ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1975

Seria: Górnictwo z. 62 Nr kol. 407

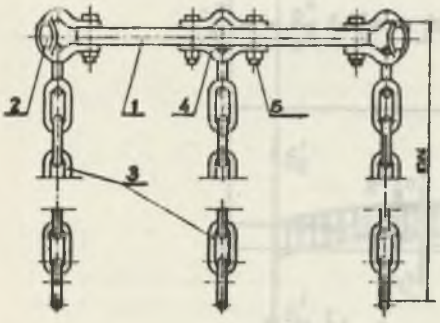
Józef Suchoń
Andrzej Tylikowski

STYTYSTYCZNA ANALIZA STANU OBCIĄŻEŃ I ODKSZTAŁCEŃ TRÓJPASMOWYCH CIĘGIEN PRZENOŚNIKÓW ZGRZEBŁOWYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono statystyczną analizę obciążeń łańcuchów i odkształceń zgrzegeł w trójpasmowych ciągnach łańcuchowych oraz podano wyniki obliczeń numerycznych wykonanych dla trójpasmowego ciągna przenośnika Śląsk-67.

1. Wstęp

W użytkowanych obecnie w kraju ścianowych przenośnikach zgrzebłowych jako element pociągowy stosuje się trójpasmowe ciągno łańcuchowe. Zamknięty kontur łańcuchowy uzyskuje się w tych ciągnach z szeregu połączonych ze sobą jednakowych odcinków. Odcinek taki (rys. 1) składa się ze sztywnego zgrzebła trzech piętnastoogniwowych łańcuchów dwóch zamków bocznych, zamka środkowego i czterech śrub łączących.



Rys. 1. Odcinek ciągna trójpasmowego

1 – zgrzebło, 2 – zamek boczny, 3 – łańcuchy, 4 – zamek środkowy, 5 – śruba łącząca

Duża sztywność zgrzebła oraz odchyłki długości łańcuchów (z zamkami) są powodem istnienia dużych nierównomierności rozkładu sił w ciągnie. W celu określenia średniego (statycznego) obciążenia poszczególnych łańcuchów (rys. 2) w pracy [1] przy założeniu, że przenośnik jest: ułożony prostoliniowo, nachylony do poziomu pod kątem α, równomiernie obciążony urobkiem na pewnej długości oraz że sztywności zamków bocznych i środkowych są jednakowe, wyprowadzono następujący układ równań[x]:

[x] Przedstawiony tu układ równań różni się nieco od wyprowadzonego w pracy [1] tym, że ze względu na konieczność przeprowadzenia analizy statystycznej rozkładu obciążeń w ciągnie wygodniej było odchyłki długości łańcuchów liczyć względem łańcucha środkowego ($\delta' m/_1''$, $\delta''' m/_1''$) zamiast względem długości nominalnej ($\delta' m$, $\delta'' m$, $\delta''' m$).

$$S'_1 + S''_1 + S'''_1 = P - QC_zA_z$$

$$S'_1 - S'_2 = S'''_1 - S'''_2$$

$$f_1 = \frac{(S''_2 - S''_1 + A_z Q_z C_z)\, l_z^3}{48\, E\, J_z} + \frac{5}{385}\, \frac{(Q_u + Q_z)\, l_z^3\, C_z\, A_z}{E\, J_z}$$

$$2f_n - 2f_1 - \delta'_{1/l''} - \delta'''_{1/l''} + (2\, S''_1 - S'_1 - S'''_1)\, \frac{l_o}{E_o} = 0$$

$$S'_i + S''_i + S'''_i = P - i\, Q\, C_z\, A_z$$

$$S'_i - S'_{i+1} = S'''_i - S'''_{i+1}$$

$$f_i = \frac{(S''_{i+1} - S''_i + A_z\, Q_z\, C_z)\, l_z^3}{48\, E\, J_z} + \frac{5}{384}\, \frac{(Q_u + Q_z)\, l_z^3\, C_z\, A_z}{E\, J_z}$$

$$2f_{i-1} - 2f_i - \delta'_{i/l''} - \delta'''_{i/l''} + (2S''_i - S'_i - S'''_i)\, \frac{l_o}{E_o} = 0$$

