Seria: GÓRNICTWO z. 36

JAN RYNIK

## ROZKŁAD NAPIĘĆ W UKŁADACH POCIĄGOWYCH Z ŁAŃCUCHEM W OBIEGU ZAMKNIĘTYM

Streszczenie. W pracy wyprowadzono podstawowe zależności określające rozkład napięć w dowolnych układach napędowych z łańcuchem pociągowym w obiegu zamkniętym. Wykazano analitycznie i doświadczalnie, że napięcie wstępne jest źródłem powstawania w łańcuchu pociągowym znacznych nadwyżek sił statycznych.

# 1. Wstep

Układy pociągowe z łańcuchem w obiegu zamkniętym (rys. 1) są szeroko stosowane w napędach strugów, taranów, strugozgarniarek oraz w kombajnach z niezależnym ciągnikiem. Układy te stosowane zasadniczo w wyrobiskach długich, charakteryzują się znacznymi wydłużeniami sprężystymi łańcucha pociągowego.



Rys. 1. Rozkład napięć w układzie pociągowym z łańcuchem w obiegu zamkniętym

Wydłużenie sprężyste łańcucha strugowego np. dla 200 m układu dwunapędowego przy obciążeniu maksymalnym równym 20 t. wynosi około 1,6 m. Przy tak znacznych wydłużeniach cięgna prawidłowa współpraca łańcucha pociągowego z kołami napędowymi wymaga wstępnego napinania łańcucha pociągowego.

W miarę przemieszczania się wzdłuż układu pociągowego siły użytecznej, we wstępnie napiętym konturze łańcuchowym zachodzą zmiany w rozkładzie napięć.

Z warunku nie luzowania się cięgna biernego wyprowadzono podstawowe zależności określające zmienność napięć w konturze łańcuchowym dla dowolnych układów napędowych.

W rozważaniach nie uwzględniono podatności przekładni i zamocowań napędów, która w stosunku do dużych wartości wydłużeń sprężystych łańcucha jest minimalna i może być dla uproszczenia rozważań pominięta.

### 2. Rozkład napięć bez uwzględnienia oporów ruchu łańcucha

Warunek nie luzowania się cięgna biernego spełniony zostanie, gdy suma wydłużeń sprężystych łańcucha (rys. 1) skompensowana zostanie jego wydłużeniem sprężystym pod wpływem wielkości napięcia wstępnego:

$$\Delta \mathbf{L}_1 + \Delta \mathbf{L}_2 + \Delta \mathbf{L}_3 \leq \Delta \mathbf{L} \tag{1}$$

gdzie:

- △L, wydłużenie sprężyste cięgna roboczego,
- △L<sub>2</sub> wydłużenie sprężyste cięgna biernego,
- $\Delta L_3$  wydłużenie sprężyste cięgna powrotnego
- ΔL wydłużenie sprężyste łańcucha pod wpływem napięcia wstęp nego.

Po podstawieniu do (1) wartości wydłużeń sprężystych oraz przyjmując, że tylko przy maksymalnej długości cięgna roboczego napięcie

### Rozkład napięć w układach pociągowych ...

cięgna schodzącego z koła napędowego spada do zera otrzymano:

$$\frac{N_1(L-x)}{E_0} + \frac{N_2 x}{E_0} + \frac{N_3 L}{E_0} = \frac{N_0 2L}{E_0}$$
(2)

gdzie:

N<sub>1</sub> - napięcie w cięgnie roboczym,

N<sub>2</sub> - napięcie w cięgnie biernym,

N<sub>3</sub> - napięcie w cięgnie powrotnym,

- N napięcie wstępne
- x odległość od początku układu punktu przyłożenia obciążenia użytecznego,
- L długość układu pociągowego,

E - sztywność łańcucha.

Jak widać z powyższego równania, rozkład napięć w układzie nie zależy od sztywności cięgna E.:

$$N_1(L - x) + N_2 x + N_3 L = N_0^2 L$$
 (3)

Celem uwzględnienia w dalszych rozważaniach wszystkich możliwych układów napędowych (układy jedno i dwunapędowe, układy wielonapędowe wyposażone w silniki o mocach różnych oraz nierównomierny rozdział mocy w przypadku dwunapędowego układu o mocach równych) wprowadzono do układu równań napięć współczynnik rozdziału mocy k:

$$k = \frac{W_1}{W_1 + W_2}$$
(4)

gdzie:

- I moc napędu, w kierunku którego przemieszcza się punkt przyłożenia obciążenia użytecznego P,
- W2 moc drugiego napędu.

