

Polski Rejestr Statków

PRZEPISY

PUBLIKACJA NR 113/P

ZAWIESIA LINOWE I ŁAŃCUCHOWE

2016

Publikacje P (Przepisowe) wydawane przez Polski Rejestr Statków są uzupełnieniem lub rozszerzeniem Przepisów i stanowią wymagania obowiązujące tam, gdzie mają zastosowanie.



GDĄŃSK

Publikacja Nr 113/P – Zawiesia linowe i łańcuchowe – 2016, została zatwierdzona przez Zarząd PRS S.A. w dniu 31 marca 2016 r. i wchodzi w życie z dniem 11 kwietnia 2016 r.

© Copyright by Polski Rejestr Statków S.A., 2016

SPIS TREŚCI

str.

1 Zakres zastosowania	5
2 Wykaz norm Związanych	5
3 Określenia	5
4 Przykłady zawiesi	7
5 Wymagania	8
5.1 Postanowienia ogólne	8
5.2 Osprzęt zakończenia ciągów	8
5.3 DOR dla zawiesi jednocięgowych	8
5.4 DOR dla zawiesi o obwodzie zamkniętym	9
5.5 DOR dla zawiesi wielocięgowych	9
6 Określanie wytrzymałości zawiesia	9
6.1 Obciążenie robocze	9
6.2 Dopuszczalne obciążenie robocze (DOR)	10
6.3 Wytrzymałość ciągła	10
6.4 Naciąg ciągów w zawiesiu dwucięgowym	10
6.5 Naciąg ciągów w zawiesiu trzycięgowym	11
6.6 Naciąg ciągów w zawiesiu czterocięgowym	12
7 Cechowanie i badania	13
7.1 Cechowanie	13
7.2 Rodzaje badań	14
7.3 Metryka	14

1 ZAKRES ZASTOSOWANIA

1.1 Wymagania niniejszej *Publikacji* mają zastosowanie do zawiesi wykonanych z lin stalowych z drutu z powłoką cynkową, lin naturalnych (konopi, sizalu, manili) lub łańcuchów. Szczegóły wykonawcze podane są w PN-92/M-84720. Liny stalowe powinny być przeciwzwyte o rdzeniu włókiennym lub stalowym, o nominalnej wytrzymałości drutu 1570 lub 1770 MPa.

1.2 Zakres zastosowania wymagań niniejszej *Publikacji* wynika z *Przepisów* PRS, w których została ona przywołana.

1.3 *Publikacja* zawiera wymagania o charakterze konstrukcyjnym oraz wymagania dotyczące prób i nadzoru.

1.4 *Publikacja* może być stosowana do zawiesi używanych w przemyśle offshore, w halach produkcyjnych, do przenoszenia rozmaitych urządzeń i materiałów do produkcji.

2 WYKAZ NORM ZWIĄZANYCH

Zawiesia linowe powinny spełniać wymagania norm:

EN 13414-1:2003+A2:2008, część 1: Zawiesia do podnoszenia ogólnego zastosowania, Polska norma PN-EN 13414-1+A2

EN 13414-2:2003+A2:2008, część 2: Wykaz informacji dotyczących użytkowania i konserwacji dostarczanych przez wytwórcę, Polska norma: PN-EN 13414-2+A2

EN 13414-3:2003+A2:2008, część 3: Zawiesia splotowe o obwodzie zamkniętym i zawiesia z lin trójzwitych, Polska norma: PN-EN 13414-3+A1

Ponadto, zastosowania mają polskie normy:

PN-92/M-84720 – Zawiesia z lin stalowych i włókiennych. Ogólne wymagania i badania

PN-M-84736 – Zawiesia jedнопętlowe z lin stalowych,

PN-M-84737 – Zawiesia dwupętlowe z lin stalowych,

PN-M-84735 – Zawiesia w obwodzie zamkniętym z lin stalowych;

PN-EN 818-4+A1:2008 – Łańcuch o ogniwach krótkich do podnoszenia ładunków – Bezpieczeństwo – Część 4: Zawiesia łańcuchowe – Klasa 8

3 OKREŚLENIA

Zawiesie linowe ogólnego zastosowania – zespół elementów, który obejmuje co najmniej jedno ciągnie o swobodnych końcach lub zawiesie o obwodzie zamkniętym, który jest przewidziany do połączenia ładunku z urządzeniem podnoszącym, w zróżnicowanym zakresie operacji podnoszenia i nie jest zaprojektowany do podnoszenia dla jednego określonego zastosowania.

Osprzęt zakończenia – ogniwo, zespół ogniw, hak lub inny przyrząd trwale osadzony na jednym lub obydwu końcach zawiesia i przewidziany do połączenia końca zawiesia z ładunkiem lub urządzeniem podnoszącym.

