$$



Rys. 661

W celu niedopuszczenia do powstania naprężeń drugorzędnych w prętach pasa dolnego wskutek wydłużenia wieszaków należy podczas montażu, po ustawieniu dźwigara na łożyska i po zwolnieniu wszystkich węzłów od rusztowań, pas dolny wygiąć kolejno w węzłach 1,3 i 3,1 do góry na wielkość wydłużenia wieszaka = 2,56 mm i przynitować w stanie naprężonym pas do wieszaka.

Wydłużenie wieszaka ustala się według wzoru $\Delta w = \frac{S_1 l}{E_1 F_{br}}$,

gdzie: S_1 — max siła w wieszaku od obciążenia stałego,

l — długość wieszaka,

F_{br} — przekrój wieszaka brutto,

E_1 — 2100 000 kG/cm² moduł sprężystości stali zlewnej wieszaka

Ugięcie kratownic można określić również sposobem statyki wykreślniczo-analitycznej według metody Villiota; lecz sposób ten jest jednak mniej ścisły, gdyż wymaga wielkiej uwagi i dokładności przy sporządzaniu wykresu. Dla kratownic o większych rozpiętościach i o dużej ilości prętów sposób ten jest w wykonaniu uciążliwy.

Wielkość ugięcia kratownic zależy:

1) od wysokości dźwigarów, przy czym dźwigary wysokie uginają się mniej niż dźwigary niskie tej samej rozpiętości;

2) od kształtu pasów w związku z siłami w krzyżulcach i słupkach.

W dźwigarach o pasach równoległych i w ogóle w przypadkach, gdy krata wewnętrzna jest silna, może ona mieć wpływ na ugięcie dźwigarów dochodzące do 40% całkowitego ugięcia przy pełnym obciążeniu rozpiętości dźwigarów.

W dźwigarach parabolicznych o pasach zbieżnych wpływ krzyżulców i słupków na ugięcia dźwigarów jest nieznaczny, wynosi bowiem około 2% całkowitego ugięcia. Zjawisko to objaśnia się tym, że przy pełnym obciążeniu dźwigarów parabolicznych na całej rozpiętości siły w krzyżulcach są równe zeru, a siły w słupkach są nieznaczne.

Wielkość teoretyczna obliczonego ugięcia kratownic nie powinna przekraczać następujących norm dopuszczalnych:

dla mostów kolejowych

1) w przekrojach międzypodporowych 1 : 900 rozpiętości teoretycznej,

2) na końcach wsporników 1 : 500 rozpiętości teoretycznej;

dla mostów drogowych

1) w przekrojach między podporami 1 : 600 rozpiętości teoretycznej,

2) na końcu wsporników 1 : 250 długości wsporników.

Przy obliczeniu ugięcia od obciążenia traktoorem dopuszczalne ugięcie zwiększyć o 20%.

3. Wzniesienie konstrukcyjne dźwigarów mostowych

Blachownice jako dźwigary mostowe projektuje się i wykonuje w fabryce i na miejscu budowy bez wzniesienia konstrukcyjnego, ponieważ ze względu na małe rozpiętości blachownic nie ma ono praktycznego znaczenia.

Dźwigary kratowe w mostach kolejowych wykonuje się zawsze ze wzniesieniem konstrukcyjnym.

Wzniesienie konstrukcyjne dźwigarów jest potrzebne, aby zmniejszyć wpływ dynamiczny przechodzących pociągów, gdyż przy ugięciu wklęsłym toru kolejowego, ułożonego bez wzniesienia konstrukcyjnego, powstaje siła odśrodkowa, która powoduje zwiększenie pionowego obciążenia dźwigarów.

Przy przejściu pociągów tor kolejowy na moście przyjmuje położenie poziome, gdy wzniesienie dźwigarów odpowiada ich ugięciu od obciążenia pociągu.

Za wzniesieniem konstrukcyjnym przemawia i ta okoliczność, że dźwigary przewisające pod wpływem obciążenia ruchomego na moście sprawiają ujemne wrażenie.

Ponieważ dźwigary mają ugięcie stałe, a rzeczywiste ugięcie sprężyste jest zwykle mniejsze od ugięcia teoretycznego, przeto przy przejściu pociągów po moście ze wzniesieniem konstrukcyjnym tor zajmie położenie bliskie do położenia poziomego.