Jak widać u zależności (3) k przyjmować może wartości w przedziale:  $0 \le k \le 1$ 

Np. jeżeli:

- k = 0 układ jednonapędowy, przy którym punkt przyłożenia siky P oddala się od napędu,
- k = 0,5 układ dwunapędowy z równomiernym rozdziałem mocy na oba napędy,
- k = 1 układ jednonapędowy, przy którym punkt przyłożenia siły P przemieszcza się w kierunku napędu.



Rys. 2. Wykres rozkładu napięć bez uwzględnienia oporów ruchu łańcucha

Sily uciągu na napędowych kołach gwiazdowych (rys. 2) będą proporcjonalne do mocy napędów::

$$N_1 - N_3 = kP \tag{5}$$

$$N_3 - N_2 = (1-k)P$$
 (6)

Po rozwiązaniu układu równań (3), (5), (6) otrzymano:

$$N_1 = N_0 + P \frac{kL + x}{2L}$$
 (7)

$$N_2 = N_0 - P \frac{L(2-k) - x}{2L}$$
 (8)

$$N_3 = N_0 + P \frac{x - kL}{2L}$$
(9)

Jak to wynika ze wzoru (8) warunek (2) spełniony zostanie gdy:

$$N_0 = P \left(1 - \frac{k}{2}\right)$$
 (10)

Podstawiając wartość (10) do wzorów (7), (8), (9) otrzymano zależności określające rozkład napięć w układzie napiętym wymaganą wartością napięcia wstępnego N.:

$$N_1 = P(1 + \frac{x}{2L})$$
 (11)

$$N_2 = P \cdot \frac{x}{2L}$$
(12)

$$N_3 = P(1 - k + \frac{x}{2L})$$
 (13)

Siły reakcji na napędach wyznaczyć można ze wzoru:

$$R_1 = N_1 + N_3 = P(2 - k + \frac{x}{L})$$
 (14)

$$R_2 = N_2 + N_3 = P(1 - k + \frac{x}{L})$$
 (15)

Na rys. 2 przedstawiono wykres rozkładu napięć w konturze łańcuchowym dla N<sub>0</sub> = P  $(1 - \frac{k}{2})$ .



3. Rozkład napięć przy uwzględnieniu oporów ruchu łańcucha (rys. 3)

Rys. 3. Wykresy rozkładu napięć przy uwzględnieniu oporów ruchu kańcucha

a - układ nieobciążony (P=O), b - układ obciążony siłą P

# 3.1. Układ nieobciażony (rys. 3a)

Wydłużenie sprężyste ⊿L wynikające z działających na cięgno sił pokonywujących opory ruchu łańcucha skompensowane zostanie napięciem wstępnym N jeżeli:

$$\Delta L_q = \frac{N_{oq}^2 L}{B_o}$$

(16)

Ponieważ  $\Delta L_q$  zależne jest od współczynnika rozdziału mocy k należy odróżnić w rozważaniach 3 charakterystyczne przypadki: a) k = 0

$$\Delta L_{q} = \frac{O}{E_{o}} = \frac{2qfL^{2}}{E_{o}}$$

b) k = 0,5

aby 7,00 1 P.O.

$$\int_{q}^{L} q \, fx \, dx$$

$$dL_{q} = 2 \frac{o}{\frac{E_{o}}{E_{o}}} = \frac{qf L^{2}}{\frac{E_{o}}{E_{o}}}$$

c) k = 1

$$\Delta L_{q} = \frac{\int_{0}^{L} q f x dx}{E_{0}} = \frac{2q f L^{2}}{E_{0}}$$

;, dla wartości k w przedziale  $0 \le k \le 0.5$ ,  $\Delta L_q$  maleje z wartosci  $\frac{2qfL^2}{E_0}$  do wartości  $\frac{qfL^2}{E_0}$ . W przedziale  $0.5 \le k \le 1$   $\Delta L_q$  rośnie do wartości  $\frac{2qfL^2}{E_0}$ . Powyższą zależność ująć można wzorem;

$$\Delta \mathbf{L}_{q} = \frac{2\mathbf{m}_{q}\mathbf{f}\mathbf{L}^{2}}{\mathbf{E}_{o}}$$
(17)

gdzie:

dla  $0 \le k \le 0.5$  m = 1-k dla  $0.5 \le k \le 1$  m = k al passoner limits w with