Ogniwo główne – ogniwo, tworzące górne zakończenie zawiesia, za pomocą którego zawiesie jest łączone z hakiem dźwignicy lub elementem wykonawczym innego urządzenia podnoszącego (Rys. 1).

Pośrednie ogniwo główne – ogniwo stosowane do połączenia jednego ciągnia lub dwu ciągnię zawiesia z ogniwem głównym (Rys. 1). Ogniwa pośrednie mogą być montowane z ogniwem głównym w celu utworzenia trwałego zespołu ogniwa głównego.

Zawiesie o obwodzie zamkniętym z liny stalowej – zawiesie z liny stalowej bez końca, wykonane ze splotek owiniętych wokół rdzenia. Końce splotek jednego końca liny są wplecione w splotki drugiego końca liny, tworząc połączenie zamykające pętlę.

Zawiesie trójzwite o obwodzie zamkniętym – zawiesie z liny bez końca (liny zamkniętej), wykonane z liny trójzwitej. Końce splotek jednego końca liny są wplecione w splotki drugiego końca liny, tworząc połączenie zamykające pętlę.

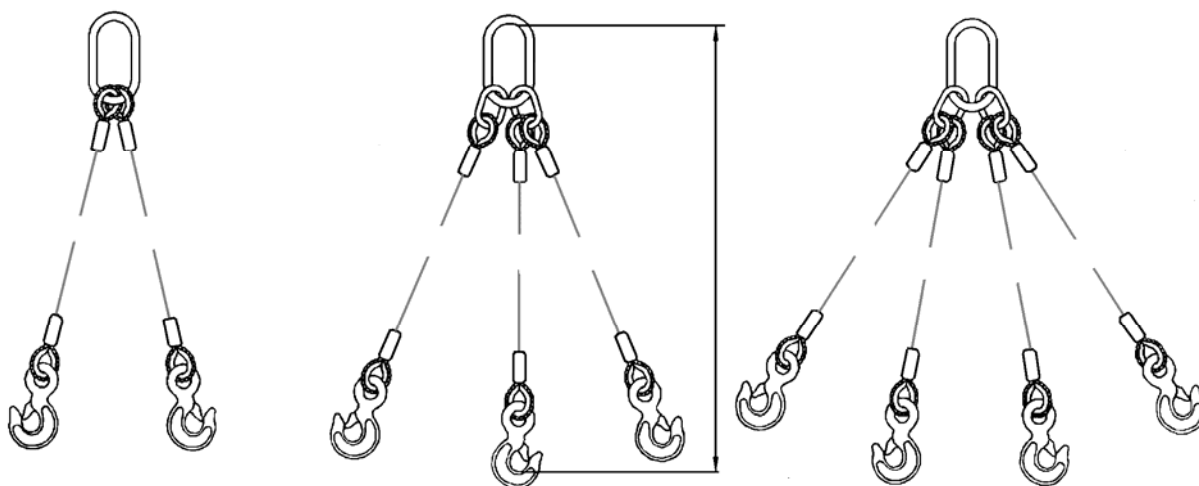
Zawiesie z liny trójzwitej – zawiesie ukształtowane z liny stalowej zbudowanej z sześciu lin podstawowych ułożonych jako zewnętrzne na jednej linii podstawowej tworzącej rdzeń z zakończeniami na każdym końcu, zwykle w formie zaplecionej pętli (Rys. 2).

Dopuszczalne obciążenie robocze (DOR) – maksymalna dopuszczalna masa, którą można by obciążyć zawiesie podczas normalnej eksploatacji. DOR określa się w tonach masy.

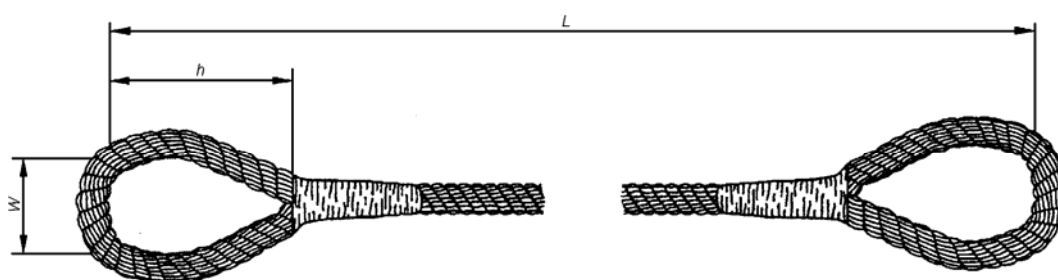
Osoba kompetentna – osoba odpowiednio przeszkolona i wykwalifikowana, mająca wiedzę i doświadczenie praktyczne oraz niezbędne instrukcje, umożliwiające wykonywanie wymaganych badań i kontroli.

