

TRANSPORT SZYNOWY	NORMA BRANŻOWA	BN-71
	Sieć trakcyjna kolejowa	9317-89
	Stalowe konstrukcje wsporcze Obliczenia statyczne i projektowanie	Grupa katalogowa VI 77

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy są obliczenia statyczne i zasady projektowania stalowych konstrukcji wsporczych stosowanych w kolejowej sieci trakcyjnej prądu stałego 3 kV.

1.2. Zakres stosowania normy. Normę należy stosować przy obliczaniu i projektowaniu stalowych konstrukcji wsporczych kolejowej sieci trakcyjnej.

1.3. Określenia

1.3.1. Bramka — konstrukcja wsporcza składająca się z dwóch lub więcej słupów połączonych ze sobą u góry sztywnym rygłem skierowanym prostopadłe do osi torów.

1.3.2. Bramka przelotowa — bramka, na której sieci jezdne są podwieszone jak na słupie przelotowym.

1.3.3. Bramka kotwowa — bramka, do której kotwione są przewody sieci jezdnej.

1.3.4. Konstrukcja nośna — każde urządzenie specjalne wybudowane do podwieszenia sieci jezdnej.

1.3.5. Konstrukcja wsporcza — każda konstrukcja nośna sztywna (tzn. nie zawierająca elementów giętkich w postaci lin) służąca do podwieszenia sieci jezdnej bądź też stanowiąca część układu do podwieszenia sieci.

1.3.6. Rygiel (dźwigar) bramki — belka sztywna łącząca słupy bramki, do której podwiesza się sieć jezdna.

1.3.7. Słup — pojedyncza konstrukcja wsporcza pionowa osadzona w gruncie za pomocą fundamentu lub w inny sposób.

1.3.8. Słup indywidualny — słup, na którym podwieszona jest jednostronnie (lub dwustronnie) pojedyncza sieć jezdna bądź rozjazd sieciowy.

1.3.9. Słup kotwienia środkowego — słup, na którym zakotwione są ciągła unieruchamiające wysięgnik słupa środkowego.

1.3.10. Słup kotwowy — krańcowy słup odcinka naprężenia.

1.3.11. Słup krzyżowy — słup w prześle naprężenia pomiędzy słupami kotwowymi, na wysięgniku którego występuje załom sieci jezdnej przy zejściu do kotwienia.

1.3.12. Słup prowizoryczny — słup osadzony w gruncie bezpośrednio, usztywniony podkładami drewnianymi lub deskami żelbetowymi.

1.3.13. Słup odciągowy — słup, do którego zamocowany jest odciąg sieciowy.

1.3.14. Słup przelotowy — słup służący wyłącznie jako punkt podwieszenia sieci jezdnej.

1.3.15. Słup rozjazdowy — słup, na wysięgniku którego podwieszony jest rozjazd sieciowy.

1.3.16. Słup środkowy — słup, którego wysięgnik jest unieruchomiony w sposób uniemożliwiający przesuwanie się sieci jezdnej w kierunku słupów kotwowych, umieszczony w miarę możliwości w środku odcinka naprężenia.

1.3.17. Słup specjalny — słup mocowany bezpośrednio do budowli inżynierskich (mosty, wiadukty) usytuowanych w obrębie torów kolejowych.

1.3.18. Słup z wysięgiem na 2 tory — słup z wysięgiem jednostronnym (lub dwustronnym) służący do podwieszenia po jednej jego stronie (lub dwustronnie) sieci jezdnych dwóch sąsiednich torów.

1.3.19. Słup zawieszenia poprzecznego — słup służący do zamocowania lin zawieszenia poprzecznego.

1.3.20. Słup zawieszenia poprzecznego krańcowy — słup, do którego liny zawieszenia są zakotwione tylko z jednej strony.

1.3.21. Słup zawieszenia poprzecznego pośredni — słup, do którego liny zawieszenia są zakotwione z obu przeciwległych stron.

1.3.22. Wspornik sieciowy — konstrukcja nośna sztywna, zamocowana pionowo do rygla bramki lub wysięgu, służąca do podwieszenia sieci jezdnej.

1.3.23. Wysięg — pozioma belka sztywna, zamocowana wspornikowo do słupa, służąca do podwieszenia sieci jezdnej.

Centralne Biuro Studiów i Projektów Budownictwa Kolejowego

Ustanowiona przez Ministra Komunikacji dnia 11 października 1971 r.

jako norma obowiązująca w zakresie projektowania od dnia 1 lipca 1972 r. (Mon. Pol. nr 12/1972 poz. 85)

1.3.24. Wysięgnik — urządzenie służące do podwieszenia sieci jezdnej na słupie lub wsporniku sieciowym i nadania jej właściwego odświtu.

1.3.25. Wysokość konstrukcyjna sieci — odległość pomiędzy osią linii nośnej a osią przewodu jezdnej w punkcie podwieszenia sieci.

1.3.26. Załom — konstrukcyjna zmiana kierunku trasy przewodów na wysięgniku lub odciegu sieciowym.

1.3.27. Pozostałe określenia — wg PN-67/E-05100.

1.4. Normy i dokumenty związane

PN-69/B-03000 Projekty budowlane. Obliczenia statyczne

PN-62/B-03200 Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie

PN-60/B-03205 Elektroenergetyczne linie napowietrzne. Stalowe konstrukcje wsporcze. Obliczenia statyczne i projektowanie

PN-67/E-05100 Elektroenergetyczne linie napowietrzne. Przepisy budowy

PN-63/H-84021 Stal dla budownictwa. Gatunki

PN-69/K-02057 Koleje normalnotorowe. Skrajnie budowli

PN-64/M-69433 Elektrody stalowe do spawania stali węglowych i niskostopowych

PN-64/M-69773 Próba udarności stalowych płaskich złącz spawanych lub zgrzewanych doczołowo

PN-58/M-82101 Śruby zgrubne ze łbem sześciokątnym

PN-58/M-82109 Śruby średniokokładne ze łbem sześciokątnym

KOR-3 Instrukcja w sprawie zabezpieczenia przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą pokryć malarskich — wyd. Komitet Nauki i Techniki, Warszawa 1964 r.

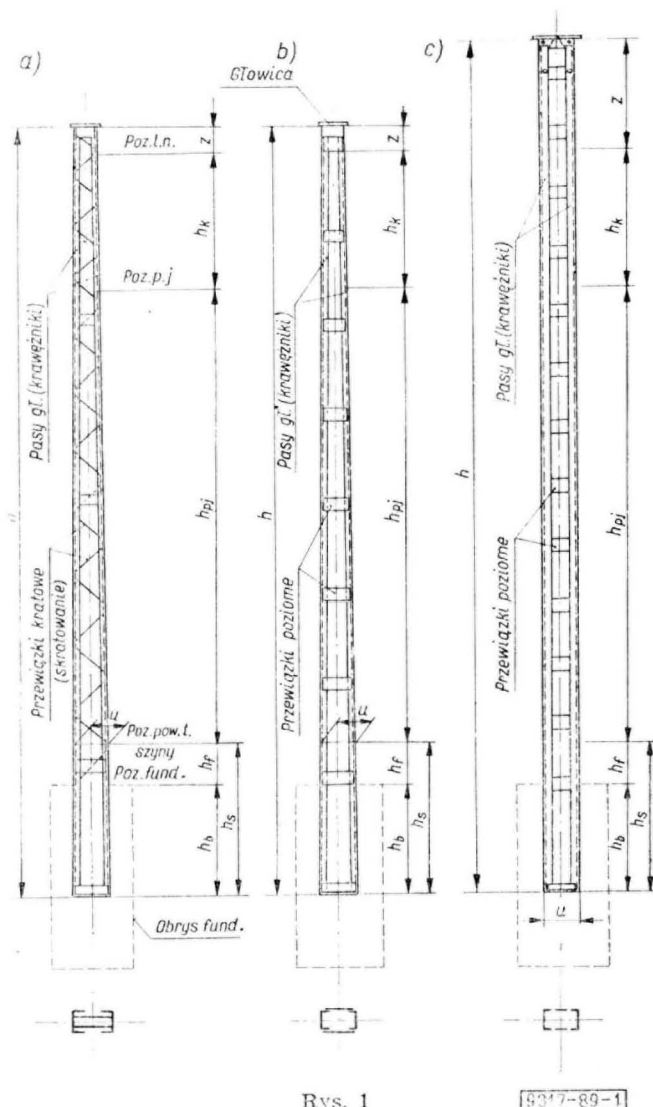
2. PODZIAŁ I CHARAKTERYSTYKA KONSTRUKCJI WSPORCZYCH

2.1. Słupy indywidualne

2.1.1. Słup zbieżny ze skratowaniem wykonany z dwóch krawężników ceownikowych połączonych ze sobą skratowaniem trójkątnym przez spawanie (rys. 1a).

2.1.2. Słup zbieżny z nakładkami na zewnątrz wykonany z dwóch krawężników ceownikowych połączonych ze sobą poziomymi nakładkami (przewiązkami) przyspawanymi obustronnie na zewnątrz do stopek ceowników (rys. 1b).

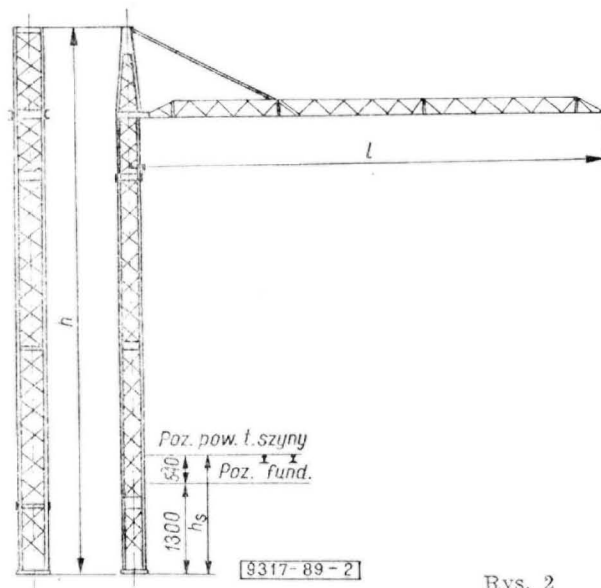
2.1.3. Słup niezbieżny z nakładkami w płaszczyźnie stopek wykonany z dwóch krawężników ceownikowych połączonych ze sobą poziomymi nakładkami (przewiązkami) przyspawanymi czołowo do stopek ceowników (rys. 1c).



Rys. 1

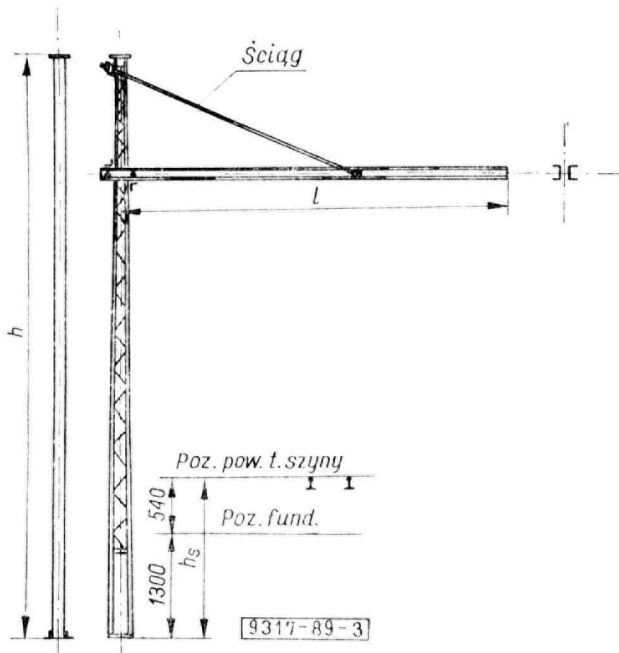
2.2. Słupy z wysięgiem na 2 tory

2.2.1. Słup przestrzenny z wysięgiem na 2 tory wykonany jako układ 2 kratownic przestrzennych z kątowników łączonych przez spawanie, przy czym wysięg połączony jest ze słupem przegubowo i zawieszony na ściągu (rys. 2).