Podstawiając do zależności (16) wartość (17) wyznaczyć można wielkość wymaganego napięcia wstępnego:

$$N_{oq} = mqfL$$
 (18)

Jak wynika z wykresów napięć przedstawionych na rys. 3a, napięcie w gałęzi roboczej łańcucha N<sub>1q</sub> w przedziale:  $0 \le k \le 0,5$  zmienia się według zależności:

$$N_{10} = qfx$$
(19)

W przedziale:  $0,5 \le k \le 1$  cięgno robocze obciążone jest dodatkową siłą wynikającą z nierównomiernego rozdziału mocy napędów. Wielkość tej siły wynosi: qfL (2k - 1).

Dla wspomnianego wyżej przedziału wartości k, napięcie w cięgnie roboczym zmienia się według zależności:

$$N_{1c} = qfL (2k - 1) + qfx$$
 (20)

3.2. Układ obciążony siłą użyteczną P (rys. 3b)

Jak wynika z wykresów napięć przedstawionych na rys. 3b:

$$N'_{1} = N_{1} + N_{1}q$$
  
 $N'_{2} = N_{2} + N_{1}q$ 

Dla  $0 \leq k \leq 0,5$ :

$$N'_{1} = N'_{0} + P \frac{kL + x}{2L} + qfx$$
 (21)

$$N'_{2} = N'_{0} - P \frac{L(2-k) - x}{2L} + qfx$$
 (22)

Rozkład napięć w układach pociągowych ....

Dla  $0,5 \le k \le 1$ :

$$V_1 = N_0' + P \frac{k_L + x}{2L} + qf[L(2k-1) + x]$$
 (23)

$$N'_{2} = N'_{0} - P \frac{L(2-k)-x}{2L} + qf [L(2k-1)+x]$$
 (24)

gdzie:

dla  $0 \le k \le 1$ 

$$N'_{0} = P(1 - \frac{k}{2}) + mqfL$$
 (25)

Z zależności (21) i (23) wynika, że dla x=L maksymalne obciążenie dodatkowe wynikające z oporów ruchu łańcucha, dla poszczególnych układów napędowych, wahać się może w granicach od qfL do 2qfL.

Dla przykładu wyniesie ono dla 200 m układu strugowego (q=9,4 kg/m, f = 0,3):

dla  $0 \le k \le 0,5$ : qfL = 0,55 t dla k = 1: 2qfL = 1,10 t.

Przyjmując np. dla struga maksymalne obciążenie użyteczne  $P_{max} = 20$  t, wartość oporów ruchu łańcucha wahać się może w granicach 2,75+5,5%  $P_{max}$ .

Opory ruchu łańcucha stanowią więc nieduże w stosunku do obciążenia głowicy strugowej dodatkowe obciążenie statyczne układu. Dla normalnych warunków eksploatacyjnych opory ruchu łańcucha posiadają zasadniczo stałą wartość i nie wpływają na zmiany w rozkładzie napięć w konturze łańcuchowym, które zachodzą na skutek zmian położenia punktu przyłożenia obciążenia użytecznego P. Opory ruchu łańcucha nie wpływają również na zmiany w napięciach poszczególnych gałęzi układu, wywołane zmianami wielkości obciążenia P.

Można więc dla uproszczenia analizy zjawisk dynamicznych zachodzących w konturze łańcuchowym, opory ruchu łańcucha pominąć.

# 4. Analiza wpływu napiecia wstępnego na rozkład napieć

W miarę oddalania się od początku układu punktu przyłożenia siły P, łączne wydłużenie cięgna roboczego będzie malało stosownie do zmniejszania się jego długości. Ponieważ kontur łańcucha ma długość stałą, to i suma jego wydłużeń sprężystych jest stała. Nastąpi więc narastanie wydłużeń sprężystych w pozostałych gałęziach układu.

Narastanie napięcia w gałęzi biernej układu N<sub>2</sub> jest bezpcźrednią przyczyną powstawania w gałęzi roboczej dodatkowego obciążenia statycznego.