Projekt Normatywu obliczenia mostów kolejowych poleca stosowanie wzniesienia konstrukcyjnego równego strzałce ugięcia od obciążenia stałego plus połowa strzałki ugięcia od obciążenia ruchomego.

Wzniesienie konstrukcyjne dla mostów drogowych jest takie same z dodaniem ugięcia trwałego, które przyjmuje się równe 1 : 5000 rozpiętości dźwigara lub 1:2000 długości wspornika.

Jeżeli wznesienie konstrukcyjne pośrodku rozpiętości kratownicy jest $max f$, to wznesienie poszczególnych węzłów głównych pasa dźwigarów określi się według paraboli drugiego stopnia:

$$f = \frac{4 max f}{l^2} x(l - x),$$

gdzie: l — rozpiętość przęsła,

x — odległość danego węzła od podpory.

Strzałkę ugięcia od obciążenia ruchomego oblicza się zawsze bez uwzględnienia współczynnika dynamicznego.

W mostach drogowych w celu odwodnienia nawierzchni nadaje się wzdłuż mostu pochylenie wynoszące 1% ÷ 3%. Pochylenie to jest dwustronne, połączone pośrodku mostu krzywą, najczęściej parabolą. Wzniesienie to uwzględnia się przy ustalaniu wymiarów geometrycznych dźwigarów w obliczeniach statycznych.

Rozdział III

PRÓBA WYTRZYMAŁOŚCI MOSTÓW I ODDANIE DO UŻYTKU

1. Próba wytrzymałości dźwigarów mostowych

Po ustawieniu dźwigarów mostowych na łożyskach podporowych i usunięciu rusztowań montażowych przeprowadza się komisyjne badanie konstrukcji stalowej.

Badanie konstrukcji polega na stwierdzeniu, czy jest ona wykonana we wszystkich szczegółach zgodnie z projektem i obowiązującymi przepisami technicznymi oraz na przeprowadzeniu prób na wytrzymałość konstrukcji pod obciążeniem ruchomym.

Próby należy wykonać kolejno:

1) próbę statyczną dźwigarów, w czasie której obciążenie ruchome, odpowiadające największemu obciążeniu obliczeniowemu i ustawione najbardziej niekorzystnie dla uzyskania największego ugięcia dźwigarów, pozostaje na moście bez ruchu co najmniej pół godziny;

2) próbę dynamiczną, obowiązkową na mostach kolejowych, w czasie której pociąg próbny przepuszcza się przez most z szybkością dozwoloną na danym szlaku kolejowym.

Do przeprowadzenia prób mostów kolejowych używa się pociągów próbnych, składających się z dwóch najcięższych parowozów, kursujących na danej linii kolejowej, z tendrami o pełnym ładunku węgla i wody oraz załadowanych wagonów towarowych, tak aby długość pociągu próbnego przewyższała dwukrotnie długość każdego przęsła lub co najmniej odpowiadała długości obciążenia ruchomego, przyjętego do obliczenia ugięcia teoretycznego dźwigarów.

Przy obciążeniu statycznym próbny pociąg wolno wjeżdża na każde przęsło mostu, ustawia się w położeniu najbardziej niekorzystnym, odpowiadającym największej strzałce ugięcia i pozostaje na moście co najmniej 15 minut.

Przy obciążeniu dynamicznym próbny pociąg przejeżdża po moście kilkakrotnie z szybkością zaczynając od 25 km/godz i kończąc na największej dopuszczalnej na danym szlaku szybkości.

Przy próbie mostów kolejowych o przesłach dwutorowych należy mieć do rozporządzenia dwa pociągi próbne, aby jednocześnie obciążyć oba tory na moście.

Do przeprowadzenia próby statycznej mostów drogowych obciąża się przesła mostu szynami lub warstwą piasku i tłucznia, określonej obliczeniem wysokości. Ten sposób obciążenia mostu jest niepraktyczny, gdyż wymaga dłuższego czasu dla załadowania i usunięcia obciążenia mostu. Pod tym względem lepiej jest ustawić na moście kilka szeregów pojazdów załadowanych kamieniem, tym bardziej że pojazdy te mogą być użyte nie tylko do próby statycznej, lecz i do próby dynamicznej mostu.

Konstrukcja stalowego mostu drogowego powinna pozostawać pod pełnym obciążeniem 2 godziny i może być odciążona dopiero po zmierzeniu największej, dalej już nie wzrastającej strzałki ugięcia.