Rys. 2

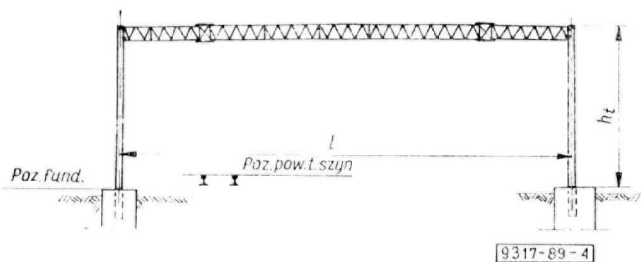
2.2.2. Słup płaski z wysięgiem na 2 tory wykonany jako układ 2 elementów płaskich łączonych skratowaniem lub nakładkami poziomymi przez spawanie, przy czym wysięg jest przykręcony do słupa i zawieszony na ściągach (rys. 3).



Rys. 3

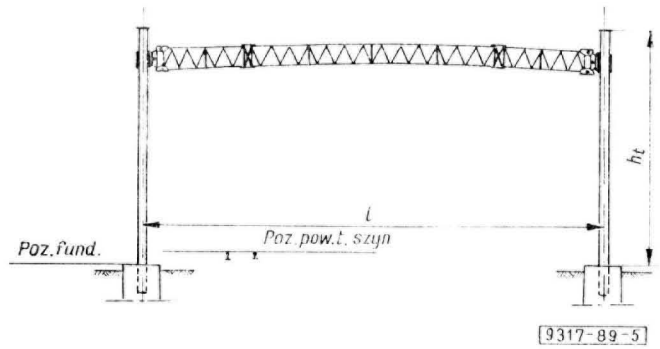
2.3. Bramki

2.3.1. Bramka o węzłach sztywnych, w której słupy (płaskie lub przestrzenne) są połączone z rygłem w sposób uniemożliwiający ich wzajemny obrót względem siebie (rys. 4).



Rys. 4

2.3.2. Bramka o węzłach przegubowych, w której słupy połączone są z ryglem za pomocą przegubów (rys. 5). Bramki tego rodzaju należy stosować na terenach objętych eksploatacją górniczą, na których występują odkształcenia pionowe i poziome terenu.

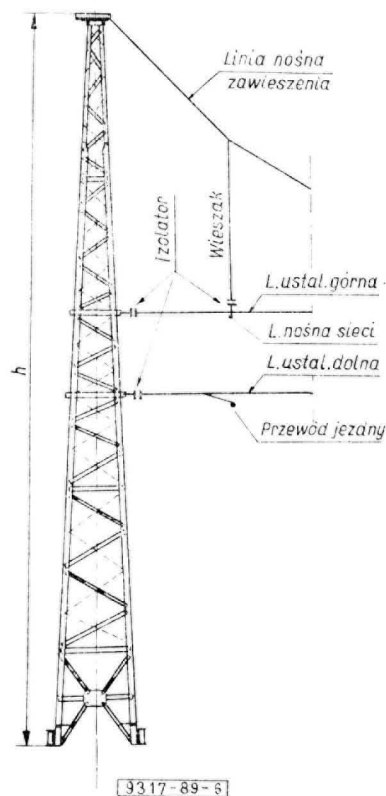


Rys. 5

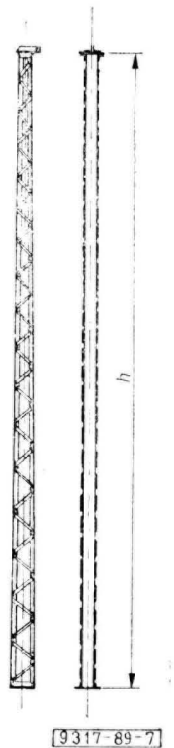
2.4. Słupy zawieszonych poprzecznych

2.4.1. Słup przestrzenny zawieszenia poprzecznego wykonany jako kratownica przestrzenna, zbieżna ku wierzchołkowi, o 4 krawężnikach z kątowników połączonych skratowaniem przez spawanie (rys. 6). Podstawa słupa jest przystosowana do mocowania do podłoża za pomocą kotew fundamentowych.

2.4.2. Słup płaski zawieszenia poprzecznego
wykonany z 2 krawężników ceownikowych połączonych skratowaniem pojedynczym lub dwustronnym przez spawanie (rys. 7). Podstawa słupa jest przystosowana do mocowania do podłoża za pomocą kotew fundamentowych. Słupy płaskie stosuje się w zasadzie tylko jako wewnętrzne pośrednie konstrukcje wsporcze zawieszenia poprzecznego.



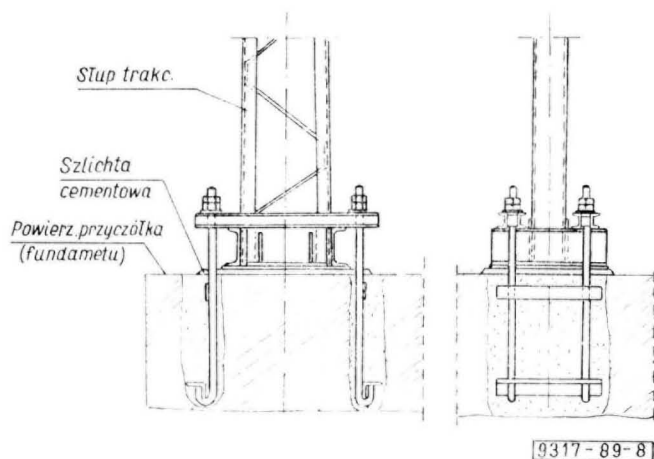
Rys. 6



Rys. 7

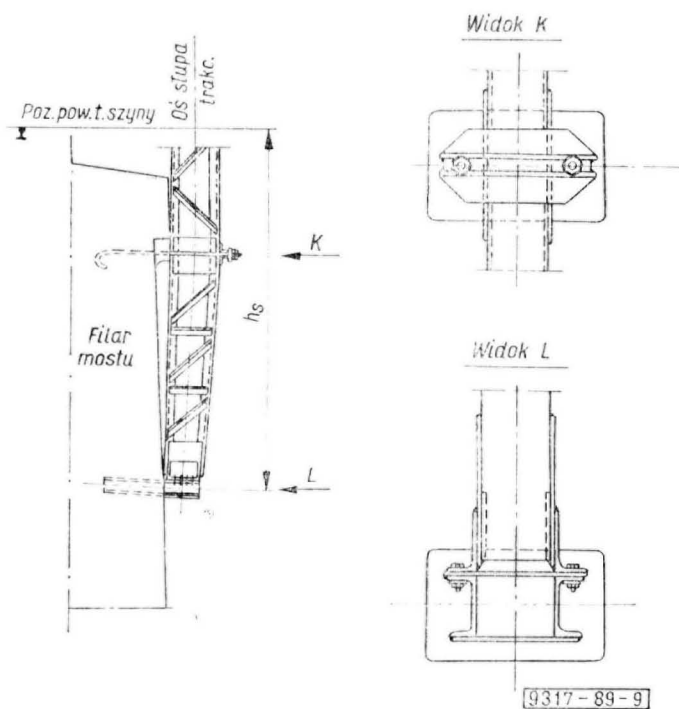
2.5. Słupy specjalne

2.5.1. Słup mocowany do podłoża do poziomych płaszczyzn murów oporowych, przyczółków lub filarów mostowych (rys. 8).



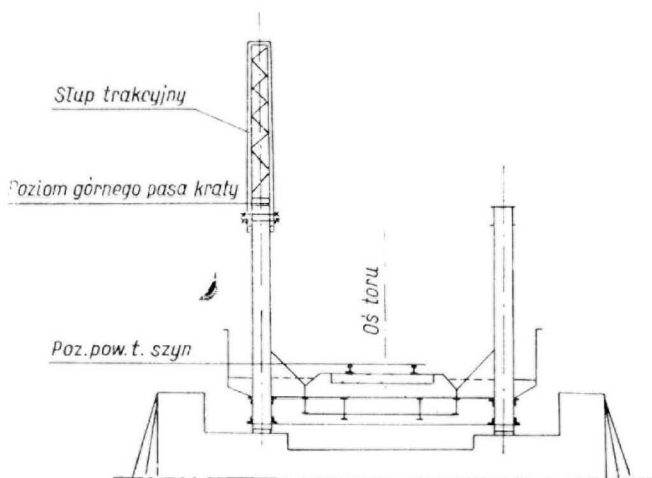
Rys. 8

2.5.2. Słup mocowany do ścian: pionowych (lub zbliżonych do pionu), murów oporowych, filarów mostowych lub wiaduktów drogowych (rys. 9).

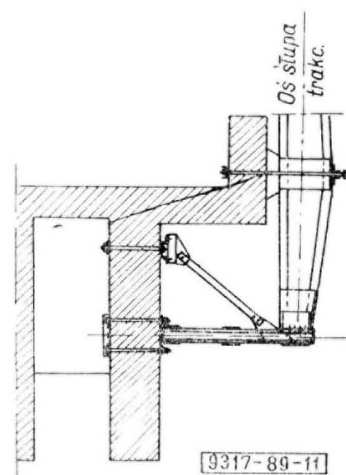


Rys. 9

2.5.3. Słup mocowany do przęseł mostowych konstrukcji stalowych (rys. 10) lub żelbetowych (rys. 11).

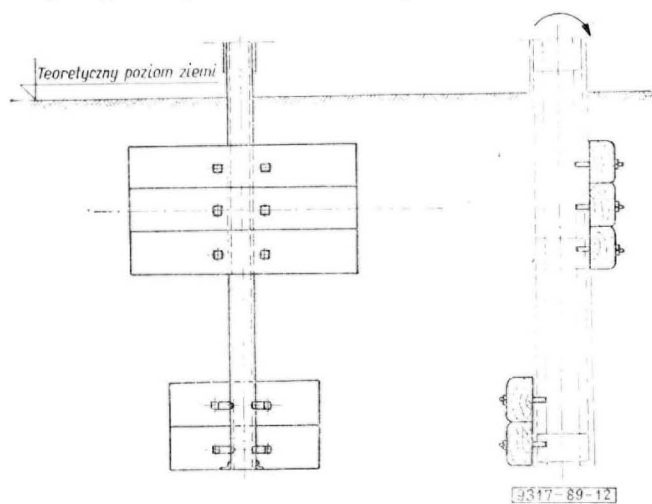


Rys. 10



Rys. 11

2.5.4. Słup prowizoryczny (rys. 12) ustawiony na przejściowy okres awarii itp.



Rys. 12

3. MATERIAŁY

3.1. Stal. Gatunki stali zalecanych do konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej oraz charakterystyczne właściwości tych stali podano w tabl. 1. Stale te powinny odpowiadać wymaganiom podanym w PN-63/H-84021.

Tablica 1

Znak stali	Właściwości wytrzymałościowe						
	R_e min			R_m		A_5 min	
	przy grubości, mm	kG/mm ²	MN/m ²	kG/mm ²	MN/m ²	przy R_m kG/mm ² (MN/m ²)	%
St3SX ¹⁾ St3S	dla prętów do 40, kształtowników do 15 i blach od 5 do 20	24	240	38 ÷ 47	380 ÷ 470	38 ÷ 40 380 ÷ 400	27
St3SY	dla prętów powyżej 40, kształtowników powyżej 15 i blach powyżej 20 do 40	23	230			powyżej 43 ÷ 430	25
¹⁾ Stal St3X stosować tylko do elementów drugorzędnych, jak głowice, nakładki pod numery itp.							

3.2. Śruby. Do konstrukcji wsporczych należy stosować śruby zgrubne wg PN-58/M-82101 i średniokładne wg PN-58/M-82109.