Przegląd – wizualne sprawdzenie stanu zawiesia linowego w celu zidentyfikowania widocznych uszkodzeń, które mogłyby wpływać na bezpieczeństwo podczas stosowania.

Dokładne badanie – wizualne badanie przeprowadzone przez kompetentną osobę, a tam gdzie to konieczne, poparte innymi sposobami, jak pomiary i badania nieniszczące, w celu wykrycia uszkodzenia i oceniające jego wagę w odniesieniu do bezpieczeństwa i bezpiecznego kontynuowania stosowania zawiesia linowego.











Rys. 1. Zawiesia wielocięgnowe



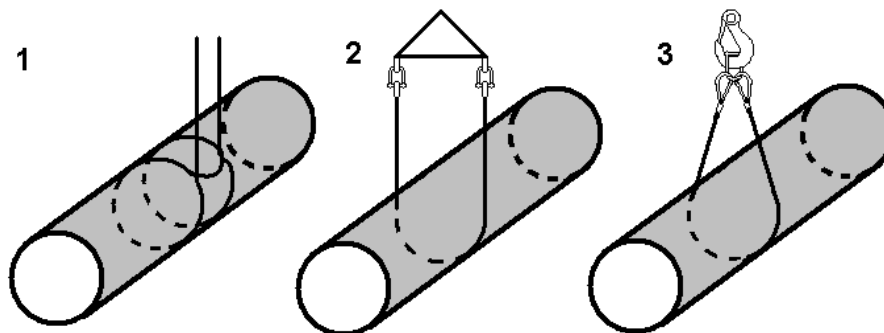
Rys. 2. Zawiesie z liny trójzwitej

4 PRZYKŁADY ZAWIESI

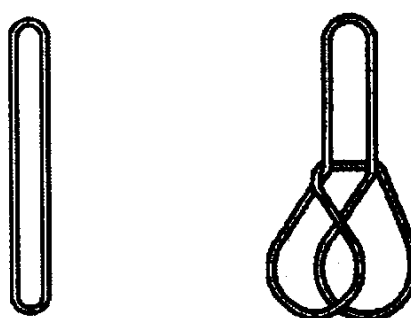
Zawiesia jednocięgnowe powinny być jednego z typów pokazanych na Rys. 3, z osprzętem zakończeniowym, jak ogniwa, haki czy bez takiego osprzętu (Rys. 3). W przypadku zastosowania zawiesia jednocięgowego do obwiązania lub podtrzymania ładunku (Rys. 4), zawiesie powinno być zawsze wyposażone w kausze.

Formy zawiesi jednocięgowych			
Pętla twarda zaciskana tuleją	Pętla miękka zaciskana	Pętla miękka zaciskana tuleją z wkładką	Pętla miękka zaciskana tuleją
			
FK	S	FK	F
Osprzęt zakończeniowy			
Na górnym końcu ogniwo	Na dolnym końcu ogniwo	Na dolnym końcu szakla	Na dolnym końcu hak
			
FKo	FKo	FKs	FKh

Rys. 3. Formy zawiesi i ich osprzęt zakończeniowy



Rys. 4. Zaczepienie ładunku poprzez pod-trzymywanie oraz obwiązanie
1 – obwiązanie ładunku, 2,3 – podtrzymywanie ładunku



Rys. 5. Zawiesie o obwodzie zamkniętym

5 WYMAGANIA

5.1 Postanowienia ogólne

Minimalna długość prostej liny pomiędzy wewnętrznymi końcami złączek zakańczających ciągnie powinna wynosić co najmniej 20-krotność średnicy liny, a w wypadku pętli zaplatanych – 15-krotność średnicy liny. Zewnętrzna długość pętli miękkiej powinna wynosić co najmniej cztery długości skoku zwicia liny. W celu zabezpieczenia powierzchni nośnej pętli miękkiej można osadzić w niej wkładkę. Pętle twarde powinny być wyposażone w kausze

5.2 Osprzęt zakończenia cięgien

Dopuszczalne obciążenie robocze (DOR):

- dowolnego ogniwa głównego powinno być co najmniej równe DOR zawiesia,
- dowolnego ogniwa pośredniego w zawiesiu trzy lub czterocięgowym powinno być równe przynajmniej 1,6DOR jednego z cięgien,
- osprzętu zakończenia cięgien do połączenia z ładunkiem powinny być równe co najmniej DOR cięgną (ciągien), do którego (których) jest zamontowany.