Obciążenie dynamiczne mostu drogowego polega na przepuszczeniu przez most ciężarów ruchomych z szybkością z góry zadaną, lecz nie przekraczającą szybkości dopuszczalnej ze względu na kategorię i stan drogi.

W czasie przeprowadzania próby statycznej mostu, zarówno kolejowego jak i drogowego, należy zmierzyć strzałkę ugięcia sprężystego oraz ustalić wielkość pozostałego ugięcia stałego.

Sprężyste ugięcie dźwigarów, zaobserwowane podczas próby statycznej i dynamicznej mostu, nie powinno być większe od ugięcia teoretycznego, obliczonego dla danego obciążenia ruchomego.

W razie użycia do próby mostu obciążenia mniejszego od przyjętego w obliczeniu, jednak nie mniejszego niż 80% normy obliczeniowej, rzeczywiste ugięcie sprężyste, zmierzone podczas próby, powinno być proporcjonalnie mniejsze.

Mając linię wpływową ugięcia dźwigara, łatwo można obliczyć wielkość ugięcia przy stosowaniu podczas próby każdego innego obciążenia ruchomego.

Pomiary przed próbnym obciążeniem i po nim zaleca się wykonywać podczas pogody niesłonecznej lub w godzinach rannych, gdy most nie jest narażony na wpływ nierównomiernego nagrzewania dźwigarów promieniami słońca.

Przy pomiarach należy zbadać, czy podpory mostowe nie ulegają osiadaniu; w tym celu konieczne jest wykonanie dokładnej niwelacji ciosów podporowych lub innych charakterystycznych punktów przyczółka w stosunku do punktów stałych (reperów).

Zmierzone ugięcie wypada zwykle mniejsze od obliczonego teoretycznie wskutek sztywności węzłów kratownicy, czego nie bierze się pod uwagę przy obliczaniu ugięcia.

Przy próbie dynamicznej różnica pomiędzy ugięciem zaobserwowanym a obliczonym teoretycznie wypada zwykle mniejsza niż przy próbie statycznej. Objaśnia się to tym, że ugięcie (szczególnie w mostach kolejowych) wzrasta pod działaniem dynamicznym obciążenia, spowodowanym szybkością ruchu pociągu i uderzeniami kół taboru na stykach szyn toru.

W mostach drogowych uderzenia kół pojazdów mogą powstać podczas ruchu pojazdów po nierównej nawierzchni mostu przy przejściu pieszych, idących równym krokiem itp.; jeżeli przy tym okresy uderzeń obciążenia ruchomego zbiegają się z okresami wahanja ugięcia dźwigarów mostowych, to amplituda ugięcia może wzrastać.

Stałe ugięcie dźwigarów powstaje wskutek ugniatania i osiadania konstrukcji, zwłaszcza na łożyskach przy użyciu w nich płyt ołowianych.

Wielkość ugięcia stałego, które występuje tylko po pierwszym obciążeniu próbnym konstrukcji, nie powinno być większe od $\frac{1}{4}$ ugięcia sprężystego obliczonego teoretycznie dla stałego obciążenia mostu.

Okresowe próby mostów statyczne i dynamiczne powinny być przeprowadzane w ustalonych przepisami terminach.

Po zakończeniu próbnego obciążenia należy dokonać oględzin mostu celem stwierdzenia, czy nie ma pęknięć materiału, uszkodzenia połączeń itp. W razie stwierdzenia braków komisja może zdecydować oddanie mostu do użytku z zastrzeżeniem, że wskazane braki zostaną usunięte. W tym przypadku stwierdzenie usunięcia braków obowiązuje władzę przejmującą most na utrzymanie.

Protokół próbnego obciążenia należy spisać w dwóch egzemplarzach, z których jeden powinien być dołączony do protokołu odbioru mostu, drugi doręcza się tej władzy, którą będzie obowiązywało utrzymanie mostu.

Wyniki prób notuje się za każdym razem w księgach mostowych, które zwykle prowadzi się w urzędach kolejowych i drogowych, sprawujących nadzór nad mostami.