3.3. Elektrody. Gatunek elektrod (otulonych lub do spawania pod topnikiem) powinien być dostosowany do gatunku spawanej stali i metod spawania zgodnie z PN-64/M-69433. Zaleca się stosowanie elektrod gatunków BR4.46; EA1.46 lub elektrod o zbliżonych właściwościach.

3.4. Współczynniki stali należy przyjmować wg PN-62/B-03200.

3.5. Grubości nośnych elementów, konstrukcji narażonych na bezpośrednie wpływy atmosferyczne albo chemiczne, lecz zabezpieczonych od korozji, należy przyjmować 4 mm. Najmniejsze dopuszczalne przekroje elementów konstrukcji podano w tabl. 2.

Tablica 2

Rodzaj elementu	Konstrukcje		Wyjaśnienia
	spawane	łączone śrubami	
Kątowniki równoramienne	30×30×4	50×50×5	→
Kątowniki nierównoramienne	45×30×4	60×40×5	—
Ceowniki	50	50	—
Pręty okrągłe	o średnicy 12 mm	—	—
Blachy i płaskowniki	o grubości 4 mm	o grubości 4 mm	—
Śruby	—	M12	średnica części nie gwintowanej powinna odpowiadać danej średnicy nominalnej

4. OBCIĄŻENIA

4.1. Rodzaje obciążeń. W obliczeniach statycznych należy uwzględniać działanie następujących obciążeń:

a) ciężar własny konstrukcji wsporczej (bez sadzi),

b) ciężar uzbrojenia (wysięgniki, wsporniki sieciowe, izolatory, ciężary naprężające itp.),

c) ciężar sieci jezdnej z sadią lub bez sadi,

d) ciężar lin nośnych i ustalających zawieszania poprzecznego z sadią lub bez sadi,

e) siły poziome od załomów przewodów sieci jezdnej,

f) siły poziome od naciągu wstępnego lin ustalających,

g) parcie wiatru na konstrukcje wsporcze wg PN-67/E-05100,

h) parcie wiatru na wysięgniki stałe wg PN-67/E-05100,

i) parcie wiatru na przewody bez sadi,

j) inne obciążenia, jak wychylenie wysięgnika obrotowego, różnica naciągów przewodów w sąsiednich przesłach itp.,

k) obciążenie awaryjne od zerwania liny nośnej,

l) wpływ szkód górniczych.

4.2. Układy obciążeń

4.2.1. Słupy indywidualne

4.2.1.1. Słup przelotowy

a) I przypadek obciążenia. Obciążenie pionowe wg 4.1 a) ÷ c) oraz parcie wiatru prostopadłe do kierunku linii, działające na słup i pół przęsła przewodów z jednej i pół z drugiej strony słupa, a także wypadkowe naciągów od załomów

przewodów sieci jezdnej, obliczone dla najkorzystniejszego układu przewodów i najmniejkorzystnych warunków atmosferycznych.

b) II przypadek obciążenia. Obciążenia pionowe wg 4.1 a) ÷ c) oraz parcie wiatru równoległe do kierunku linii, działające na słup (i wysięgnik stały), wypadkowe naciągów od załomów przewodów sieci jezdnej, obliczone dla najmniejkorzystniejszego układu i najmniejkorzystnych warunków atmosferycznych. Dla słupów z wysięgnikami ruchomymi należy przyjąć w tym przypadku, że wysięgnik jest obrócony względem osi słupa o maksymalny kąt równy 12° (tzn. bez zerwania przewodów).

c) Obciążenia dodatkowe dla słupów sieci półskompensowanej i nieskompensowanej, gdy przewody w punktach wsporczych są zamocowane na stałe, należy uwzględnić w obu przypadkach (4.2.1.1 a) i b) dodatkowe obciążenie słupa momentem skręcającym, wywołanym różnicą naciągów przewodów przy niejednakowych rozpiętościach przeseł po obu stronach słupa. Przewody uważa się za zamocowane na stałe, jeżeli sposób zamocowania uniemożliwia przesuwanie się ich wzdłuż linii, zamocowania przewodu na izolatorze wiszącym nie należy traktować jako stałego. Różnicę naciągów należy obliczać dla największej i najmniejszej rozpiętości przeseła, dla których dany typ słupa jest przeznaczony oraz dla temperatury powodującej największą różnicę naciągów (niezależnie od warunków), przy których występują największe naciągi w przewodach.

4.2.1.2. Słup krzyżowy. Obciążenie należy przyjmować wg 4.2.1.1 z uwzględnieniem sił poziomych pochodzących od załomu przewodów sieci schodzącej do słupa kotwowego, przy czym w przypadku obciążającego działania ciężaru sieci należy przyjmować ciężar sieci bez sadzi.

4.2.1.3. Słup kotwowy. Obciążeniem podstawowym słupa jest jednostronny naciąg wszystkich przewodów kotwionych. Jeżeli słup kotwowy jest jednocześnie słupem przelotowym, to należy dodatkowo uwzględnić siły działające jak w przypadku słupa przelotowego. W przypadku kotwienia przewodów z obu stron słupa, należy słup obliczać na taki przypadek oraz dodatkowo sprawdzić na ten naciąg jednostronny, który powoduje większe obciążenie słupa, przy czym nośność ustroju (słup — odciąg) powinna być zachowana osobno dla każdego z jednostronnych naciągów.

4.2.1.4. Słup kotwienia środkowego. Obciążenia należy przyjmować wg 4.2.1.3 z uwzględnieniem przypadku zerwania liny nośnej. Przy zer-

waniu liny nośnej należy przyjmować obciążenia pionowe wg 4.1 a) ÷ c), siły poziome jako wypadkowe od załomów przewodów sieci jezdnej, obliczone dla najmniejkorzystniejszego układu przewodów i najmniejkorzystnych warunków atmosferycznych, oraz jednocześnie obciążenie naciągiem liny zakotwionej, przyjmując, że naciąg ten równa się naciągowi zastosowanemu w lince nośnej. Działania parcia wiatru w tym przypadku nie uwzględnia się. Naprężenie w elementach słupa obliczanego na przypadek zerwania liny nośnej nie powinny przekraczać naprężeń dopuszczalnych zwiększonych wg 5.2.

4.2.1.5. Słup środkowy. Obciążenia należy przyjmować wg 4.2.1.2 z uwzględnieniem przypadku zerwania liny nośnej. Przy zerwaniu liny nośnej należy przyjmować obciążenia pionowe wg 4.1 a) ÷ c) (bez sadzi), siły poziome jako wypadkowe od załomów przewodów sieci jezdnej, obliczone dla najmniejkorzystniejszego układu przewodów i najmniejkorzystnych warunków atmosferycznych, oraz jednocześnie obciążenie siłą wypadkową pochodzącą od załomu liny kotwienia środkowego, przyjmując, że naciąg jej jest równy naciągowi zastosowanemu w lince nośnej. Działania parcia wiatru w tym przypadku nie uwzględnia się. Naprężenia w elementach słupa obliczanego na przypadek zerwania liny nośnej nie powinny przekraczać naprężeń dopuszczalnych zwiększonych wg 5.2.

4.2.1.6. Słup rozjazdowy. Obciążenia wg 4.2.1.1 należy przyjmować jako siły poziome pochodzące od przewodów tworzących rozjazd, sumy algebraiczne wypadkowych naciągów przewodów lub też większe składowe tych sum zależne od tego, który z tych przypadków daje większe wartości bezwzględne.

4.2.1.7. Słup odciągowy. Obciążenia należy przyjmować wg 4.2.1.1, lecz z uwzględnieniem wyłącznie sił poziomych dla najmniejkorzystniejszego układu tych sił. W przypadku występowania odcągów sieciowych z obu stron słupa należy przy obliczaniu przyjmować większe z obciążeń jednostronnych.

4.2.2. Słupy z wysięgiem na 2 tory. Układy obciążeń należy przyjmować wg 4.2.1 w zależności od sposobu podwieszania sieci jezdnej na słupie, uwzględniając ponadto:

a) parcie wiatru równoległe do linii działające na wysięg i wsporniki sieciowe (dla przypadku obciążenia wg 4.2.1.1 b),

b) skręcanie wysięgu i słupa w wyniku działania parcia wiatru wymienionego w a) oraz wychylenia sieci na wysięgnikach obrotowych.

W przypadku zastosowania dwóch wysięgów (po obu stronach słupa) należy sprawdzić konstrukcję wsporczą na obciążenia sumaryczne działające po obu stronach słupa oraz na najniekorzystniejsze z obciążeń jednostronnych.

4.2.3. Bramki

4.2.3.1. Obciążenia zasadnicze. Układy obciążeń należy przyjmować wg 4.2.1 w zależności od sposobu podwieszenia sieci jezdnych na bramce oraz uwzględniać ponadto:

a) parcie wiatru równoległe do linii działające na ryglach i wsporniki sieciowe (dla przypadku obciążenia wg 4.2.1.1 b),

b) w przypadku bramek kotwowych — siły pochodzące od jednostronnego naciągu zastosowanego wszystkich przewodów kotwionych,

c) w przypadku bramek z kotwieniem środkowym na ryglu — siły poziome pochodzące od różnicy naciągów w linach kotwienia środkowego (po obu stronach rygla) o wartości 0,1 naciągów zastosowanych w linach nośnych.

4.2.3.2. Przypadek zerwania przewodu sieci jezdnej. Bramka podtrzymująca sieć więcej niż jednego toru powinna być sprawdzona dodatkowo na przypadek zerwania tej liny nośnej, której zerwanie spowoduje najbardziej niekorzystne obciążenie konstrukcji; działanie parcia wiatru należy w tym przypadku pominąć. Naprężenia nie powinny przekraczać naprężeń dopuszczalnych zwiększonych wg 5.2.

a) **Siły od zerwania przewodu na wysięgniku ruchomym.** Jako siłę pochodzącą od zerwania liny nośnej zawieszanej na wysięgniku ruchomym należy przyjmować działającą statycznie siłę pionową, przyłożoną do wysięgnika w punkcie zamocowania liny i równą dwukrotnej masie przesła sieci jezdnej o długości 60 m wraz z sadzią. Kąt obrotu wysięgnika w stosunku do płaszczyzny prostopadłej do toru należy przyjmować równy 60° .

b) **Siły od zerwania przewodu na ryglu.** Jako siłę pochodzącą od zerwania liny nośnej zawieszanej na ryglu bramki na izolatorze wiszącym należy przyjmować działającą statycznie w kierunku równoległym do linii siłę poziomą równą 0,75 ciężaru przesła sieci o długości 60 m wraz z sadzią, powiększonego o 150 kG.

4.2.3.3. Przypadek wystąpienia odkształceń terenu. Bramki na terenach objętych eksploatacją górniczą, niezależnie od przypadku zerwania przewodu sieci jezdnej, należy sprawdzać na przypadek wystąpienia odkształceń terenu, tj. awarii górniczej. Wielkości tych odkształceń należy przyjmować wg IV kategorii przydatności tere-

nu do zabudowy, dla której górne granice odkształceń wynoszą:

a) jednostkowe odkształcenie pionowe terenu $T=15 \text{ mm/m}$,

b) jednostkowe odkształcenie poziome terenu $E=9 \text{ mm/m}$,

c) promień krzywizny niecki $R=4 \text{ km}$.

Bezwzględne wartości zmian przyrostu rozpiętości bramek Δl w wyniku występowania odkształceń terenu w kierunku prostopadłym do linii, przy słupach pracujących jak wsporniki utwierdzone w gruncie, należy obliczać w mm wg wzoru

$$\Delta l = \left(\frac{h}{R} + R \right) \cdot l \cdot 0,5 \quad (1)$$

w którym:

h — wysokość słupa od poziomu fundamentu, m,

l — rozpiętość bramki, m.

Bezwzględne wartości poziomego odchylenia wierzchołka słupa bramki od pionu Δh , w wyniku występowania pionowych odkształceń terenu, należy obliczać wg wzoru

$$\Delta h = T \cdot h \quad (2)$$

Do obliczeń statycznych bramki należy przyjmować bardziej niekorzystną z wartości Δl i Δh .