5.3 DOR dla zawiesi jednocięgowych

Dopuszczalne obciążenie robocze dla zawiesi jednocięgowych określa wzór:

$$DOR = (K_T/Z_P)(F_{\min}/g),$$

gdzie:

K_T jest sprawnością zakończenia równą 0,9 dla zakończeń zaciskanych złączką; 0,8 dla zakończeń zaplatanych,

Z_P jest współczynnikiem bezpieczeństwa równym 5 w przypadku ciągów linowych; 4 w przypadku ciągów łańcuchowych,

F_{\min} jest siłą zrywającą linę,

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$ jest przyspieszeniem ziemskim.

Jeśli siła zrywająca F_{\min} jest w kN, to F_{\min}/g jest w tonach/9,81.

5.4 DOR dla zawiesi o obwodzie zamkniętym

Dopuszczalne obciążenie robocze dla zawiesi o obwodzie zamkniętym określa wzór:

$$\text{DOR} = (2/Z_P)(F_{\min}/g) \quad \text{w przypadku podtrzymywania ładunku lub}$$

$$\text{DOR} = (2-k_z/Z_P)(F_{\min}/g) \quad \text{jeśli ładunek jest obwiązany (Rys. 4).}$$

Przyjęto tu założenie, że obciążenie zawiesia rozkłada się symetrycznie, przy czym współczynnik k_z uwzględniający wpływ zginania liny na jej wytrzymałość, jest równy:

0,8 – w przypadku zawiesia z liny stalowej,

0,7 – w przypadku zawiesia z liny z włókien naturalnych i sztucznych.

Dopuszczalne obciążenia robocze dla lin w zależności od średnicy liny, rodzajów zawiesia (o obwodzie zamkniętym, wielocięgnowe i kątów rozwarcia) podane są w PN-EN 13414-1. W wypadku zawiesi wielocięgnowych każde cięgno powinno być tego samego typu.

Pętla gniazda wyjściowego powinna mieć kąt wewnętrzny maksymalnie 30° . Wymiar poprzeczny ładunku powinien wynosić maksymalnie $0,3x$ długość pętli (LL).

5.5 DOR dla zawiesi wielocięgnowych

$$\text{DOR} = (K_T K_L / Z_P)(F_{\min}/g),$$

gdzie K_L jest współczynnikiem uwzględniającym liczbę ciągów i kąt odchylenia od pionu. Wartości tego współczynnika są następujące:

dla zawiesi dwucięgnowych

$$K_L = 1,4 \quad \text{gdy kąt odchylenia ciągów od pionu jest mniejszy niż } 45^\circ,$$

$$K_L = 1,0 \quad \text{gdy kąt odchylenia ciągów od pionu jest od } 45^\circ \text{ do } 60^\circ,$$

dla zawiesi trzy i czterocięgnowych

$$K_L = 2,1 \quad \text{gdy kąt odchylenia ciągów od pionu jest mniejszy niż } 45^\circ,$$

$$K_L = 1,5 \quad \text{gdy kąt odchylenia ciągów od pionu jest od } 45^\circ \text{ do } 60^\circ,$$

Kąt odchylenia cięgna od pionu powyżej 60° jest niedopuszczalny.

6 OKREŚLANIE WYTRZYMAŁOŚCI ZAWIESIA

Dopuszczalne obciążenie robocze (DOR) wynika z siły zrywającej cięgno F_{\min} . Ze względu na przyjęte wartości współczynnika bezpieczeństwa Z_P (równej 5 dla lin, 4 dla łańcuchów), wzory podane w rozdziale 5 podają przybliżone/szacunkowe wartości DOR.

W szczególnych sytuacjach, gdy chcemy dobrać zawiesie do podnoszenia dużych i ciężkich ładunków o znanej masie, można zastosować alternatywne określanie wytrzymałości zawiesia.

6.1 Obciążenie robocze

Obciążenie zawiesia W_L obejmuje obciążenie statyczne S , powiększone o obciążenia dynamiczne S_L . Obciążenie zawiesia równa się: $W_L = S + S_L$. Ponieważ $S_L = v_r (km)^{1/2}$, gdzie v_r jest prędkością haka względem ładunku w momencie naprężania zawiesia [m/s], $k \equiv G/\Delta h$ jest sztywnością zawiesia [N/m] w kierunku pionowym, równym ciężarowi zawieszonemu $G = mg$ [N] odniesionemu do wydłużenia zawiesia Δh [m] w kierunku pionowym, zaś m [kg] jest masą zawieszonemu ładunku. Tak więc:

$$W_L = S[1 + v_r(k/Gg)^{1/2}] \equiv \psi S$$

gdzie $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ jest przyspieszeniem ziemskim. Obciążenie statyczne (naciąg cięgien) $S > G$ jest większe od zawieszoności ciężaru, gdy cięgna są rozwarne (różnica wzrasta z kątem rozwarcia). W takim przypadku zaleca się, by kąty odchylenia od pionu były równe i nie mniejsze niż 15° , by uniknąć problemów ze stabilnością zawieszoności ładunku. Wyrażenie w nawiasie kwadratowym jest współczynnikiem przeciążenia dynamicznego, oznaczanym przez ψ . Współczynnik ψ jest większy od 1 i wzrasta ze sztywności zawiesia k . Samo przeciążenie dynamiczne równa się $S_L = (\psi - 1)S$. W wypadku zawiesi wielocięgowych przez S rozumie się naciąg (obciążenie jednego cięgna, a gdy obciążenia są nierówne – największy z nich).

W zastosowaniach okrętowych obciążenie zawiesia powinno uwzględniać dodatkowo siły wynikające z ruchów statku na fali, zwiększające pozornie siłę ciężkości zawieszoności ciężaru. Siły te należy przyjmować wg prognozy krótkoterminowej z zabezpieczeniem 10^{-4} , tzn. amplituda dodatkowej siły masowej na najwyższym dopuszczalnym stanie morza, przy którym mogłyby odbywać się operacje przeładunkowe, nie powinna być przekraczana częściej niż raz na 10^4 oscylacji.

Obciążenie robocze zawiesia M_L (M_L jest masą, której ciężar powoduje największe napięcie cięgna zawiesia) należy obliczać wg wzoru:

$$M_L = W_L / g.$$

6.2 Dopuszczalne obciążenie robocze (DOR)

Dopuszczalne obciążenie robocze zawiesi określa wzór: $DOR = 1,4M_L$ – jest ono większe od obciążenia roboczego M_L o 40%. DOR jest więc dopuszczalną masą, którą można obciążyć zawiesie.

6.3 Wytrzymałość cięgna

Zawiesie powinno przenieść następujące obciążenia próbne wywołane obciążeniem masą w spoczynku, równą:

- 2,0 DOR dla zawiesia o DOR do 20 t (ton masy);
- 1,0 DOR + 20 t dla zawiesia o DOR powyżej 20 t do 40 t;
- 1,5 DOR dla zawiesia o DOR powyżej 40 t.

Próba powinna być przeprowadzona pod nadzorem osoby kompetentnej. Obciążenie powinno być przyłożone przez co najmniej 5 min. Po zakończeniu próby nie powinny występować uszkodzenia elementów zawiesi, jak rozczepienie zaplotów pętli i uch, przemieszczenie lin w zaciskach linowych, pęknięć, odkształceń trwałych ogniów łańcuchów itp. Trwałe wydłużenie lin w stosunku do pierwotnej długości nie powinno przekraczać 2% – dla lin stalowych, 10% – dla lin konopnych i 14% – dla lin sizałowych i manilowych.

6.4 Naciąg cięgien w zawiesiu dwucięgowym

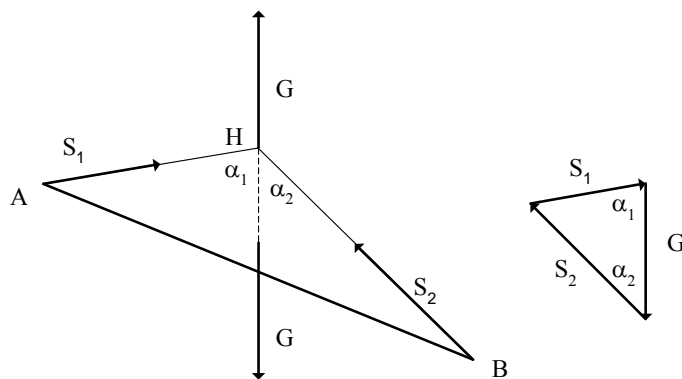
Naciąg statyczny cięgien S , potrzebny do określenia obciążenia zawiesia W_L , zależy od liczby cięgien i kątów ich odchylenia od pionu. W przypadku jak na Rys. 6 środek ciężkości masy zawieszoności ładunku znajduje się na linii pionowej przechodzącej przez oś haka, siły w linach wyrażają się wzorami:

$$S_1 = G \sin \alpha_2 / \sin \gamma,$$

$$S_2 = G \sin \alpha_1 / \sin \gamma.$$

gdzie G jest podnoszonym ciężarem, zaś α_1 i α_2 to kąty odchylenia cięgien od pionu. Suma kątów odchylenia $\alpha_1 + \alpha_2$ przedstawia kąt rozwarcia cięgien. Kąt ten nie może być większy niż 120° . Wprowadzając oznaczenie na kąt rozwarcia lin $\gamma = \alpha_1 + \alpha_2$.