$$S'_{i+1} + S''_{i+1} + S'''_{i+1} = P - iQ\, C_z\, A_z - Q\, C_n\, A_g$$

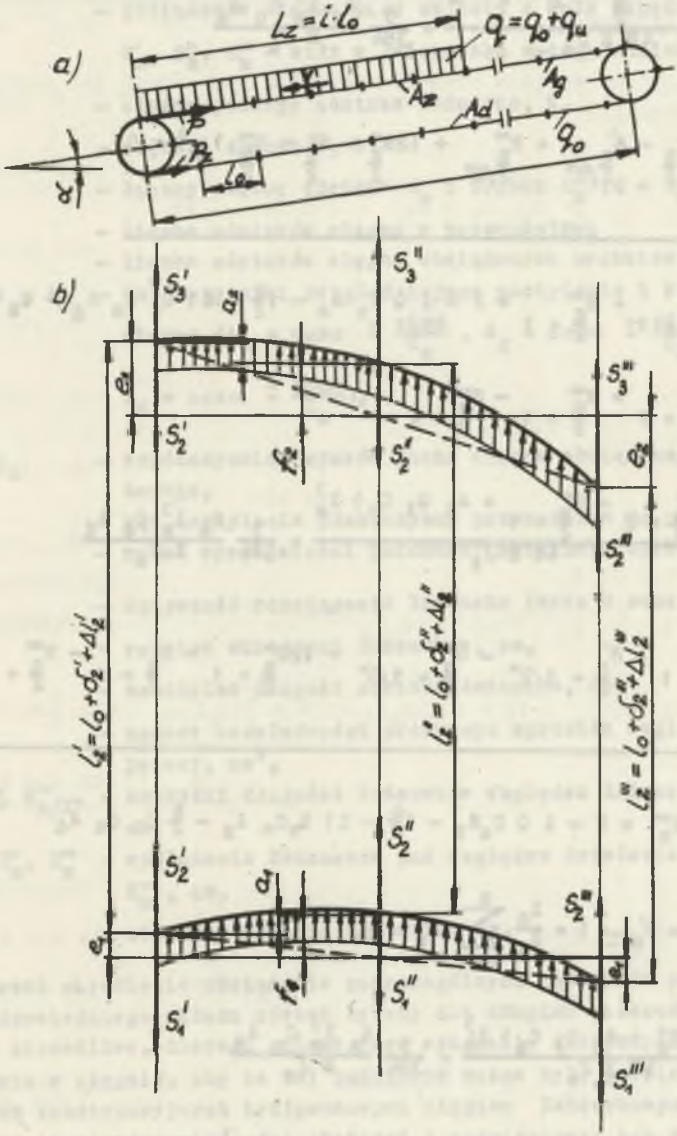
$$S'_{i+1} - S'_{i+2} = S'''_{i+1} - S'''_{i+2}$$

$$f_{i+1} = \frac{(S''_{i+2} - S''_{i+1} + A_g\, Q_z\, C_g)\, l_z^3}{48\, E\, J_z} + \frac{5}{384}\, \frac{Q_z\, l_z^3\, C_n\, A_g}{E\, J_z}$$

$$2f_i - 2f_{i+1} - \delta'_{i+1/l''} - \delta'''_{i+1/l''} + (2S''_{i+1} - S'_{i+1} - S'''_{i+1})\, \frac{l_o}{E_o} = 0$$

$$S'_{\frac{n}{2}} + S''_{\frac{n}{2}} + S'''_{\frac{n}{2}} = P - i\, Q\, C_z\, A_z - (\tfrac{n}{2} - 1)\, Q_o\, C_n\, A_g$$

$$S'_{\frac{n}{2}} - S'_{\frac{n}{2}+1} = S'''_{\frac{n}{2}} - S'''_{\frac{n}{2}+1}$$



Rys. 2. Schematy warunków pracy przenośnika
a – schemat ułożenia i obciążenia przenośnika, b – schemat obciążenia łańcucha trójpasmowego

$$f_{\frac{n}{2}} = \frac{(S''_{\frac{n}{2}+1} - S''_{\frac{n}{2}} + A_g\ C_n)\ l_z^3}{48\ E\ J_z} + \frac{5}{384}\ \frac{Q_z\ l_z^3\ C_n\ A_g}{E\ J_z}$$

$$2f_{\frac{n}{2}-1} - 2f_{\frac{n}{2}} - \delta'_{\frac{n}{2}/1''} + \delta'''_{\frac{n}{2}/1''} + (2S''_{\frac{n}{2}} - S'_{\frac{n}{2}} - S'''_{\frac{n}{2}})\ \frac{l_o}{E_o} = 0$$

$$S'_{\frac{n}{2}+1} + S''_{\frac{n}{2}+1} + S'''_{\frac{n}{2}+1} = P - 1\ Q\ C_z\ A_z - (\tfrac{n}{2} - 1)\ Q_o\ C_n\ A_g - Q_o\ C_n\ A_d$$

$$S'_{\frac{n}{2}+1} - S'_{\frac{n}{2}+2} = S'''_{\frac{n}{2}+1} - S'''_{\frac{n}{2}+2}$$

$$f_{\frac{n}{2}+1} = \frac{(S''_{\frac{n}{2}+2} - S''_{\frac{n}{2}+1} + A_d\ Q_z\ C_n)\ l_z^3}{48\ E\ J_z} + \frac{5}{384}\ \frac{Q_z\ l_z^3\ C_n\ A_d}{E\ J_z}$$