Naprężenia obliczone dla przypadku równoczesnego wystąpienia awarii górniczej i zerwania przewodu sieci jezdnej oraz obciążeń stałych (bez parcia wiatru) nie powinny przekraczać naprężeń dopuszczalnych zwiększonych wg 5.2.

4.2.4. Słupy zawieszonych poprzecznych

4.2.4.1. Układy obciążeń należy przyjmować wg 4.2.1 w zależności od sposobu podwieszenia sieci jezdnych. Ciężary wieszaków odcinków lin ustalających (o długości równej połowie rozpiętości pomiędzy przyległymi podwieszeniami) ramion odciągowych oraz izolatorów podwieszeniowych i dzielczych należy przyjmować jako siły pionowe skupione przyłożone w punkcie podwieszenia sieci jezdnej. W zależności od rodzaju słupa należy uwzględniać poza wymienionymi obciążeniami również podane niżej przypadki obciążeń.

4.2.4.2. Słup krańcowy zawieszenia poprzecznego

I przypadek obciążenia — parcie wiatru prostopadłe do linii:

a) naciąg w linach nośnych zawieszenia,

b) naciągi w linach ustalających górnej i dolnej (obliczone z uwzględnieniem parcia wiatru na przewody jezdne),

c) parcie wiatru prostopadłe do linii działającej na słup,

d) w przypadku zamocowania do słupa oprócz lin zawieszenia poprzecznego innych przewodów (np. przewód uszyniający lub kotwienia sieci) — siły pochodzące od naciągów zastosowanych tych przewodów i od parcia wiatru na te przewody.

II przypadek obciążenia — parcie wiatru równoległe do linii:

a) wg 4.2.4.2. Ia),

b) wg 4.2.4.2 Ib), lecz bez parcia wiatru,

c) parcie wiatru równoległe do linii działającej na słup,

d) wg 4.2.4.2 Id), lecz bez parcia wiatru.

4.2.4.3. Słup pośredni zawieszenia poprzecznego

I przypadek obciążenia — parcie wiatru prostopadłe do linii:

a) wypadkowe naciągów występujących w linach nośnych po obu stronach słupa,

b) wypadkowe naciągów występujących w linach ustalających po obu stronach słupa obliczone z uwzględnieniem parcia wiatru na przewody sieci jezdnej,

c) parcie wiatru działające na słup zgodnie z kierunkiem naciągów wypadkowych wg a) i b),

d) wg 4.2.4 Id).

II przypadek obciążenia — parcie wiatru równoległe do linii:

a) wg 4.2.4.3 Ia),

b) wg 4.2.4.3 Ib), lecz bez parcia wiatru,

c) wg 4.2.4.2 IIc),

d) wg 4.2.4.2 Id), lecz bez parcia wiatru.

III przypadek obciążenia — jednostronne zerwanie lin nośnych;

a) naciągi w linach nośnych tego przęsła zawieszenia poprzecznego, które determinowało kierunek naciągów wypadkowych w I i II przypadku, obliczone przy założeniu, że sieci jezdne zawieszane w tym przęśle nie są obciążone sadzią,

b) pozostałe obciążenia wg 4.2.4.3 Ib) ÷ d).

Napężenia w elementach słupa nie powinny w tym przypadku przekraczać napężeń dopuszczalnych zwiększonych wg 5.2.

4.2.5. Słupy specjalne. Układy obciążeń należy przyjmować wg 4.2.1 w zależności od sposobu podwieszenia sieci jezdnych.

4.3. Obciążenia jednostkowe zasadniczych odmian sieci jezdnych oraz wielkości naciągów w linach nośnych i przewodach jezdnych podano w załączniku.

4.4. Miejsce przyłożenia sił

4.4.1. Ciężar wysięgnika należy przyjmować jako siłę pionową skupioną równą sumie ciężarów wszystkich elementów wysięgnika przyłożoną w połowie jego długości.

4.4.2. Ciężary naprężające. Siłę wypadkową sumy ciężarów naprężających, składową pionową naciągu sieci jezdnej kotwionej do słupa i ciężar własny słupa, należy przyjmować jako działające w pionowej osi słupa.

4.4.3. Ciężar izolatora należy przyjmować jako siłę pionową skupioną działającą w jego osi.

4.4.4. Ciężar sieci jezdnej należy przyjmować jako wypadkową siłę skupioną działającą pionowo w osi liny nośnej.

4.4.5. Siły wypadkowe poziome w przewodach od załomów, naciągów i parcia wiatru należy przyjmować jako przyłożone w osi tych przewodów.

4.4.6. Siły poziome w brankach od załomów przewodów sieci jezdnej i parcia wiatru na te przewody należy przyjmować jako przyłożone w osi rygla bramki.

4.4.7. Siły poziome w zawieszeniach poprzecznych od załomów lin nośnych sieci jezdnych i od parcia wiatru na te liny należy przekazywać na górne liny ustalające, natomiast siły od załomów przewodów jezdnych i parcia wiatru na te przewody — na dalsze liny ustalające.

4.4.8. Moment zginający maksymalny w słupach należy obliczać względem górnej powierzchni fundamentu.

5. NAPRĘŻENIA

5.1. Wymiarowanie konstrukcji. Konstrukcje wsporcze należy obliczać w oparciu o naprężenia dopuszczalne.

5.2. Rodzaje naprężeń dopuszczalnych

a) I rodzaj naprężeń dopuszczalnych, który należy stosować przy uwzględnieniu tylko obciążeń zasadniczych, są to tzw. naprężenia dopuszczalne zwykłe,

b) II rodzaj naprężeń dopuszczalnych, który należy stosować przy uwzględnieniu obciążeń zasadniczych i awaryjnych, są to tzw. naprężenia dopuszczalne zwiększone.

5.3. Wielkości naprężeń dopuszczalnych

5.3.1. Naprężenia dopuszczalne stali na ściskanie, rozciąganie i zginanie — k , oraz na ścinanie — k_t podano w tabl. 3.

Tablica 3

Znak stali	St37S: 015W ³⁾ St37B: OW37				St3S, St3SX, St3SY			
	Naprężenia							
	I		II		I		II	
Rodzaje naprężeń ¹⁾	kG/cm ²	MN/m ²	kG/cm ²	MN/m ²	kG/cm ²	MN/m ²	kG/cm ²	MN/m ²
Ściskanie, rozciąganie, zginanie <i>k</i>	1800	180	2100	210	2000	200	2400 ²⁾	240 ²⁾
Ścinanie <i>k_t</i>	1080	108	1260	126	1200	120	1440	144

¹⁾ Rodzaje naprężeń I i II wg 5.2.

²⁾ Nie więcej niż $0,95 R_e$.

³⁾ Stale obecnie nie produkowane. Naprężenia stosować w przypadkach obliczania słupów eksploatowanych wykonanych z tych stali.

5.3.2. Naprężenia dopuszczalne dla śrub podano w tabl. 4.

Tablica 4

Rodzaj śrub	Surowe				Gatunek stali łączonych części
Wytrzymałość stali śrub kG/mm ² (MN/m ²)	34 ÷ 50 340 ÷ 500				
	naprężenia				
Rodzaj naprężeń	I		II		
	kG/cm ²	MN/m ²	kG/cm ²	MN/m ²	
Docisk na ścianki otworów k_d liczo- ny na rzut	2500	250	2800	280	St37B; St37S; OW37; O15W; St3S; St3SY
Ścinanie k_t	1100	110	1200	120	St3S; St3SY
Rozciąganie k_r	1300	130	1500	150	wszystkie stale

5.3.3. Naprężenia dopuszczalne dla spoin usta-
la się w zależności od przyjętego dla łączonej stali
naprężenia dopuszczalnego na rozciąganie mno-
żąc je przez współczynnik s zależny od rodzaju
naprężeń występujących w spoinie. Wartości
współczynnika s podano w tabl. 5.

Tablica 5

Rodzaje spoin	Rodzaje naprężeń	Współczyn- nik s
Czołowe	ściskanie osiowe i przy zginaniu	1,0
	rozciąganie osiowe i przy zginaniu	0,8 ¹⁾
	ścinięcie	0,6
Pachwinowe	ścinięcie	0,65

¹⁾ W przypadku gdy jest zapewniona kontrola ja-
kości spoin przez prześwietlenie lub inny równoważ-
ny sposób, wartości współczynnika należy podnieść
do 1,0. Klasę złącza w takim przypadku należy okre-
ślić wg PN-64/M-69773. Najniższe wymagania: klasa
IV przy grubości łączonych elementów do 20 mm oraz
klasa III do elementów o większych grubościach.

5.4. Zmniejszenie naprężeń. Naprężenia dopu-
szczalne należy zmniejszyć dla:

a) prętów i blach ze stali konstrukcyjnych
w słupach, dla których obciążenia stałe (ciężar
bez sadzi i siły od naciągów lub załomów) prze-
kraczające 75% obciążeń zasadniczych — o 10%,

b) prętów wykonanych z kształtowników wal-
cowanych o przekroju ceowym, zginanych w płas-
zczyźnie środnika — o $(h-5)^{0/0}$, nie mniej jed-
nak niż 8,5%, oraz w płaszczyźnie równoległej
do środnika, przechodzącej przez środek ciężko-
ści przekroju — o 1,5 $(h-5)^{0/0}$ (h — wysokość
ceownika w centymetrach),

c) prętów rozciąganych i ściskanych wykona-
nych z jednego kątownika przymocowanego tyl-
ko jednym ramieniem do blachy węzłowej lub
do innych elementów konstrukcji — o 25%,

d) konstrukcji istniejących w terenie w zależ-
ności od stopnia skorodowania — o odpowiedni
współczynnik zmniejszający $\psi < 1,0$ (wartość tego
współczynnika powinna być określona przez wła-
ściwy zakład naukowy lub rzeczoznawców);

e) spoin pałapowych — o 25%,

f) spoin pachwinowych wykonywanych o kątach od 60° do 80° o 25% (spoiny pachwinowe o kącie mniejszym niż 60° oraz w miejscach trudno dostępnych należy pominąć w obliczeniach),

g) spoin wykonywanych w warunkach polowych o 10% ,

h) spoin wykonywanych na ustawionych słupach — o 30% .

5.5. Przekroczenie naprężeń. W przypadku przekroczenia naprężeń dopuszczalnych nie więcej niż o 2% dozwolone jest pozostawienie zaprojektowanych przekrojów.

6. OBLICZENIA STATYCZNE

6.1. Dane ogólne

6.1.1. Wykonanie obliczeń. Obliczenia statyczne powinny być wykonane zgodnie z PN-69/B-03000 oraz PN-62/B-03200, jeśli norma niniejsza nie postanawia inaczej.

6.1.2. Współczynnik dynamiczny. Konstrukcje wsporcze sieci trakcyjnej podlegają okresowym obciążeniom dynamicznym wywoływanym przez przejeżdżający tabor kolejowy.

Wpływ obciążeń dynamicznych na konstrukcje należy uwzględniać mnożąc obciążenia statyczne przez współczynnik dynamiczny φ . Wartość współczynnika φ wynosi:

a) dla konstrukcji wsporczych posadowionych w gruncie i osadzonych w fundamencie $\varphi=1,0$,

b) dla pozostałych konstrukcji wsporczych $\varphi=1,25$.

6.1.3. Konstrukcje wsporcze na mostach i wiaduktach. Mocowanie konstrukcji wsporczych do konstrukcji przęsła mostu stalowego lub żelbetowego, ewentualnie do innych budowli, nie powinno powodować wzrostu naprężeń powyżej dopuszczalnych ani też zachwiania stateczności elementów.

6.1.4. Konstrukcje wsporcze na szkodach górniczych należy obliczać uwzględniając oprócz normalnego poziomu podwieszenia sieci jezdnych także ich najwyższe możliwe położenie uwarunkowane powiększoną wysokością słupów.

6.2. Zasady obliczania konstrukcji wsporczych

6.2.1. Słupy indywidualne

6.2.1.1. Słupy skratowane należy obliczać w płaszczyźnie skratowania jako kratownice płaskie jednostronnie utwierdzone w fundamencie, natomiast w płaszczyźnie do niej prostopadłej — jak elementy pełnościenne.