2. Sposoby pomiarów ugięcia dźwigarów mostowych

Pomiar ugięcia dźwigarów mostowych może być dokonany:

1) za pomocąłaty stalowej lub drewnianej, przymocowanej górnym końcem do dźwigara; dolny koniecłaty może poruszać się swobodnie w pochwie z podziałkami, ustawionej w punkcie nieruchomym pod mostem, np. przymocowanej do pała pozostałego rusztowania montażowego lub do pała w tym celu białego pod mostem;

2) za pomocą niwelatora lub teleskopu; niwelator ustawia się na stałej podstawie poza mostem, a do pasów dźwigarów przytwierdza sięłaty lub korzysta się podczas niwelacji z łat przenośnych;

3) za pomocą specjalnych przyrządów ugięciomierzy; jeżeli most przechodzi nad rzeką, przyrząd ustawia się na moście, jeżeli zaś most leży nad terenem bezwodnym lub nad rusztowaniem, to przyrząd można ustawić bądź na ziemi pod mostem, bądź na rusztowaniu, bądź na moście.

Najprostszym przyrządem zapisującym ugięcie dźwigarów jest ołówek przymocowany w punkcie stałym, np. do pała. Ołówek za pomocą sprężyny przyciska się do arkusza papieru przytwierdzonego bezpośrednio do konstrukcji stalowej dźwigara albo dołaty połączonej z konstrukcją mostową.

W miarę ugięcia przesła papier opuszcza się w stosunku do ołówka, który kreśli na nim kreskę pionową; długość kreski w skali naturalnej równa się ugięciu przesła.

Może być zastosowane i odwrotne urządzenie. Ołówek przymocowuje się do dolnego końcałaty pionowej, a arkusz papieru dołaty przybitej do pała. Urządzenie to daje wynik niezbyt dokładny i może być stosowane, gdy jest spodziewane dość znaczne ugięcie.

Przy pomiarze za pomocą ugięciomierzy trzeba mieć stały punkt oparcia, nie zmieniający swego położenia podczas obciążenia mostu. Takim stałym punktem może być:

a) pał wbity pod mostem;

b) ciężar opuszczony na dno rzeki, doliny lub wąwozu, połączony z ugięciomierzem za pomocą drutu; przy dużej wysokości mostu nad przeszkodą

druć może wibrować pod działaniem wiatru lub prądu wody w rzece i wtedy wykres ugięcia nie jest ciągły; przy dłuższej trwającej obserwacji długość drutu ulega zmianie pod wpływem zmian temperatury powietrza i w tym przypadku łączenie ugięciomierza z drutem jest bezcelowe;

c) ciężar podwieszony na drucie lub na linie naciągniętej pomiędzy podporami kamiennymi mostu bezpośrednio pod dźwigarami, których ugięcie się mierzy.

Ugięciomierze są różnych systemów i można je podzielić na wskazujące ugięcia i na zapisujące ugięcia. Do pierwszych zalicza się przyrządy, na których ugięcie odczytuje się na tarczy z podziałką według strzałki poruszającej się po tarczy. Ugięcia są odczytywane z dokładnością dochodzącą do 0,01 mm.

Ugięciomierze mniej czułe pokazują ugięcie w skali powiększonej kilkakrotnie i zachowują największe odchylenie strzałki.

Bardziej skomplikowane i dość kosztowne aparaty piszące mają taśmę papieru nawiniętą na bęben, który obraca się z określoną szybkością, np. robi pełny obrót w ciągu paru sekund, minut, godziny, 12 godzin albo w ciągu 24 godzin, zależnie od potrzeby. Aparaty takie zapisują ugięcia w skali naturalnej lub powiększonej.

Przyrządy samopiszące mają tę zaletę, że na taśmie papieru milimetrowego kreślą wykres zmian ugięcia przy zmianie obciążenia ruchomego na moście. Rzędne pionowe wykresu dają ugięcia, rzędne zaś poziome pokazują czas, a więc może być ustalona wielkość oraz położenie obciążenia ruchomego na moście w czasie próby.

3. Oddanie mostów do użytku

Po zakończeniu prób mostu należy stwierdzić, czy nie powstały w konstrukcji stalowej uszkodzenia lub zniekształcenia wskutek obciążenia próbnego mostu.

Po otrzymaniu zadowalających wyników próby i po stwierdzeniu, że w ciągu następnych 15 dni po próbie nie zostały zauważone zwiększenia stałego ugięcia przęsła, ani żadne uszkodzenia, zmiany lub odkształcenia w częściach konstrukcji, przęsło uważa się za tymczasowo przyjęte.

Jeżeli w ciągu następnych sześciu miesięcy po wykonaniu próby nie zostaną stwierdzone żadne uszkodzenia lub zmiany w konstrukcji, przęsło uważa się za przyjęte ostatecznie.

Jeżeli powstanie konieczność wykonania naprawy jakichkolwiek uszkodzeń, to sześciomiesięczny termin przedłuża się o czas potrzebny na wykonanie tych napraw.