Jak wynika z zależności (7) i rys. 4a, przy właściwie dobranym napięciu wstępnym:

$$N_{o} = P(1 - \frac{x}{2})$$



Rys. 4. Wykresy napięć w cięgnach - roboczym i biernym a - dla N<sub>o</sub> = P(1 -  $\frac{k}{2}$ ), b - dla N<sub>o</sub> > P(1 -  $\frac{k}{2}$ )

dla wartości k w przedziale:  $0 \le k \le 1$ , N<sub>1</sub> narasta do wartości:

 $N_1$ max = 1,5 P

W przypadku gdy  $N_0 > P(1 - \frac{k}{2})$  (rys. 4b) to  $N_1$  wzrośnie maksymalnie do:



Z zależności (10) i (14) oraz rys. 5 wynika, że gdy k wzrasta od 0-1, to niezbędna wielkość napięcia wstępnego N maleje od N = P do N =  $\frac{P}{2}$ . Maleje również R<sub>1max</sub> z wartości  $R_1 = 3P (k = 0)$  do wartości R<sub>lmax</sub> = 2P(k=1). Oznacza to, że np. dla jednokierunkowego przemieszczania się punktu przyłożenia siły P, układem wymagającym minimalnej wartości napięcia wstepnego będzie układ

o k = 1, natomiast przy dwukierunkowym przemieszczaniu się punktu przyłożenia siły P, będzie to układ dwunapędowy o k = 0,5.

Jak widać już przy prawidłowym doborze wielkości napięcia wstępnego, wielkość nadwyżek sił w cięgnie roboczym może maksymalnie osiągnąć 50% obciążenia użytecznego układu, a nadwyżki sił reakcji na napędach mogą osiągnąć aż 2-krotną wartość obciążenia użytecznego układu.

 $N_{1max} = N_0 - P(1 - \frac{k}{2}) + 1,5 P$ 

# 5. Pomiary dwunapędowego układu pociągowego struga statycznego SWS-3

Pomiary dwunapędowego układu struga SWS-3 miały na celu zbadanie wpływu napięcia wstępnego na rozkład napięć w łańcuchu pociągowym.

Pomiary przeprowadzono na ścianie strugowej (rys. 6) w typowych warunkach eksploatacyjnych w czasie normalnej pracy maszyn i urządzeń w warunkach odpowiadających najbardziej typowemu zakresowi pracy układu pociągowego.

Pomiary zasadnicze dwunapędowego układu strugowego polegały na jednoczesnym pomiarze sił, w dwóch gałęziach łańcucha (za i przed głowicą), poboru mocy napędów oraz na określeniu usytuowania głowicy struga w ścianie.

Schemat ideowy układu pomiarowego i usytuowanie aparatury pomiarowej w ścianie przedstawiono na rys. 7.

Pomiary sił w cięgnie strugowym przeprowadzono metodą elektrycznej tensometrii oporowej.

Siły w łańcuchu przed i za głowicą strugową mierzono za pomocą dynamometrów tensometrycznych wpiętych w łańcuch poprzez szybkozłącza. Zastosowano dynamometry tensometryczne konstrukcji ZKMPW typu DTO-30 o zakresie 30 ton. Dynamometry powyższe o kształcie okrągłym wyposażone są w tensometry typu RL-120 w układzie pełnomostkowym naklejone symetrycznie na obwodzie części pomiarowej w kształcie walca o przekroju 2,75 cm<sup>2</sup>.

Sygnały elektryczne z dynamometrów proporcjonalne do sił w łańcuchu, przekazywano na wzmacniacz tensometryczny produkcji Politechniki Gdańskiej o zakresie pomiarowym 0,2+10%. Zapisu odczytu wielkości mierzonych sił na taśmie światłoczułej dokonano za pomocą oscylografu 3-pętlicowego typu RFT.

Dla zwiększenia dokładności pomiarów sił w cięgnie biernym (za głowicą strugową każdorazowo zmniejszano zakres pomiarowy wzmacniacza 2-krotnie w stosunku do pomiarów sił w cięgnie roboczym.









### Rozkład napięć w układach pociągowych ....

Stąd wynikały na oscylogramach różne skale dla sił w cięgnie struga w zależności od kierunku urabiania.