6.2.1.2. Słupy z nakładkami należy obliczać w płaszczyźnie nakładek jak wielopiętrowe układy ramowe, natomiast w płaszczyźnie do niej prostopadłej — jak elementy pełnościenne. Przybliżony sposób rozwiązania ramy wielopiętrowej podano w 6.6.3.

6.2.1.3. Słupy współpracujące z odciągiem stanowią pod względem statycznym, w płaszczyźnie słup — odciąg, układy ramowo-prętowe jednokrotnie statycznie niewyznaczalne. Z dostatecznym przybliżeniem można je obliczać w tej płaszczyźnie jak płaskie kratownice statycznie wyznaczalne. W płaszczyźnie prostopadłej do układu słup — odciąg należy obliczać słup jako wolnostojący.

6.2.2. Słupy z wysięgiem na 2 tory i słupy zawieszonych poprzecznych

6.2.2.1. Słupy płaskie ceownikowe należy obliczać według zasad określonych w 6.2.1.

6.2.2.2. Słupy kratowe. Siły w prętach słupa i wysięgu kratowego można wyznaczać sprowadzając zagadnienie kratownicy przestrzennej do rozwiązania kratownic płaskich. Dopuszcza się stosowanie każdej z powszechnie znanych metod rachunkowych i wykreślnych obliczania kratownicy płaskiej.

W celu uproszczenia obliczeń należy przyjmować, że ciężar słupa oraz inne obciążenia pionowe przenoszą się w całości równomiernie na wszystkie krawężniki.

6.2.3. Bramki

6.2.3.1. Bramki o węzłach sztywnych stanowią w płaszczyźnie przechodzącej przez nie układ 3-krotnie statycznie niewyznaczalny. Momenty zginające, siły normalne i tnące w ryglu i słupach można wyznaczać dowolną, powszechnie znaną metodą rachunkową lub wykreślną rozwiązywania układów ramowych, statycznie niewyznaczalnych.

W kierunku prostopadłym do płaszczyzny bramki można obliczać z dostatecznym przybliżeniem jej rygiel jako belkę wolnopodpartą, przy czym punktami podparcia rygla są słupy bramki, pracujące w tym kierunku jako elementy wspornikowe, utwierdzone w fundamentach i przenoszące poza obciążeniami zewnętrznymi także obciążenia reakcjami z rygla.

6.2.3.2. Bramki o węzłach przegubowych stanowią w płaszczyźnie przechodzącej przez nie układ jednokrotnie statycznie niewyznaczalny. W przypadku bramek symetrycznych względem pionowej osi przechodzącej przez środek rozpiętości (z reguły stosowanych w praktyce) i przy uwzględnieniu asymetrii obciążeń poziomych można sprowadzić układ bramki do statycznie wyznaczalnego. W kierunku prostopadłym do płaszczyzny bramki jej schemat statyczny nie różni się od określonego w 6.2.3.1.

6.2.4. Słupy specjalne należy obliczać według zasad określonych w 6.2.1, przy czym za miarodajne poziomy odniesienia dla obliczania maksymalnych momentów zginających i strzałek ugięcia oraz dla określenia długości wyboczeniowych słupów należy przyjmować:

a) dla słupów wymienionych w 2.5.1 poziom powierzchni podłoża betonowego, na którym ustawia się słup,

b) dla słupów wymienionych w 2.5.2 oraz częściowo w 2.5.3 (rys. 11) poziom osi podłużnej górnej kotwy,

c) dla pozostałych słupów wymienionych w 2.5.3 — poziom podparcia podstawy słupa (np. na rys. 10 — poziom górnego pasa kratownicy),

d) dla słupów wymienionych w 2.5.4 — poziom osi obojętnej górnego zestawu podkładów.

6.3. Elementy rozciągane osiowo należy obliczać według zasad określonych w PN-62/B-03200.

Napężenia σ w przekroju pręta należy obliczać wg wzoru

$$\sigma = \frac{P}{F_{nt}} \leq k \quad (3)$$

w którym:

P — maksymalna siła rozciągająca pręt,

F_{nt} — pole przekroju pręta netto.

6.4. Elementy ściskane osiowo

6.4.1. Dane ogólne — wg PN-62/B-03200.

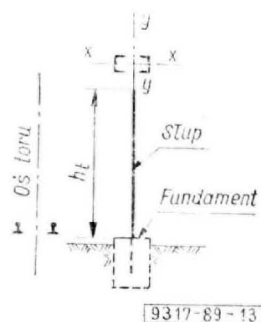
6.4.2. Osłabienie przekroju — wg PN-62/B-03200.

6.4.3. Smukłość. Stosunek długości wyboczeniowej do najmniejszego promienia bezwładności przekroju poprzecznego nie powinien przekraczać:

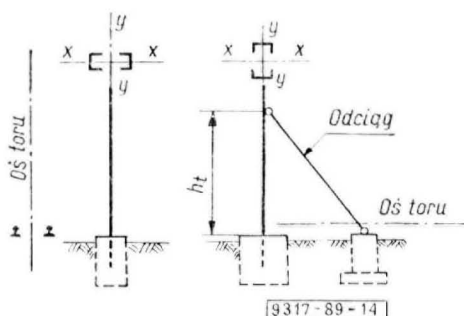
a) dla słupów wolnostojących (rys. 13) $\lambda \leq 350$,

b) dla przewiązek w słupach płaskich $\lambda \leq 150$,

c) dla słupów współpracujących z odciałem (rys. 14) oraz dla pozostałych elementów $\lambda \leq 250$.



Rys. 13



Rys. 14

6.4.4. Długość wyboczeniowa

6.4.4.1. Słupy wolnostojące. Długość wyboczeniową l_w słupów wolnostojących (rys. 13) należy przyjmować

$$l_w = 2,0 \cdot h_t$$

6.4.4.2. Słupy współpracujące z odciałem. Długość wyboczeniową słupów współpracujących z odciałem (rys. 14) należy przyjmować:

w płaszczyźnie (odciagu) $x-x-l_w=1,0h_t$,

w płaszczyźnie $y-y-l_w=2,0h_t$.

6.4.4.3. Bramki. Długość wyboczeniową elementów bramek należy przyjmować

a) dla rygli — $l_w=1,0 \cdot l$,

b) dla słupów w płaszczyźnie bramki — $l_w=1,0h_t$,

c) dla słupów w płaszczyźnie prostopadłej do bramki — $l_w=2,0 \cdot h_t$.

6.4.4.4. Skratowanie. Długość wyboczeniową l_w krawężników słupów płaskich i przestrzennych, pasów kratownic oraz słupów i krzyżulców należy przyjmować wg wzoru

$$l_w = \alpha \cdot l \quad (4)$$

w którym:

α — współczynnik zależny od sposobu zamocowania pręta,

l — rzeczywista długość pręta równa odległości sąsiednich węzłów.

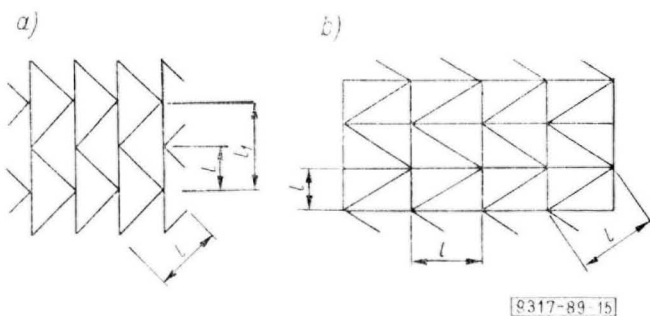
Długość l prętów dla różnych rodzajów skratowań należy przyjmować wg rys. 15 a (skratowanie słupa) i 15 b (skratowanie rygla). Smukłość l_1 należy obliczać względem i_x .

Współczynniki α :

— dla krawężników i pasów kratownic obliczanych wg i_x — $\alpha=1,0$,

— dla krawężników i pasów kratownic obliczanych wg i_{min} — $\alpha=0,8$,

— dla krawężników krzyżulców i słupów obliczanych — $\alpha=1,0$.



Rys. 15

6.4.4.5. Przewiązki. Długość wyboczeniową l_w przewiązek poziomych (rys. 21) należy przyjmować

$$l_w = 1,0 \cdot b$$

gdzie b — odległość między osiami spoin łączących przewiązki z krawężnikami.

6.4.5. Pręty proste pojedyncze o stałym przekroju należy obliczać wg PN-62/B-03200.

6.4.6. Pręty dwu- i wielogłęziowe należy obliczać wg PN-62/B-03200.

6.5. Elementy obciążone mimosirowo należy obliczać wg PN-62/B-03200 z tym warunkiem, że w żadnym przypadku obliczone naprężenia nie mogą przekraczać wartości naprężenia k .

6.6. Zginanie

6.6.1. Wysięgi. Naprężenia w wysięgach oraz w innych elementach zginanych konstrukcji wsporczych należy obliczać wg PN-62/B-03200 jak w belkach z tym warunkiem, że w żadnym przypadku obliczone naprężenia nie powinny przekraczać wartości naprężenia k .

6.6.2. Słupy. Naprężenia σ w pojedynczych krawężnikach słupów od momentów zginających M_x i M_y należy obliczać:

a) w słupach płaskich przy zginaniu jednokierunkowym w płaszczyźnie osi przekroju przecinającej materiał (rys. 16a i b) wg wzoru

$$\sigma = \frac{M_x}{F_{kbr} \cdot \beta_1 \cdot b_{kx}} \leq k \quad (5)$$

b) jak w a), lecz przy zginaniu dwukierunkowym wg wzoru

$$\sigma = \frac{M_y}{W_{xnt}} + \frac{M_x}{F_{kbr} \cdot \beta_1 \cdot b_{kx}} \leq k \quad (6)$$

c) w słupach przestrzennych przy zginaniu jednokierunkowym (rys. 16c) wg wzoru

$$\sigma = \frac{M_x}{2F_{kbr} \cdot \beta_1 \cdot b_{kx}} \leq k \quad (7)$$

d) jak w c), lecz przy zginaniu dwukierunkowym wg wzoru

$$\sigma = \frac{M_x}{2F_{kbr} \cdot \beta_1 \cdot b_{kx}} + \frac{M_y}{2F_{kbr} \cdot \beta_1 \cdot b_{ky}} \leq k \quad (8)$$

w których:

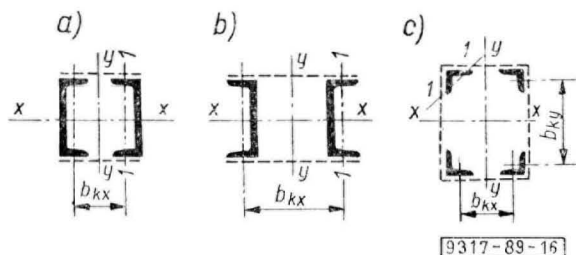
F_{kbr} — pole przekroju pojedynczego krawężnika brutto,

β_1 — współczynnik wyboczeniowy odpowiadający smukłości odcinka krawężnika,

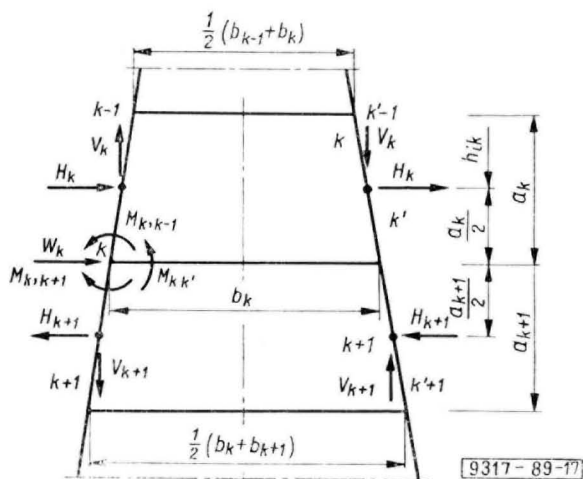
$$\lambda_1 = \frac{a_k}{i_1} \text{ (rys. 17),}$$

b_{kx} — odstęp osiowy krawężników słupa wzdłuż osi $x-x$,

b_{ky} — odstęp osiowy krawężników słupa wzdłuż osi $y-y$.