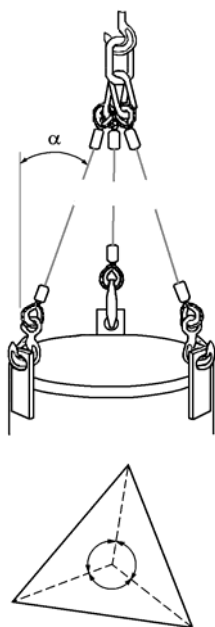
Uwaga: Gdy kąt $\alpha_2 \rightarrow 0$, naciąg $S_2 \rightarrow G$, zaś $S_1 \rightarrow 0$, co widać lepiej z trójkąta sił, czyli im bardziej pionowe położenie jednego cięgna, tym większe przenosi obciążenie przy malejącym obciążeniu drugiego cięgna. Gdy odchylenie lin od pionu jest jednakowe, tj. $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$, naciągi cięgien są także jednakowe, równe $S = G \sin \alpha / \sin 2\alpha = G / 2 \cos \alpha$. Gdy odchylenie cięgna $\alpha_1 \rightarrow 90^\circ$, $S_1 \rightarrow G \tan \alpha_2$, zaś $S_2 \rightarrow G / \cos \alpha_2$, tj. trójkąt sił dąży do trójkąta prostokątnego, w którym siły S_1 i G są przyprostokątnymi.



Rys. 6. Siły w zawiesiu dwucięgowym

6.5 Naciąg cięgien w zawiesiu trzycięgowym

Zawiesia trój- i czterocięgnowe tworzą ostrosłup jak na Rys. 7.



Rys. 7. Siły w zawiesiu trzycięgowym

Środek ciężkości podnoszonej masy znajduje się na linii pionowej przechodzącej przez oś haka. Suma rzutów sił w cięgnach na kierunek pionowy jest równa sile ciężkości podnoszonego ładunku G :

$$S_1 \cos \alpha_1 + S_2 \cos \alpha_2 + S_3 \cos \alpha_3 = G,$$

gdzie:

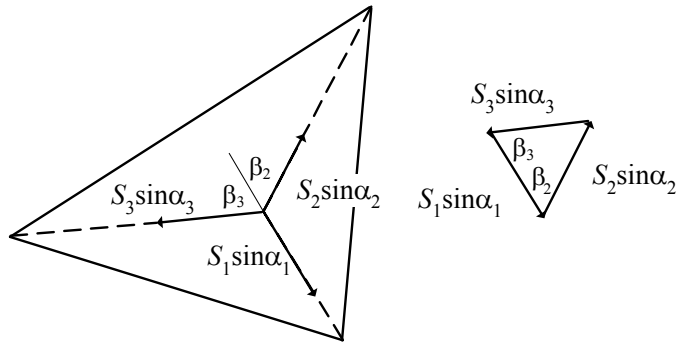
S_1, S_2, S_3 to siły w cięgnach,

$$S_2 = S_1 (\sin \alpha_1 / \sin \alpha_2) \sin \beta_3 / \sin \gamma_1,$$

$$S_3 = S_1 (\sin \alpha_1 / \sin \alpha_3) \sin \beta_2 / \sin \gamma_1,$$

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ są kątami odchylenia cięgien od pionu.

Kąt rozwarcia między rzutami cięgien γ_1 jest sumą kątów β_2 i β_3 .



Rys. 8. Rzut sił zawiesia na płaszczyznę poziomą

Uwaga:

Przykład obliczeniowy

Rzut sił na płaszczyznę poziomą (podstawę ostrosłupa) daje siły $S_1 \sin \alpha_1$, $S_2 \sin \alpha_2$, $S_3 \sin \alpha_3$ działające odśrodkowo wzdłuż rzutów lin (Rys. 8). Z twierdzenia sinusów zastosowanego do trójkąta sił wynika, że $S_1 \sin \alpha_1 / \sin(\beta_2 + \beta_3) = S_2 \sin \alpha_2 / \sin \beta_3 = S_3 \sin \alpha_3 / \sin \beta_2$, gdzie β_2 i β_3 są odchyleniami rzutów linii 2 i 3 od rzutu linii 1; każdy z nich jest mniejszy od 90° . Suma kątów odchylenia $\beta_2 + \beta_3$ przedstawia kąt między rzutami linii 2 i 3. Kąt ten jest mniejszy od 180° . Wprowadzając oznaczenie na kąt rozwarcia między rzutami linii $\gamma_1 = \beta_2 + \beta_3$, rzuty sił w linach na płaszczyznę poziomą wyrażą się za pomocą jednej z nich wzorami:

Podstawiając te wartości do równania równowagi, otrzymamy:

$$S_1 [\cos \alpha_1 + (\sin \alpha_1 / \tan \alpha_2) \sin \beta_3 / \sin \gamma_1 + (\sin \alpha_1 / \tan \alpha_3) \sin \beta_2 / \sin \gamma_1] = G.$$

Równanie to określa naciąg w cięgnię pierwszym:

$$S_1 \cos \alpha_1 [1 + (\tan \alpha_1 / \sin \gamma_1) (\sin \beta_3 / \tan \alpha_2 + \sin \beta_2 / \tan \alpha_3)] = G.$$

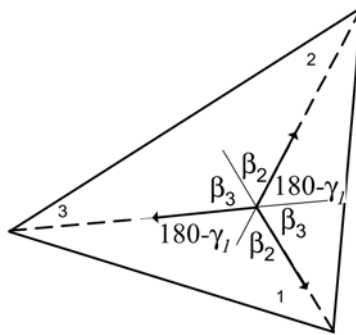
Pozostałe siły określa analogiczny wzór, jeśli znamy kąty rozwarcia między siłami i ich podział (Rys. 9). Kąty rozwarcia wynoszą:

$$\begin{aligned} \gamma_2 &= 180^\circ - \gamma_1 + \beta_2 = 180^\circ - \beta_3 \\ \gamma_3 &= 180^\circ - \beta_2. \end{aligned}$$

Siły w dwóch pozostałych cięgniach wyrażą się analogicznymi wzorami:

$$S_2 \cos \alpha_2 [1 + (\tan \alpha_2 / \sin \beta_3) (\sin \beta_2 / \tan \alpha_3 + \sin \gamma_1 / \tan \alpha_1)] = G,$$

$$S_3 \cos \alpha_3 [1 + (\tan \alpha_3 / \sin \beta_2) (\sin \gamma_1 / \tan \alpha_1 + \sin \beta_3 / \tan \alpha_2)] = G.$$

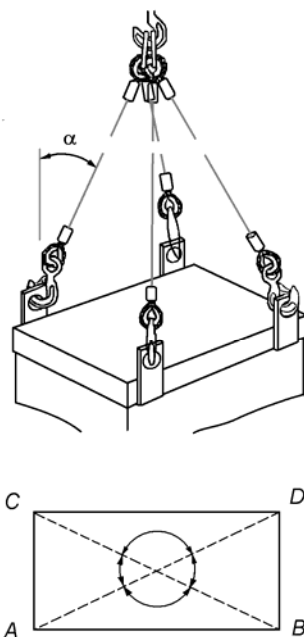


Rys. 9. Podział kątów między siłami

Gdy odchylenie cięgien od pionu $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha$ jest jednakowe i kąt rozwarcia między rzutami cięgien na poziom $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_3 = 120^\circ$ jest jednakowy, to siły w cięgniach $S_1 = S_2 = S_3 = S$ są także jednakowe, równe $S = G/3 \cos \alpha$.

6.6 Naciąg cięgien w zawiesiu czterocięgnowym

Dla zawiesia czterocięgnowego przybliżeniem może być zawiesie dwucięgnowe, gdy zaczepy tworzą prostokąt o długości AB . Cięgna AH i BH są rzutem cięgien przymocowanych do naroży poprzecznego boku prostokąta (Rys. 10); w punkcie H znajduje się hak.



Rys. 10. Zawiesia czterocięgnowe

Uwaga:

Naciąg cięgien w zawiesiu czterocięgnowym jest statycznie niewyznaczalny. Można go wyznaczyć jedynie przy dodatkowym założeniu. Na przykład, gdy odchylenie cięgien od pionu jest jednakowe, co ma miejsce gdy dolne zaczepy tworzą prostokąt, długości cięgien są jednakowe, a środek ciężkości leży pod środkiem prostokąta, jak na Rys.10, można przyjąć, że naciągi cięgien są jednakowe. W takim przypadku naciąg jednego cięgna $S = G/4\cos\alpha$.

Jeśli z jakichś względów jedno z cięgien przestałoby pracować, np. gdyby na skutek zużycia było dłuższe, niż pozostałe, to automatycznie przestałoby pracować także cięgno po przekątnej, a całe obciążenie przejąłaby druga para cięgien po przekątnej. Wynika to z warunku równowagi rzutu sił na płaszczyznę poziomą. Przy zawiesiach czterocięgnowych istnieje więc ryzyko, że na skutek wyłączenia jednego z cięgien, obciążenie pracującej pary wzrosłoby dwukrotnie.