Linia zerowa dla obydwu sił była jedna i na oscylogramach jest zarejestrowana przez zerową pętlicę. Posuw taśmy w oscylografie wynosił 0,8 cm/sek, odpowiadało to przesuwowi głowicy strugowej w przodku o 0,5 m.

Moc pobieraną przez silniki elektryczne górnego i dolnego napędu struga mierzono za pomocą przystawek w układzie Arona, włączonych w obwody zasilania poszczególnych napędów poprzez sprzęgło SWO-100. Moce napędów zarejestrowano watomierzami samopiszącymi typu EAW.

Pomiary sił i mocy przeprowadzono w kilku seriach zmieniając:

- wielkość napięcia wstępnego w granicach N<sub>0</sub> = 2,8÷6,6 tony. Wielkość napięcia wstępnego łańcucha pociągowego zmieniano dodając względnie odejmując cięgnu określoną ilość ogniw, po uprzednim jego zblokowaniu i napięciu napędami struga.
- współczynnik rozdziału mocy napędów w granicach k = 0,5-0,75. Zmianę rozdziału mocy napędów uzyskano przez zmianę stamu napeżnienia (poniżej stamu nominalnego) sprzęgła hydrokinetycznego napędu dolnego. Względnie równomierny rozdział mocy napędów k = 0,46÷0,52 uzyskano przy nominalnym jednakowym poziomie napełniania sprzęgieł.

Oprócz wyżej wymienionych parametrów w celu zwiększenia zakresu wielkości obciążenia użytecznego (P = 4÷18 t) zmieniono dla każdej z powyższej serii pomiarów wielkość ciśnienia w przesuwakach hydraulicznych w granicach od około 20 do 43 atn.

Dla przykładu, przedstawiono na rys. 8a dwa wycinki oscyłogramów sił dla położenia głowicy w odległości  $x = \sim 30$  m i  $x = \sim 104$  m od przyjętego początku układu.

Na opracowanych na podstawie oscylogramów wykresach (rys. 8b) przedstawione zmiany w rozkładzie napięć w cięgnach - roboczym i



138

Jan Rynik



biernym zachodzące w zależności od zmiany położenia głowicy struga. Na wykresach napięć określono punkty odpowiadające tej samej siły użytecznej  $P_1$ , przy czym wielkość siły  $P_1$  określono jako średnią wielkość siły użytecznej P dla badanego cyklu pracy struga ( $P_1 = N_{1\text{śr}} - N_{2\text{śr}}$ ). Taki sposób opracowania wyników pozwolił określić dla dowolnego położenia głowicy struga wielkość nadwyżek sił statycznych w cięgnie roboczym, wynikających z wstępnego napinania łańcucha pociągowego.

Jak to wynika z wykresów (rys. 8a) dla wielkości napięcia wstępnego N<sub>o</sub> = 4,3 t i dla średniej wielkości siły użytecznej P<sub>1</sub>=4,8 t w odległości od początku układu  $x = \sim 29,8$  m nadwyżki sił statycznych wynoszą około 13% obciążenia użytecznego, a w odległości x = 104,2 m około 75%.

Na rys. 9 w oparciu o uzyskane dane pomiarowe sporządzono wykresy napięć w cięgnach biernym i roboczym oraz sił reakcji na napędzie R<sub>1</sub>, dla danego średniego obciążenia użytecznego P<sub>1</sub> w zależności od usytuowania względem początku układu punktu przyłożenia siły P<sub>1</sub>. Przebiegi napięć wskazują na powstawanie w układzie kańcuchowym znacznych nadwyżek sił statycznych. Dla N<sub>0</sub> = 4,3 t (rys. 9a), P<sub>1</sub> = 4,8 t i k<sub>śr</sub> = 0,67 w przypadku maksymalnego zbliżenia się głowicy do napędu, nadwyżka sił statycznych w cięgnie roboczym wynosi 80% obciążenia P<sub>1</sub>, a nadwyżka siły reakcji wynosi około 1,8 P<sub>1</sub>.

Dla N<sub>o</sub> = 6,45 t (rys. 9b),  $P_1 = 5,1$  t i  $k_{sr} = 0,48$  maksymalna nadwyżka sił statycznych wynosi około 1,1  $P_1$ , a maksymalna nadwyżka siły reakcji wynosi około 2,4  $P_1$ .