Rys. 16



Rys. 17

6.6.3. Momenty przywęzłowe. W słupach z nakładkami (rys. 1b i c) należy uwzględniać obok momentów zginających zewnętrznych także momenty zginające wewnętrzne, występujące w krawężnikach i nakładkach na skutek sztywności węzłów tzw. momenty przywęzłowe. Ze względu na dość uciążliwe obliczanie w sposób ścisły wartości tych momentów, można korzystać z podanych niżej wzorów, wyznaczających ich wartości przybliżone w dowolnym przedziale k słupa (rys. 17).

$$M_{k, k-1} = \frac{1}{2} H_k \cdot a_k + \frac{1}{4} V_k (b_k - b_{k-1}) \quad (9)$$

$$M_{k, k+1} = \frac{1}{2} H_{k+1} \cdot a_{k+1} - \frac{1}{4} V_{k+1} (b_{k+1} - b_k) \quad (10)$$

$$M_{kk'} = T_k \cdot \frac{b_k}{2} = \frac{1}{2} (V_{k+1} - V_k) \cdot b_k \quad (11)$$

przy czym

$$H_k = \frac{1}{2} \sum_0^{k-1} W_i; \quad H_{k+1} = \frac{1}{2} \sum_0^k W_i$$

$$V_k = \frac{2M_k}{b_{k-1} + b_k}; \quad V_{k+1} = \frac{2M_{k+1}}{b_k + b_{k+1}}$$

$$M_k \cdot \sum_0^{k-1} W_i \cdot h_{ik}; \quad M_{k+1} \cdot \sum_0^k W_i \cdot h_{i,k+1}$$

w których:

W_i — siły poziome obciążeń zewnętrznych przyłożone w węzłach,

- V_k, V_{k+1} — reakcje pionowe w punktach $k, k+1$,
 H_k, H_{k+1} — reakcje poziome w punktach $k, k+1$,
 M_k — moment zginający od obciążenia zewnętrznego w punkcie k ,
 a_k, a_{k+1} — osiowe rozstawy przewiązek w w przedziałkach k i $k+1$,
 b_k — osiowy rozstaw gałęzi na granicy przedziałów k i $k+1$,
 b_{ik} — ramię siły W_i względem punktu k ,
 $M_{k, k-1}$ — moment zginający na odcinku $k, k-1$ krawężnika w węźle k ,
 $M_{k, k+1}$ — moment zginający na odcinku $k, k+1$ krawężnika w węźle k ,
 M_{kk}' — moment zginający na przewiązce w węźle k .

Napężenie σ od momentów przywęzłowych w krawężniku słupa oblicza się wg wzoru

$$\sigma = \frac{M_{k, k-1}}{W_{knt}} \quad (12)$$

w którym:

W_{knt} — wskaźnik wytrzymałości przekroju netto krawężnika w przedziale k względem osi prostopadłej do płaszczyzny działania momentu $M_{k, k-1}$.

Sposób obliczania przewiązki podano w 6.10.

6.7. Skręcanie

6.7.1. Skręcanie swobodne prętów prostych.

Skręcanie pręta występuje, gdy w płaszczyźnie prostopadłej do jego osi podłużnej działa moment. W najprostszym przypadku skręcania swobodnego zależności między momentem skręcającym M_s , kątem skręcania φ oraz napężeniem τ są następujące:

— największe napężenie ścinające $\tau_{\max}$ w przekroju

$$\tau_{\max} = \frac{M_s \cdot l}{J_s} \quad (13)$$

— kąt obrotu (skręcania) φ

$$\varphi = \frac{M_s \cdot l}{G \cdot J_s} \quad (14)$$

gdzie:

- M_s — moment skręcający,
 G — moduł odkształcenia postaciowego,
 J_s — moment bezwładności przy skręcaniu,
 l — krótszy bok przekroju prostokątnego, a w przypadku przekroju złożonego z kilku prostokątów — najdłuższy z krótszych boków tych prostokątów,
 l — długość pręta.

6.7.2. Skręcanie słupów płaskich. Momentowi skręcającemu M_s działającemu na słup płaski

przeciwdziała opór przeciw skręcaniu samych krawężników słupa M_c oraz moment od pary sił $H_1 \cdot b_s$ (rys. 18) przyłożonych w tzw. środkach ścinania gałęzi i powodujących powiększenie zginania w jednej gałęzi i zmniejszenie w drugiej.

Udział M_c jednego krawężnika w przenoszeniu momentu skręcającego M_s wyraża się wzorami:

a) przy skratowaniu pojedynczym w osi słupa (rys. 18a)

$$M_c = \frac{M_s}{2 + 3,5 \frac{b_s^2}{l^2} \cdot \frac{J_x}{J_s}} \quad (15)$$

b) przy skratowaniu obustronnym (rys. 18b)

$$M_c = \frac{M_s}{2 + 3,5 \frac{(b_s + b_{sr}) \cdot b_s}{l^2} \cdot \frac{J_x}{J_s}} \quad (16)$$

w których:

$M_s = H \cdot e$ — moment skręcający siły H względem osi słupa,

l — wysokość części słupa od powierzchni fundamentu do poziomu, w którym przyłożona jest siła H ,

b_s — odległość tzw. środków ścinania krawężników,

b_{sr} — odległość środków ścinania krawężników w połowie wysokości słupa l ,

J_x — moment bezwładności przekroju krawężnika względem osi ciężkości równoległej do stopek,

J_s — moment bezwładności przy skręcaniu.

Z rys. 16 wynika, że:

w przypadku skratowania pojedynczego w osi słupa

$$H_1 = \frac{H \cdot e - 2M_c}{b_s} \quad (17)$$

w przypadku skratowania obustronnego

$$H_1 = \frac{H \cdot e - 2M_c}{b_s + b_{sr}} \quad (18a)$$

oraz

$$H_2 = H_1 \cdot \frac{b_{sr}}{h} \quad (18b)$$

Napężenia w krawężniku od momentu $H \cdot e$ należy obliczać wg wzorów:

a) napężenie normalne σ

$$\sigma = \frac{\left(\frac{H}{2} + H_1\right) \cdot l}{W_{kx}} \quad (19)$$

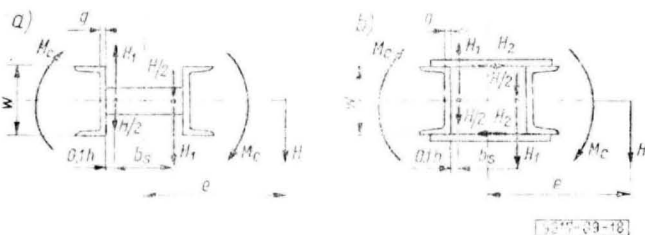
b) napężenie styczne τ

$$\tau = \frac{M_c}{J_s} \cdot g \cdot \sqrt{2} \quad (20)$$

c) naprężenia zredukowane σ_{rod}

$$\sigma_{rod} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq k \quad (21)$$

W przypadku równoczesnego występowania innych obciążeń oprócz momentu $M = H \cdot e$ należy naprężenia superponować.



Rys. 18

6.7.3. Skręcanie słupów przestrzennych. Wpływ momentu skręcającego na słup przestrzenny należy uwzględnić traktując słup jako kratownicę przestrzenną. Siły w krawężnikach i prętach skratowania można wyznaczać w sposób przybliżony wg PN-60/B-03205.

6.8. Ugięcie

6.8.1. Strzałka sprężystego ugięcia konstrukcji wsporczych. Strzałkę tę należy obliczać dla najbardziej niekorzystnego przypadku obciążenia odpowiednich układów obciążeń wg 4.2 uwzględniając również przypadki zerwania przewodu sieci jezdnej lub odkształcenia terenu wskutek występowania szkód górniczych.

Obliczenia ugięć można dokonywać dowolną ze znanych powszechnie metod. Ze względu na zróżnicowany charakter obciążeń zaleca się stosowanie metod podanych w 6.8.1 i 6.8.2.

6.8.2. Ugięcie elementów płaskich należy obliczać wg wzoru

$$1 \cdot f = \int_s \frac{M_i \cdot M_o}{E \cdot J} ds \quad (22)$$

w którym:

f — poszukiwana strzałka ugięcia słupa lub wysięgu,

1 — jednostkowa siła wirtualna przyłożona do konstrukcji wsporczej w miejscu poszukiwanego ugięcia i zgodnie z jego kierunkiem,

$\overline{M}_i$ — moment zginający w miejscu utwierdzenia konstrukcji wywołany siłą jednostkową,

M_o — moment zginający w miejscu utwierdzenia konstrukcji wywołany obciążeniem zewnętrznym,

J — moment bezwładności brutto przekroju konstrukcji względem osi prostopadłej do kierunku ugięcia,

E — współczynnik sprężystości podłużnej stali.

6.8.3. Ugięcie elementów przestrzennych należy obliczać wg wzoru

$$1 \cdot f = \sum_{k=1}^m \frac{\overline{Z}_k \cdot Z_k}{E \cdot A_k} l_k \quad (23)$$

w którym:

f — poszukiwana strzałka ugięcia,

1 — jednostkowa siła wirtualna przyłożona w węźle kratownicy w miejscu obliczanego ugięcia i działająca w kierunku poszukiwanego ugięcia,

Z_k — siła w pręcie k kratownicy od obciążenia siłą jednostkową,

Z_k — siła w pręcie k kratownicy od obciążenia zewnętrznego,

l_k — długość pręta k kratownicy,

A_k — pole przekroju pręta k kratownicy.

Znak sumy we wzorze (23) oznacza, że sumowanie rozciąga się na wszystkie pręty kratownicy.

6.9. Połączenia

6.9.1. Połączenia spawane powinny być wykonane zgodnie z PN-62/B-03200 z uwzględnieniem następujących warunków:

a) największe naprężenia w spoinie niezależnie od jej rodzaju i rodzaju zastosowanego połączenia nie powinny przekraczać wartości naprężenia k ,

b) w elementach przestrzennych kratowych dopuszcza się najmniejszą długość obliczeniową spoiny $l = 5a$, gdzie a — grubość spoiny, jednak nie mniejszą niż 20 mm,

c) w przypadku obliczania spoin pachwinowych, łączących przewiazki poziome z krawężnikami (rys. 19), należy korzystać wg wzoru

$$\tau_{max} = \sqrt{\tau_M^2 + \tau_Q^2} \leq 0,7 k \quad (24)$$

w którym:

$$\tau_M = \frac{M \cdot r}{J_x + J_y} \quad \text{oraz} \quad \tau_Q = \frac{P}{a \cdot l}$$

τ — naprężenie ścinające w spoinie,

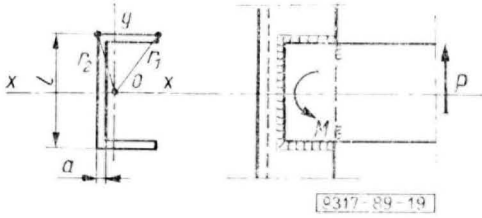
M — moment zginający w połączeniu,

P — siła ścinająca odpowiadająca momentowi M ,

J_x, J_y — moment bezwładności pracującego przekroju spoin względem osi $x-x$ i $y-y$,

r — promień obrotu dotyczący obliczanego punktu,

l — całkowita długość spoin, które ze względu na swoje położenie mogą przenosić siłę poprzeczną (np. dla przekrojów ceownikowych — całkowita długość spoin łączących środnik).



Rys. 19

6.9.2. Połączenia na śruby

6.9.2.1. Odległość śrub. Minimalne i maksymalne odległości śrub w połączeniach należy przyjmować wg PN-62/B-03200 z uwzględnieniem odstępstwa dla połączeń elementów przestrzennych kratowych podanych w PN-60/B-03205.