Dla mostów kolejowych okresy 15 dni i 6 miesięcy są ustalone w przewidywaniu nieprzerwanego ruchu pociągów na moście, w przeciwnym razie okresy te przedłuża się odpowiednio do 1 miesiąca i do 9 miesięcy.

W przyjęciu mostu tymczasowym i ostatecznym oględziny mostu i próby przeprowadza się komisyjnie ze spisaniem odpowiednich protokołów.



ŹRÓDŁA

- S. Bryła — Podręcznik inżynierski, Warszawa 1928
M. Thulie — Teoria mostów
M. Thulie — Mosty blaszane
M. Thulie — Mosty kratowe
Projekt normatywu obliczania mostów kolejowych
Mosty stalowe — Przepisy o budowie i utrzymaniu mostów drogowych (część ogólna i S), Warszawa 1951
- S. A. Caplin — Wisiaczkie mosty, Moskwa 1949
G. K. Jewgrafow — Mosty na żelaznych drogach, Moskwa 1948
E. O. Paton — Żelazne mosty, t. I. Fiermy balocznych mostow, Kijów 1915
E. O. Paton — Żelazne mosty, t. II. Oporne części balocznych mostow, Kijów 1913
E. O. Paton — Żelazne mosty, t. III. Przejazdy i trotuary, Kijów 1913
E. O. Paton — Żelazne mosty, t. IV. Światła między firmami, Kijów 1909
N. S. Streleckij — Stalowe konstrukcje, Moskwa, 1952
Prof. Umanski — Prostranstwienne systemy, Moskwa 1948
- K. Bernhardt — Eisernen Brücken, Berlin 1910
G. Schapér — Teste stählernen Brücken, Berlin 1934
- J. Résal — Cours de ponts métalliques
T. Godard — Ponts et combles métalliques

SPIS TREŚCI

str.

| | |
|-----------------|---|
| Przedmowa | 3 |
|-----------------|---|

Część pierwsza

Zasady budowy mostów stalowych

| | |
|---|----|
| Rozdział I. Wiadomości ogólne | 5 |
| 1. Klasyfikacja mostów | 5 |
| 2. Ogólna charakterystyka mostów stalowych..... | 7 |
| Rozdział II. Stal do budowy mostów | 7 |
| 1. Własności stali | 8 |
| 2. Sortyment stali | 9 |
| 3. Walcowanie blach | 9 |
| 4. Blachy uniwersalne..... | 10 |
| Rozdział III. Zasady projektowania stalowych mostów nitowanych | |
| A. Wytrzymałość stali i rodzaje naprężeń | 12 |
| 1. Graniczna wytrzymałość i sprężystość stali | 12 |
| 2. Naprężenie zasadnicze i drugorzędne | 12 |
| 3. Wpływ wiatru | 13 |
| B. Zasady projektowania stalowych mostów kolejowych | 14 |
| 1. Obciążenia mostów | 14 |
| 2. Dokładność obliczeń statycznych..... | 18 |
| 3. Materiały..... | 19 |
| 4. Naprężenia dopuszczalne | 20 |
| 5. Współczynnik dynamiczny | 22 |
| 6. Zespoły obciążeń | 22 |
| 7. Sprawdzanie naprężeń i badania stateczności oddzielnych części | 22 |
| C. Zasady projektowania stalowych mostów drogowych..... | 25 |
| 1. Klasyfikacja mostów | 25 |
| 2. Skrajnia ruchu w mostach drogowych | 26 |
| 3. Normy obciążenia mostów drogowych..... | 26 |
| 4. Współczynnik dynamiczny | 28 |
| 5. Parcie wiatru | 28 |
| 6. Siła odśrodkowa | 29 |
| 7. Wpływ zmian temperatury..... | 29 |
| 8. Materiały..... | 30 |
| 9. Rodzaje naprężeń dopuszczalnych..... | 31 |
| 10. Dopuszczalne naprężenia dla stali konstrukcyjnej..... | 31 |
| 11. Dopuszczalne naprężenia dla nitów | 32 |
| 12. Dopuszczalne naprężenia dla śrub | 32 |
| 13. Dopuszczalne naprężenia dla żeliwa, stali lanej i kutej... | 33 |
| 14. Elementy rozciągane | 33 |
| 15. Elementy ściskane | 34 |
| 16. Wyboczenie prętów prostych | 34 |
| 17. Wyboczenie prętów złożonych | 38 |
| 18. Elementy zginane | 39 |
| 19. Elementy obciążone mimośrodowo | 39 |