Porównanie wyników pomiarowych z wynikami teoretycznymi uzyskanymi za pomocą wyprowadzonych wzorów (7) i (8) wykazało dobrą zgodność wyników. Wyniki pomiarowe różnią się od wyników teoretycznych maksymalnie 11% co uznać należy dla danych warunków pomiarowych za dobre zbliżenie wyników.

#### Rozkład napięć w układach pociągowych

Pomiary wielkości napięcia wstępnego w łańcuchu pociągowym wykazały, że niekontrolowane napinanie wstępne łańcucha za pomocą napędów może prowadzić do powstawania w łańcuchu nadmiernych wielkości napięcia wstępnego.

Przy takim sposobie napinania niezbędne wymagane wielkości napięcia wstępnego mogą być przekraczane w dość szerokim zakresie (rzędu kilku ton).

### 6. Wnioski końcowe

1. Wyprowadzone wzory pozwalają dla dowolnych napędowych układów pociągowych z łańcuchem w obiegu zamkniętym określić niezbędną wielkość napięcia wstępnego oraz pozwalają dla każdego położenia punktu przyłożenia siły użytecznej wyznaczyć wielkości napięć w konturze łańcucha pociągowego.

2. Analiza wyprowadzonych zależności i wyników pomiarów struga SWS-3 wykazała, że wstępne napięcie łańcucha jest przyczyną powstawania w układach znacznych nadwyżek sił statycznych. Już przy minimalnej niezbędnej wielkości napięcia wstępnego, wielkość nadwyżek sił w cięgnie roboczym może maksymalnie osiągnąć 50% obciążenia użytecznego układu.

3. Nadwyżki sił statycznych w łańcuchu pociągowym obniżają trwałość elementów układów w szczególności:

- obniżają współczynnik bezpieczeństwa łańcuchów na rozerwanie,

- na skutek sumowania się napięć występujących w cięgnie roboczym i biernym, znacznie powiększają naciski na wały i łożyska kół gwiazdowych,
- powiększają wartości nacisków jednostkowych trących się elementów układu (intensywne zużywanie się ogniw łańcuchów, kół gwiazdowych, prowadnic itp.),

 powiększają opory ruchu i proces zużywania się elementów układu na krzywiznach i nierównościach.

4. Celem ograniczenia do minimum wielkości nadwyżek sił statycznych należy napinać układy niezbędną minimalną siłą. W przypadku wyznaczania wartości napięcia wstępnego na drodze teoretycznej, należy w obliczeniach uwzględniać nie maksymalne obciążenie układu, lecz wynikające z danych warunków eksploatacyjnych jego obciążenie średnie.

5. W oparciu o badania ruchowe należy dążyć do maksymalnego obniżenia teoretycznej wielkości napięcia wstępnego, jeżeli na to pozwalają warunki ruchowe oraz względy bezpieczeństwa pracy dla zażogi.

6. Należy opracować skuteczne sposoby napinania układów oraz sposoby kontroli wielkości napięcia wstępnego w łańcuchu pociągowym.

7. Należy rozpatrzyć możliwości maksymalnego ograniczenia wielkości nadwyżek sił statycznych w układach przez podatne umocowanie napędu lub przez podatne umocowanie końców łańcucha pociągowego.

8. Pomiary obciążeń w układach przeprowadzać należy równocześnie w cięgnach roboczym i biernym. W układach wstępnie napiętych pomiary sił wykonanych tylko w cięgnie roboczym nie mogą stanowić podstawy do właściwego określenia przebiegów obciążeń. Rozkład napięć w układach pociągowych ...

РАЗЛОЖЕНИЕ НАТЯЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ДВИГАТЕЛЬНЫХ С ЦЕПИ ОБОРОТОЙ ЗАМНУТОЙ

Резрме

В работе сделано вывод основния зависимости определяющий разложение натяжения в свободных системах приводных с упражной цепи в оборотой замнутой. Доказано амалитическо и экспериментально, же натяжения вступательное есть источник вставания в упряжной цепи замкнутой излишек сил статических.

STRESS DISTRIBUTION IN HANLAGE CHAIN SYSTEMS WITH ENDLESS ROUND LINK CHAINS

Summary

In the paper there are derived basic dependences in order to define stress distribution in various driving systems with endless hanlage chains. It is shown by analytical and experimental methods that pretension is a soncre af considerable enlargement of static load in the hanlage chains.