6.9.2.2. Liczba śrub — wg PN-62/B-03200.

6.9.2.3. Nośność śruby na ścinanie N_t należy obliczać wg wzoru

$$N_t = m \cdot \frac{\pi d^2}{4} k_t \quad (25)$$

w którym:

- m — liczba cięć (w zależności od rodzaju połączenia),
- d — średnica trzpienia,
- k_t — dopuszczalne naprężenia na ścinanie wg tabl. 4.

6.9.2.4. Nośność śruby na docisk na ścianki otworów N_d należy obliczać wg wzoru

$$N_d = d \cdot g \cdot k_d \quad (26)$$

w którym:

- g — grubość najcieńszego z łączonych elementów,
- k_d — dopuszczalne naprężenia na docisk na ścianki otworów wg tabl. 4.

6.9.2.5. Minimalna liczba śrub w połączeniu wynika ze wzoru

$$n = \frac{P}{N_{\min}} \quad (27)$$

w którym:

- P — maksymalna siła w przecie,
- $N_{\min}$ — mniejsza z nośności śrub obliczona wg wzorów (25) i (26).

6.9.2.6. Naprężenia w śrubach rozciąganych σ należy obliczać wg wzoru

$$\sigma = \frac{P}{n \cdot \frac{\pi \cdot d_r^2}{4}} \leq k_r \quad (28)$$

w którym:

- n — liczba śrub współpracujących przy przenoszeniu siły P ,
- d_r — średnica rdzenia śruby,
- k_r — dopuszczalne naprężenia na rozciąganie wg tabl. 4.

6.9.2.7. Połączenia na zginanie ze ścinaniem.

Siłę N_i w pojedynczej śrubie połączenia obciążonego momentem zginającym M (rys. 20) należy obliczać wg wzoru

$$N_i = \frac{M \cdot r_i}{\sum r_i^2} \quad (29)$$

w którym:

- r_i — promień łączący odnośną siłę N_i z punktem obrotu 0, prostopadły do N_i .

Jeżeli przez r_1 oznaczyć odległość (promień) skrajnej śruby od środka obrotu, to obliczona wg wzoru (29) wartość $N_i = \frac{M \cdot r_1}{\sum r_i^2}$ jest siłą największą spośród sił działających na śruby.

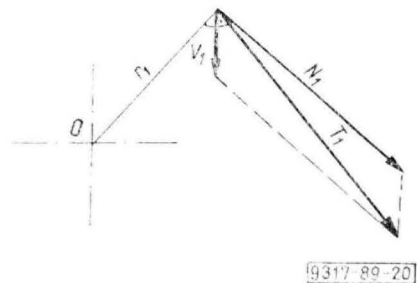
Siłę poziomą V_1 w śrubie wywołaną obciążeniem poprzecznym Q należy obliczać wg wzoru

$$V_1 = \frac{Q}{n} \quad (30)$$

w którym:

- n — liczba śrub w połączeniu.

Sumaryczną siłę ścinającą T_1 (od zginania i ścinania), występującą w pojedynczej śrubie, należy obliczać jako geometryczną wypadkową sił N_1 i V_1 najprościej w sposób wykreślny (rys. 20).



Rys. 20

6.10. Przewiązki

6.10.1. Przewiązki poziome

6.10.1.1. Obliczanie przewiązek poziomych. Przewiązki poziome i łączniki należy obliczać na siłę osiową w przewiązce S_k , moment $M_{kk'}$ i siłę tnącą T_k (rys. 21a i b).

Wartości S_k , $M_{kk'}$ i T_k należy określać wg wzorów

$$S_k = H_k + W_k - H_{k+1} = \frac{1}{2} W_k \quad (31)$$

$$T_k = V_{k+1} - V_k \quad (32)$$

$$\text{i } M_{kk}' = T_k \frac{b_k}{2} \text{ wg wzoru (11)}$$

w których W_k — zewnętrzna siła pozioma przyłożona w węźle k . Pozostałe oznaczenia wg 6.6.3.

Napężenia σ w przewiązce należy obliczać wg wzorów

$$\sigma = \frac{S_k}{2 F_k \cdot \beta_k} + \frac{M_{kk}'}{2 W_{xk}} \leq k \quad (33)$$

$$i = \frac{T_k}{F_k} \leq 0,6 k \quad (34)$$

oraz sprawdzić napężenia zastępcze σ_z

$$\sigma_z = \sqrt{\sigma^2 + 3 i^2} \leq k \quad (35)$$

w których:

β_k — współczynnik wyboczeniowy odpowiadający smukłości $\lambda_k = \frac{b}{i_{\min}}$

F_k — przekrój pojedynczej przewiązki w węźle k ,

W_{xk} — wskaźnik wytrzymałości pojedynczej przewiązki w węźle k ,

$i_{\min}$ — promień bezwładności przewiązki.

Przy obliczaniu przewiązek poziomych, w słupach obciążonych znaczną siłą osiową (np. w słupach kotwowych), należy siłę tnącą ΔT_k w przewiązce obliczoną wg wzoru (32) powiększyć o dodatkową wartość

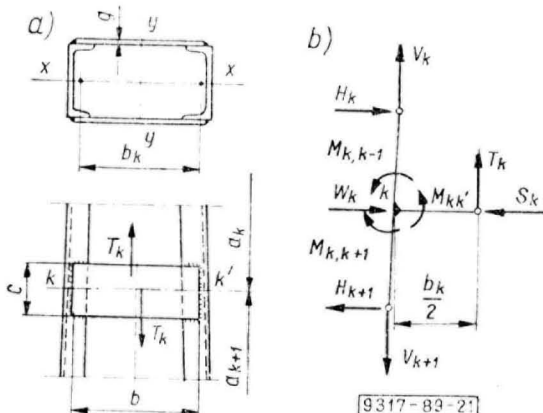
$$\Delta T_k = \frac{Q \cdot A_k}{2 b_k} \quad (36)$$

przy czym

$$Q = 0,012 \frac{P}{\beta} \quad (37)$$

Moment zginający M_{kk}' w przewiązce należy w tym przypadku obliczać wg wzoru

$$M_{kk}' = (T_k + \Delta T_k) \frac{b_k}{2} \quad (38)$$



Rys. 21

6.10.1.2. Łączniki. Spoiny łączące przewiązki poziome z krawężnikami słupa należy sprawdzać na ścinanie, zginanie i na wypadkowe napężenia ścinające τ_Q wg wzorów

$$\tau_Q = \frac{T_k}{a \cdot c} \quad (39)$$

$$\tau_M = \frac{M_{kk}' \cdot r}{J_x + J_y} \quad (40)$$

$$\tau_{\max} = \sqrt{\tau_Q^2 + \tau_M^2} \leq 0,7 k \quad (41)$$

Spoiny należy umieszczać wzdłuż pionowych krawędzi przewiązki z przeciąganiem na krawędź poziomą na długości $4g$. Grubość spoin pachwinowych $a \geq 0,5g$ i $a \geq 3$ mm.

6.10.2. Przewiązki kratowe

6.10.2.1. Obliczanie przewiązek kratowych. Przewiązki kratowe (rys. 22) należy obliczać na siłę osiową z uwzględnieniem wyboczenia.

Siłę osiową ściskającą w skratowaniu N_k można określić z dostateczną dokładnością wg wzoru

$$N_k = \frac{Q_k}{n \cdot \sin \alpha} \quad (42)$$

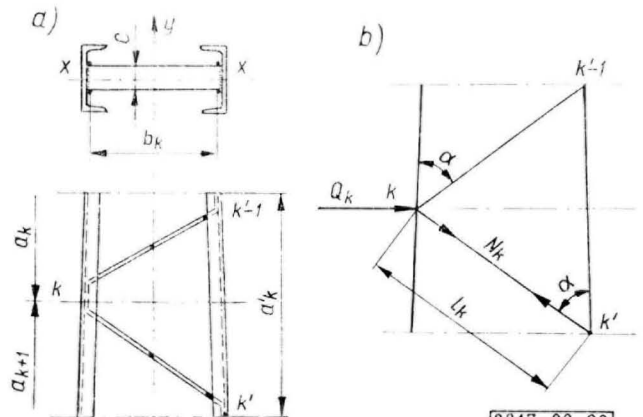
w którym:

Q_k — siła poprzeczna w słupie na wysokości węzła k ,

n — liczba krzyżulców (skratowań) w jednym przedziale w płaszczyznach równoległych,

α — kąt pochylenia krzyżulców względem osi słupa.

Przy obliczaniu przewiązek kratowych w słupach obciążonych znaczną siłą osiową należy siłę poprzeczną Q_k powiększyć o dodatkową wartość Q obliczoną wg wzoru (37).



Rys. 22

6.10.2.2. Łączniki. Spoiny pachwinowe, łączące skratowanie z krawężnikami, należy sprawdzać na ścinanie od składowych pionowych sił N_k występujących w krzyżulcach.

7. PROJEKTOWANIE

7.1. Dane ogólne. Stalowe konstrukcje wsporcze sieci trakcyjnej należy projektować z gotowych wyrobów walcowanych. Zaleca się stosowanie ceowników pocienionych, kątowników, płaskowników i blach. Słupy płaskie należy projektować z 2 ceowników łączonych bądź skratowaniem z płaskowników lub kątowników, bądź obustronnymi nakładkami z płaskowników. Słupy przestrzenne należy projektować o przekroju kwadratowym lub prostokątnym, przy czym krawężniki i skratowania powinny być wykonane z kątowników. Rygle bramek, słupy zawieszonych poprzecznych oraz słupy z wysięgiem na 2 tory należy projektować w zasadzie jako kratownice przestrzenne, słupy indywidualne i bramkowe jako płaskie.

7.2. Gabaryty konstrukcji

7.2.1. Gabaryty konstrukcji wsporczych uwarunkowane są wymaganiami PN-69/K-02057 oraz względami wytrzymałościowymi i przeznaczeniem poszczególnych rodzajów konstrukcji.

7.2.2. Wysokość słupów h mierzona od podstawy do wierzchołka należy obliczać wg wzorów

a) dla słupów indywidualnych (rys. 1)

$$h = h_s + h_{pj} + h_k + z \quad (43)$$

b) dla słupów z wysięgiem na 2 tory

$$h = h_s + h_{pj} + h_k + h_i + h_c + z \quad (44)$$

c) dla słupów bramkowych

$$h = h_s + h_{pj} + h_k + h_i + h_r + z \quad (45)$$

d) dla słupów zawieszonych poprzecznych

$$h = h_s + h_{pj} + h_k + h_i + h_w + h_z + z \quad (46)$$

e) dla słupów specjalnych

$$h = h_s + h_{pj} + h_k + z \quad (47)$$

w których:

h_s — odległość pionowa od spodu słupa do poziomu główki szyny uwarunkowana: w słupach osadzonych w fundamencie głębokością zabetonowania słupa h_b i odległością górnej powierzchni fundamentu od główki szyny h_f normalnie równa 54 cm, w pozostałych słupach — rzeczywistą sytuacją w terenie,

h_{pj} — wysokość przewodów jezdnych powyżej główki szyny,

h_k — wysokość konstrukcyjna sieci trakcyjnej,

h_i — odległość pionowa od liny nośnej do spodu wysięgu lub rygla dla zapewnienia właściwej izolacji elementów sieci znajdujących się pod napięciem od konstrukcji wsporczej ($h_{i \min} = 30$ cm),

h_c — odległość pionowa pomiędzy spodem wysięgu i poziomem zamocowania ściąg (ciągną) utrzymującego wysięg,

h_r — wysokość rygla bramki,

h_w — długość wieszaka w miejscu maksymalnego zwisu lin nośnych,

h_z — maksymalny zwis lin nośnych,

z — zapas wysokości słupa nie mniejszy od wysokości górnej nakładki, w obrębie której nie ma możliwości mocowania osprzętu, w konstrukcjach wsporczych dla szkód górniczych zapas ten powinien obejmować także wielkość przewidywanego osiadania terenu.