| | |
|---|----|
| D. Szczegóły obliczania mostów drogowych | 40 |
| 1. Dźwigary kratowe | 40 |
| 2. Dźwigary o ścianie pełnej (blachownice) | 41 |
| 3. Słupki wahadłowe i nogi ramownie | 44 |
| 4. Szczegóły obliczania jezdni | 44 |
| 5. Ugięcie mostu | 45 |
| 6. Rusztowania | 46 |
| 7. Dokładność obliczeń statycznych | 46 |
| Rozdział IV. Ciężar własny mostów stalowych | 47 |
| 1. Części składowe przęsła | 47 |
| 2. Ciężar własny nawierzchni jezdni i chodników | 47 |
| 3. Ciężar własny tężników | 48 |
| 4. Ciężar własny dźwigarów głównych i mostu | 49 |
| 5. Obliczenie ciężaru dźwigara przy przejściu od istniejących na- prężen do nowych | 52 |
| Rozdział V. Wykonanie konstrukcji mostowej w warsztatach | 53 |
| 1. Zasady ogólne | 53 |
| 2. Wyginanie profilów i blach | 55 |
| 3. Trasowanie | 56 |
| 4. Otwory do nitów i składanie konstrukcji w wytwórni | 56 |
| Rozdział VI. Nitowanie | 58 |
| 1. Zasady nitowania | 58 |
| 2. Obliczanie nitów | 62 |
| 3. Obliczanie połączeń nitowanych | 64 |
| 4. Sprawdzanie nitów na zgniatanie | 67 |
| 5. Stykowanie i nitowanie kątowników | 68 |
| 6. Styki środników belek zginanych | 70 |
| 7. Właściwości połączeń nitowanych | 71 |
| 8. Oznaczanie średnicy nitów na rysunkach konstrukcji stalowej | 73 |

Część druga

Mosty belkowe

| | |
|--|-----|
| Rozdział I. Belki o ścianie pełnej | 75 |
| 1. Rodzaje belek o ścianie pełnej | 75 |
| 2. Kształt przekroju blachownic | 76 |
| 3. Wysokość blachownic | 77 |
| 4. Obliczanie blachownic nitowanych | 79 |
| 5. Obliczanie długości blach poziomych | 85 |
| 6. Przekrycia styków elementów blachownic | 87 |
| 7. Usztywnianie środnika blachownicy | 91 |
| Rozdział II. Układy głównych belek kratowych | 94 |
| 1. Dźwigary jednopręsłowe | 94 |
| 2. Dźwigary wielopręsłowe | 100 |
| 3. Dźwigary wspornikowe | 101 |
| 4. Ogólne uwagi dotyczące dźwigarów mostowych | 106 |
| Rozdział III. Własności różnych układów belek kratowych | 109 |
| 1. Najkorzystniejsza wysokość dźwigarów kratowych | 109 |
| 2. Obliczanie teoretycznego ciężaru dźwigarów kratowych | 113 |
| 3. Własności dźwigarów parabolicznych | 114 |
| 4. Własności dźwigarów hiperbolicznych | 117 |
| 5. Najkorzystniejsze pochylenie krzyżulec dźwigarów o kracie zastrzałowej | 120 |
| 6. Najkorzystniejsze pochylenie krzyżulec do pasa w kracie pro- stokątnej | 121 |
| 7. Porównanie kraty krzyżulecowej z prostokątną | 121 |
| 8. Krata półkrzyżulecowa | 122 |
| 9. Uwagi ogólne | 123 |