Jeśli środek ciężkości ładunku nie znajduje się w środku długości prostokąta, cięgna nie mogą być jednakowej długości. W takim wypadku, zadanie redukuje się do przypadku dwucięgnowego, jak na Rys. 6, gdzie w punktach A i B są po dwa zaczepy z poprzecznych boków prostokąta, do których przyłączone są parami jednakowej długości cięgna. Siły S_1 i S_2 można uznać wtedy za wypadkową jednakowych napięć cięgien na poprzecznych bokach prostokąta.

7 CECHOWANIE I BADANIA

7.1 Cechowanie

Na zawiesiach należy umieścić trwałe i wyraźne oznaczenia, zawierające co najmniej następujące dane:

- znak identyfikacyjny producenta,
- znak identyfikujący zawiesie ze świadectwem jakości producenta,
- DOR dla zawiesia jednocięgnowego lub DOR dla zakresów kątów $0^\circ\pm 45^\circ$ i $45^\circ\pm 60^\circ$ w przypadku zawiesi wielocięgnowych,
- długość nominalną zawiesia w m,
- oznakowania wymagane innymi przepisami,
- numer metryki wydanej przez PRS, jeśli jest wymagany.

Oznakowanie zawiesi łańcuchowych powinno zawierać ponadto klasę zawiesia i liczbę cięgien.

Oznakowanie zawiesi pasowych umieszcza się na etykietce na pasie. Oznakowanie powinno zawierać:

- DOR dla zastosowania w układzie prostym,
- rodzaj materiału pasa,
- klasę osprzętu,
- nominalną długość,
- identyfikator producenta,
- kod identyfikacji,

- numer normy europejskiej,
- oznakowania wymagane innymi przepisami, w tym znak CE,
- symbol identyfikujący świadectwa badania zawiesia przez PRS, jeśli są wymagane.

Cechowanie zawiesi może być wykonane na:

- głównym ogniwie zbiorczym,
- złączce zaciskowej,
- pierścieniu przymocowanym do cięgna w pobliżu pętli lub ucha,
- tabliczce (przywieszce) przymocowanej trwale.

Wszystkie znaki powinny być wybite w sposób niepowodujący pogorszenia właściwości wytrzymałościowych ogniw i złączek, a tabliczki wykonane z materiału antykorozyjnego. Dla zawiesi o obwodzie zamkniętym należy oznaczyć (poprawić oznaczenie) miejsce styku czołowego rdzenia (i miejsce przeplecenia).

7.2 Rodzaje badań

Badanie zawiesia w fazie produkcji obejmuje:

- sprawdzenie świadectw materiałowych,
- oględziny zewnętrzne,
- sprawdzenie zgodności wymiarów z dokumentacją,
- sprawdzenie wytrzymałości, jak w punkcie 6.3 .

Każde zawiesie podlega sprawdzeniu świadectw materiałowych oraz oględzinom zewnętrznym. Sprawdzenie wymiarów i wytrzymałości przeprowadza się na losowo wybranych próbkach o liczebności równej $0,37N^{0,64}$ zaokrąglonej wwyż, gdzie N jest liczebnością partii.

Badanie zawiesia w czasie przeglądów w eksploatacji obejmuje:

- oględziny zewnętrzne.

Zawiesie należy wycofać z eksploatacji w przypadku wystąpienia uszkodzenia elementów zawiesia, takich jak:

- w przypadku lin: trwałe załamania, węzły, spłaszczenia liny, korozja, rozczepienie zaplotów pętli i uch, przemieszczenie lin w zaciskach linowych, pęknięcia,
- w przypadku łańcuchów: nadmierne zużycie korozyjne, nadmierne wyciągnięcie, trwałe odkształcenia ogniw łańcuchów itp.

Trwałe wydłużenie lin w stosunku do pierwotnej długości nie powinno przekraczać 2% – dla lin stalowych, 10% – dla lin konopnych i 14% – dla lin szalowych i manilowych.

Zużycie łańcucha i osprzętu, określone jako zmniejszenie średniej średnicy mierzonej w dwóch kierunkach, w żadnym miejscu nie powinno przekraczać 10% wymiaru wyjściowego,

7.3 Metryka

Dla każdego zawiesia lub partii zawiesi, uznanych za zgodne z wymaganiami, wytwórca powinien wystawić metrykę zawierającą co najmniej następujące dane:

- nazwę i adres wytwórni,
- nazwę i adres zakładu wykonującego badania,
- znak identyfikacyjny producenta,
- rodzaj zawiesia z uwzględnieniem materiału, konstrukcji itp.,
- numer partii,
- liczbę zawiesi,
- długość nominalna zawiesia w metrach,
- wartość obciążeń próbnych,
- DOR w t,
- podpis prowadzącego badania.