7.2.3. Długość przekroju poprzecznego słupów. Zaleca się, aby wartość u mierzona w mm prostopadle do osi torów na poziomie główki szyny wynosiła:

a) dla słupów indywidualnych

$$400 \geq u \geq 200 \text{ (nominalny wymiar 400)}$$

b) dla słupów z wysięgiem na 2 tory

$$600 \geq u \geq 300 \text{ (nominalny wymiar 400)}$$

c) dla słupów bramkowych

$$240 \geq u \geq 120 \text{ — słupy płaskie}$$

$$600 \geq u \geq 400 \text{ — słupy przestrzenne}$$

d) dla słupów zawieszonych poprzecznych

$$u \geq 200 \text{ — słupy płaskie}$$

$$0,2h \geq u \geq 0,1h \text{ — słupy przestrzenne}$$

Wymiar u słupów specjalnych należy przyjmować wg 7.2.3a) z uwzględnieniem odstępstw wynikających z rzeczywistej sytuacji w terenie.

7.2.4. Szerokość przekroju poprzecznego słupów mierzona równolegle do osi torów powinna wynosić:

a) w słupach płaskich indywidualnych równa wysokości zastosowanego ceownika,

b) w słupach z wysięgami na 2 tory i w słupach bramek — równa w przybliżeniu szerokości przekroju wysięgu lub rygla,

c) w słupach zawieszonych poprzecznych — zawarte w granicach $(1,0 \div 0,5) u$.

7.2.5. Wymiary przekroju poprzecznego wysięgów i rygli mierzone w mm powinny w zasadzie zawierać się w niżej podanych przedziałach:

a) dla elementów płaskich, wysokość $80 \div 240$ mm (wg profili zastosowanych ceowników) szerokość $100 \div 600$ mm,

b) dla elementów przestrzennych (kratownic) — wysokość $300 \div 1000$ mm (nominalne wymiary 400, 600, 900),

— szerokość $300 \div 600$ mm (nominalne wymiary 400, 600).

7.3. Dopuszczalne ugięcia. Strzałka dopuszczalnego ugięcia nie powinna przekraczać:

a) dla słupów w kierunku prostym i równoległym mierzona w poziomie wierzchołka

$$f \leq \frac{h}{100}$$

b) dla słupów w kierunku prostym do osi torów mierzona w poziomie zawieszenia przewodów jezdnych ewentualnie w poziomie zamocowania wysięgu lub rygla

$$f \leq 60 \text{ mm}$$

c) dla rygli bramkowych podpartych obustronnie na słupach

$$f \leq \frac{l}{100}$$

d) dla części wspornikowych rygla lub wysięgu

$$f \leq \frac{a}{75}$$

gdzie:

h — wysokość swobodnej części słupa mierzona od poziomu fundamentu (lub zamocowania do wierzchołka),

l — odległość osiowa elementów podpierających wysięg, a w przypadku rygla — odległość osiowa pomiędzy słupami bramki,

a — długość części wspornikowej wysięgu lub rygla.

7.4. Stężenia poprzeczne przestrzennych kratowych słupów, wysięgów i rygli należy umieszczać na całej długości elementu w odstępach nie większych niż 3,5 m. Zaleca się umieszczanie stężeń w tych przekrojach poprzecznych, w których przyłożone są duże siły skupione zewnętrzne oraz w których występuje zmiana kierunku krawężników.

7.5. Krawężniki i pasy główne. Krawężniki słupów i pasy główne wysięgów i rygli zaleca się wykonywać:

a) w słupach płaskich — z ceowników o wysokości 120 ÷ 240 mm,

b) w wysięgach i ryglach płaskich — z ceowników 80 ÷ 200 mm,

c) w słupach przestrzennych — z kątowników o minimalnym profilu 60×60×6,

d) w wysięgach i ryglach przestrzennych z kątowników o minimalnym profilu 45×45×5.

7.6. Przewiązki i skratowania

7.6.1. Przewiązki poziome w elementach płaskich należy wykonywać z prętów płaskich lub blach. Wymiary przewiązek w mm powinny wynosić:

$$\text{wysokość } 80 \leq c \leq \frac{b}{4}$$

$$\text{grubość } 8 \leq g \leq \frac{b}{50}$$

Wymiary b , c i g wg rys. 21.

7.6.2. Przewiązki kratowe w elementach płaskich należy wykonywać z prętów płaskich lub kątowników.

Przewiązki powinny spełniać następujące warunki:

a) przy skratowaniu pojedynczym

— minimalna grubość płaskownika — 10 mm

$$c \leq g \leq \frac{l_k}{50},$$

— minimalna szerokość płaskownika —

$$c \geq 60 \text{ mm},$$

— minimalny profil kątownika — 50×50×5,

b) przy skratowaniu dwustronnym

— minimalna grubość płaskownika 6 mm

$$c \leq g \leq \frac{l_k}{80},$$

— minimalna szerokość płaskownika —

$$c \geq 30 \text{ mm},$$

— minimalny profil kątownika — 30×30×4.

Kąt nachylenia osi przewiązki względem osi podłużnej elementu powinien wynosić $30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$

7.6.3. Skratowanie. Pręty skratowania w elementach przestrzennych należy wykonywać z kątowników.

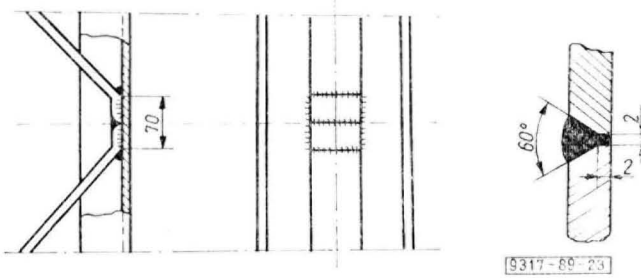
Pręty skratowania powinny spełniać następujące warunki:

— kąt nachylenia osi pręta względem osi słupa — $30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$,

— minimalny profil kątownika w słupach — 40×40×4,

— minimalny profil kątownika w wysięgach i ryglach — 30×30×4.

7.7. Łączenie na styk krawężników i skratowań. Elementy konstrukcji wsporczych należy wykonywać w zasadzie z jednolitych krawężników i pasów głównych. W uzasadnionych przypadkach zezwala się łączenie na styk przez spawanie krawężników i pasów, przy czym styki powinny być wykonane właściwie pod względem konstrukcyjnym, na pełną nośność przekroju stykowego krawężnika i z zachowaniem jednolitości zewnętrznych płaszczyzn profilu (bez nakładek i uskoków). W przypadku łączenia na styk wszystkich krawężników bądź pasów danego elementu, należy miejsce styków przesunąć względem siebie co najmniej o jedną grodz. Styki montażowe należy wykonywać przy stosowaniu śrub zgrubnych lub średniokładnych. Pręty skratowania pojedynczego z płaskownika w elementach płaskich można wykonywać jako jednolite lub z oddzielnych odcinków łączonych ze sobą na krawężniku (rys. 23).



Rys. 23

7.8. Zabezpieczenie przed korozją stalowych konstrukcji wsporczych należy wykonywać przez stosowanie odpowiednich powłok z farb wg In-

strukcji KOR-3. Przygotowanie powierzchni pod malowanie powinno odpowiadać II stopniowi oczyszczenia wg klasyfikacji podanej w KOR-3, a dobór materiału malarskiego powinien być określony w założeniu, że konstrukcje wsporcze sieci trakcyjnej pracują w środowiskach wg IV klasy agresywności tabeli klasyfikacyjnej KOR-3. Sposób oczyszczania powierzchni, wykonania malowania, dozór wykonania i kontrola powłok malarskich powinny być zgodne z KOR-3. Części konstrukcji przewidziane do zabetonowania należy pomalować mlekiem cementowym po uprzednim oczyszczeniu z tłuszczów i luźno związanej zgrzeli i rdzy.

K O N I E C

Załącznik

Obciążenie jednostkowe zasadniczych odmian sieci jezdnych oraz wielkości naciągów w przewodach

Lp.	Symbol odmiany sieci jezdnej (przewodu)	Wyszczególnienie	Naciąg				Ciężar						Obciążenie wiatrem					
			liny nośnej		przewodu jezdnego		bez sadyi z sadyią											
			X		N		przewo- du (ów) jezdne- go (ych)		liny nośnej		całej sieci jezdnej		przewo- du (ów) jezdne- go (ych)		liny nośnej		całej sieci jezdnej	
			kG	kN	kG	kN	kG/m	N/m	kG/m	N/m	kG/m	N/m	kG/m	N/m	kG/m	N/m	kG/m	N/m
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	YpC120-2C	sieć skompensowana z liną nośną C120 i 2 przewodami jezdnyymi dla prędkości 120÷160 km/gedz	1456	14,56	2000	20,00	1,780 3,020	17,800 30,200	1,060 1,726	10,000 17,260	3,000 4,992	30,000 49,920	0,900	9,000	0,700	7,000	1,646	16,460
2	YpC95-2C	sieć j.w., lecz z liną nośną C95	1240	12,40	2000	20,00	1,780 3,020	17,800 30,200	0,858 1,490	8,580 14,900	2,778 4,734	27,780 47,340	0,930	9,300	0,645	6,450	1,570	15,750
3	C120-2C	sieć skompensowana z liną nośną C120 i 2 przewodami jezdnyymi dla prędkości do 120 km/gedz	1400	14,00	1462	14,62	1,780 3,020	17,800 30,200	1,060 1,726	10,600 17,260	3,000 4,992	30,000 49,920	0,940	9,400	0,700	7,000	1,648	16,400
4	C95-2C	sieć j.w., lecz z liną nośną C95	1292	12,92	1300	13,00	1,780 3,030	17,800 30,200	0,858 1,490	8,580 14,900	2,778 4,734	27,780 47,340	0,921	9,210	0,645	6,450	1,566	15,660
5	KB95-2C	sieć półskompensowana z liną nośną KB95 i 2 przewodami jezdnyymi C100 mm ²	2331	23,31	1998	19,98	1,780 3,020	17,800 30,200	0,850 1,482	8,500 14,820	2,778 4,734	27,780 47,340	0,921	9,210	0,645	6,450	1,566	16,660
6	SKB70-C	sieć skompensowana z liną nośną KB70 i 1 przewodem jezdny C100 mm ²	1188	11,88	972	9,72	0,890 1,510	8,900 15,100	0,630 1,226	6,300 12,200	1,574 2,814	15,740 28,140	0,610	6,100	0,526	5,260	1,136	11,360
7	KB70-C	sieć j.w., lecz półskompensowana	1390	13,90	972	9,72	0,890 1,510	8,900 15,100	0,636 1,226	6,360 12,260	1,574 2,814	15,740 28,140	0,610	6,100	0,526	5,260	1,136	11,360
8	Δ C	sieć półskompensowana tzw. trójkątowa z 1 przewodem jezdny	—	—	972	9,72	0,890 1,510	8,900 15,100	—	—	0,957 1,610	9,570 16,100	0,610	6,100	—	—	0,668	6,680
9	AFL-70	lina uszyniająca stalowo-aluminiowa o przekro- ju znamionowym 70 mm ²	661	6,61	—	—	—	—	0,2775 0,886	2,775 8,860	—	—	—	—	0,588	5,800	—	—
10	AFL-95	przewód wzmacniający stalowo-aluminiowy o przekroju znamionowym 95 mm ²	945	9,45	—	—	—	—	0,3715 1,024	3,715 10,240	—	—	—	—	0,670	6,700	—	—
11	FL-70	lina stalowa kotwienia środkowego o przekroju znamionowym 70 mm ²	950	9,50	—	—	—	—	0,535 1,117	5,350 11,170	—	—	—	—	0,530	5,300	—	—

Parcie wiatru na konstrukcje wsporcze stalowe należy przyjmować wg PN-67/E-05100 dla II kategorii linii i wysokości zawieszenia przewodów 10 ÷ 16 m z odpowiednimi współczynnikami sływu wg tabl. 3.