| | |
|---|-----|
| Rozdział IV. Linie wpływowe | 124 |
| A. Budowa linii wpływowych najczęściej stosowanych kratownic w budowie mostów | 124 |
| 1. Pojęcie linii wpływowej | 124 |
| 2. Linie wpływowe sił w elementach kratownicy | 127 |
| B. Systematyzacja i tabelaryzacja obliczeń | 166 |
| 1. Dane geometryczne dźwigara kratowego | 167 |
| 2. Obliczenie rzędnych linii wpływowych sił w poszczególnych prętach | 169 |
| C. Linie wpływowe sił w prętach kratownicy ciągłych statycznie niewyznaczalnych | 172 |
| 1. Sposób oparty na wzorach Maxwella-Mohra dla krat | 172 |
| 2. Przybliżony sposób obliczania linii wpływowych w kratownicach ciągłych, oparty na przyrównaniu belki kratowej do belki pełnościennej | 176 |
| Rozdział V. Dobór przekrojów prętów dźwigarów kratowych | 185 |
| 1. Uwagi ogólne | 185 |
| 2. Przekroje pasów dźwigarów głównych | 186 |
| 3. Usztywnienia pasów | 196 |
| 4. Obliczanie naprężeń w pasach | 198 |
| 5. Styki w pasach | 200 |
| 6. Pręty kraty dźwigarów głównych | 204 |
| 7. Krata prętów | 212 |
| Rozdział VI. Konstrukcja węzłów kratownicy | 214 |
| 1. Zasady projektowania węzłów | 214 |
| 2. Sposoby przytwierdzania prętów kraty do pasów dźwigarów | 215 |
| 3. Węzły podporowe zbieżne | 222 |
| 4. Węzły wewnętrzne | 224 |
| 5. Blachy węzłowe | 226 |

Część trzecia

Jezdnia mostu i chodniki

Konstrukcja nawierzchni stalowych mostów

| | |
|--|-----|
| Rozdział I. Nawierzchnia kolejowych mostów stalowych | 229 |
| A. Nawierzchnia na mostownicach | 229 |
| 1. Mostownice drewniane | 229 |
| 2. Mostownice stalowe | 235 |
| B. Nawierzchnia kolejowa z podsypką | 237 |
| 1. Zalety i wady nawierzchni z podsypką | 237 |
| 2. Podłoże z blachy nieckowej | 238 |
| 3. Odwadnianie nawierzchni z podsypką | 244 |
| 4. Podłoże z płyt żelbetowych | 245 |
| 5. Stalowa jezdnia falista | 245 |
| 6. Nawierzchnia kolejowa na dźwigarach bliźniaczych | 248 |
| C. Obliczanie nawierzchni kolejowej | 250 |
| 1. Obliczanie podłoża z fal stalowych | 250 |
| 2. Obliczanie blachy cylindrycznej | 251 |
| 3. Obliczanie blachy nieckowej | 253 |
| Rozdział II. Nawierzchnia stalowych mostów drogowych | 254 |
| A. Nawierzchnia drogowa typu lekkiego | 255 |
| 1. Nawierzchnia na drewnianych belkach podłużnych | 255 |
| 2. Nawierzchnia na dylach drewnianych | 255 |
| B. Nawierzchnia drogowa typu ciężkiego | 257 |
| 1. Ogólna charakterystyka nawierzchni | 257 |
| 2. Przytwierdzenie belek Zoresa i blach nieckowych do belek | 258 |
| 3. Obliczanie belek Zoresa | 259 |
| 4. Nawierzchnia trwała chodników | 261 |
| 5. Odwadnianie nawierzchni | 261 |
| 6. Przepuszczanie prętów dźwigarów mostu przez nawierzchnię jezdni i chodników | 263 |

| | |
|--|-----|
| Rozdział III. Połączenie belek o ścianie pełnej | 264 |
| 1. Uwagi ogólne | 264 |
| 2. Szttywne połączenie blachownic | 265 |
| 3. Połączenie belek walcowanych | 273 |
| 4. Przegubowo-przesuwne połączenie belek | 273 |
| Rozdział IV. Połączenie poprzecznie jezdni z dźwigarami głównymi | 276 |
| 1. Połączenie poprzecznie z dźwigarami głównymi w mostach z jazdą górą | 277 |
| 2. Połączenie poprzecznie z dźwigarami głównymi w mostach z jazdą dołem | 282 |
| 3. Połączenie poprzecznie z dźwigarami głównymi w mostach z jazdą pośrodku | 287 |
| Rozdział V. Połączenie przerw jezdni mostów | 289 |
| 1. Uwagi ogólne | 289 |
| 2. Połączenie przerw nawierzchni mostów kolejowych | 289 |
| 3. Połączenie przerw w jezdni mostów drogowych | 293 |
| 4. Odprowadzenie wody z przerw nawierzchni mostowej | 297 |
| Rozdział VI. Chodniki i poręcze | 298 |
| 1. Chodniki na mostach kolejowych | 298 |
| 2. Chodniki na mostach drogowych | 299 |
| 3. Poręcze na chodnikach | 302 |

Część czwarta

Tężniki i łożyska

| | |
|--|-----|
| Rozdział I. Tężniki podłużne i poprzeczne w mostach stalowych | 307 |
| 1. Zadania i rodzaje tężników | 307 |
| 2. Tężniki w mostach z jazdą górą | 308 |
| 3. Tężniki w mostach z jazdą dołem | 312 |
| 4. Układ kraty w tężnikach podłużnych | 313 |
| 5. Obliczanie kratownic tężnikowych | 314 |
| 6. Ramownice | 315 |
| 7. Obliczanie ramownice w mostach z jazdą dołem i w mostach z jazdą górą | 318 |
| 8. Ramownice w mostach z jazdą górą | 329 |
| 9. Stężenia poprzeczne mostów otwartych | 334 |
| 10. Tężniki w wielopręsłowych dźwigarach bezprzegubowych | 335 |
| 11. Tężniki w dźwigarach wspornikowych lub przegubowych | 335 |
| 12. Przekroje prętów tężników | 337 |
| 13. Tężniki pomiędzy podłużnicami mostów kolejowych | 341 |
| 14. Tężniki hamowne w mostach kolejowych | 346 |
| Rozdział II. Łożyska | 350 |
| 1. Zadania i rodzaj łożysk | 350 |
| 2. Łożyska płaskie | 351 |
| 3. Łożyska styczne | 355 |
| 4. Łożyska przegubowe i czopowe | 358 |
| 5. Zakotwienie łożysk stałych | 371 |
| 6. Zakotwienie łożysk ruchomych | 372 |
| 7. Łożyska belek zawieszonych na wspornikach | 374 |

Część piąta

Mosty łukowe i wiszące

| | |
|---|-----|
| Rozdział I. Mosty łukowe | 379 |
| 1. Charakterystyka mostów łukowych | 379 |
| 2. Obliczanie mostów łukowych o ścianie pełnej | 381 |
| 3. Wpływ temperatury na łuki | 385 |
| 4. Obliczenie dwuprzegubowych łuków kratowych | 387 |
| 5. Ugięcie łuków | 389 |
| 6. Konstrukcja jezdni w mostach łukowych z jazdą górą | 390 |
| 7. Łożyska mostów łukowych | 397 |
| 8. Mosty łukowe z jazdą dołem | 405 |

| | |
|---|-----|
| Rozdział II. Mosty wiszące | 409 |
| 1. Charakterystyka mostów wiszących | 409 |
| 2. Obliczanie mostów wiszących gibkich | 411 |
| 3. Obliczanie mostów wiszących, usztywnionych belką | 414 |
| 4. Konstrukcja łańcuchów mostów wiszących | 418 |
| 5. Podwieszenie wieszaków do łańcuchów | 422 |
| 6. Podwieszenie jezdni do wieszaków | 423 |
| 7. Podparcie łańcuchów na podporach | 425 |
| 8. Umocowanie łańcuchów kotwicznych | 428 |

| | |
|---|-----|
| Rozdział III. Współczesne drogi rozwoju mostów wiszących i współczesne metody obliczania mostów wiszących | 429 |
| 1. Współczesne drogi rozwoju mostów wiszących | 429 |
| 2. Współczesne metody obliczania mostów wiszących | 430 |
| 3. Obliczenia statyczne mostów wantungowych i mostów wiszących czterolańcuchowych | 433 |
| 4. Drgania własne mostów wiszących | 434 |
| 5. Ocena stateczności aerodynamicznej mostu dwulańcuchowego i mostu czterolańcuchowego | 437 |

Część szósta

Ciężar konstrukcji stalowej, ugięcie i próba mostu

| | |
|--|-----|
| Rozdział I. Obliczenie ciężaru konstrukcji stalowej mostu | 443 |
| 1. Uwagi ogólne | 443 |
| 2. Wzór wykazu stali | 443 |
| Rozdział II. Ugięcie dźwigarów mostowych i ich wzniesienie konstrukcyjne | 445 |
| 1. Ugięcie blachownic | 445 |
| 2. Ugięcie kratownic | 446 |
| 3. Wzniesienie konstrukcyjne dźwigarów mostowych | 449 |
| Rozdział III. Próba wytrzymałości mostów i oddanie do użytku | 450 |
| 1. Próba wytrzymałości dźwigarów mostowych | 450 |
| 2. Sposoby pomiarów ugięcia dźwigarów mostowych | 451 |
| 3. Oddanie mostów do użytku | 453 |
| Źródła | 455 |
| Spis treści | 457 |