$$2f_{\frac{n}{2}} - 2f_{\frac{n}{2}+1} - \delta'_{\frac{n}{2}+1/1''} - \delta'''_{\frac{n}{2}+1/1''} + (2S''_{\frac{n}{2}+1} - S'_{\frac{n}{2}+1} - S'''_{\frac{n}{2}+1})\ \frac{l_o}{E_o} = 0$$

$$S'_n + S''_n + S'''_n = P - 1\ Q\ C_z A_z - (\tfrac{n}{2} - 1)\ Q_o C_n\ A_g - \tfrac{n}{2}\ Q_o\ C_n\ A_d$$

$$\sum_{m=1}^{n} (\delta'''_{m/1''} - \delta'_{m/1''}) = \frac{l_o}{E_o} \sum_{m=1}^{n} (S'_m - S'''_m)$$

$$f_n = \frac{(S''_1 - S''_n + A_d\ Q_z\ C_n)\ l_z^3}{48\ E\ J_z} + \frac{5}{384}\ \frac{Q_z\ l_z^3\ C_n\ A_d}{E\ J_z}$$

$$2f_{n-1} - 2f_n - \delta'_{n/1} - \delta'''_{n/1''} + (2S''_n - S'_n - S'''_n)\ \frac{l_o}{E_o} = 0$$

gdzie:

P – obciążenie cięgna łańcuchowego w punkcie nabiegania na gwiazdę, N,

$$(P = P_z + 1\ C_z\ Q\ A_z + (\tfrac{n}{2} - 1)\ Q_o\ C_n\ A_g + \tfrac{n}{2}\ Q_o\ C_n\ A_d)$$

P_z – obciążenie cięgna przy zejściu z koła napędowego, N,

S'_m, S''_m, S'''_m – siły w łańcuchach m-tego odcinka, N,

Q_l – ciężar jednego odcinka łańcucha, N,

Q_z – ciężar zgrzebła, N,

Q – łączny ciężar odcinka Q_o i urobku Q_u ($Q = Q_o + Q_u$), N,

n – liczba odcinków cięgna w przenośniku,

i – liczba odcinków cięgna obciążonych urobkiem,

A_z, A_g, A_d – współczynniki uwzględniające nachylenie i kierunek ruchu cięgna ($A_z = \cos\alpha \mp \frac{\sin\alpha}{C_z}$, $A_g = \cos\alpha \mp \frac{\sin\alpha}{C_n}$, $A_d = \cos\alpha \pm \frac{\sin\alpha}{C_n}$),

C_z, C_n – współczynniki oporów ruchu cięgna obciążonego i nieobciążonego,

α – kąt nachylenia płaszczyzny przenośnika do poziomu, rad,

E – moduł sprężystości podłużnej materiału zgrzebła, $\frac{N}{cm^2}$,

E_o – sztywność rozciągania łańcucha (wraz z zamkiem), N,

l_z – rozstaw skrajnych łańcuchów, cm,

l_o – nominalna długość odcinka łańcucha, cm,

J_z – moment bezwładności przekroju zgrzebła względem osi obojętnej, cm^4,

$\delta'_{m/l'''}$, $\delta'''_{m/l''}$ – odchyłki długości łańcuchów względem łańcucha środkowego cm,

l'_m, l''_m, l'''_m – wydłużenia łańcuchów pod względem działania sił S'_m, S''_m, S'''_m, cm,

f_m – strzałka ugięcia zgrzebła, cm.

Ponieważ określenie obciążenia poszczególnych łańcuchów poprzez rozwiązanie odpowiedniego układu równań byłoby dla długich przenośników praktycznie niemożliwe, dlatego celowe jest wykonanie statystycznej analizy obciążenia w cięgnie, aby na tej podstawie można było z kolei dokonać analizy cech konstrukcyjnych trójpasmowych cięgien łańcuchowych pod kątem zmniejszenia nierównomierności obciążeń i podniesienia ich do trwałości.

2. Określenie parametrów rozkładu obciążeń i odkształceń w trójpasmowym ciągnie łańcuchowym

Przedstawione we wstępie równania dają się sprowadzić do następującej postaci macierzowej:

$$\sum_{k=1}^{4n} a_{jk}\, x_k = b_j \qquad j = 1, \dots 4n \tag{1}$$

gdzie:

$$\begin{aligned} x_{4m-3} &= S'_m \\ x_{4m-2} &= S''_m \\ x_{4m-1} &= S'''_m \qquad m = 1, \dots n \\ x_{4m} &= f_m \end{aligned}$$

$$b_{4m-3} = \begin{cases} P - m\,Q\,C_z\,A_z & \text{dla } 0 < m \leq 1 \\ P - 1\,Q\,C_z\,A_z - (m-1)Q_o\,C_n A_g & \text{dla } 1 < m \leq \frac{n}{2} \\ P - 1\,Q\,C_z A_z - (\frac{n}{2} - 1)Q_o C_n A_g - (m - \frac{n}{2})Q_o C_n A_d & \text{dla } \frac{n}{2} < m \leq n \end{cases}$$

$$\text{dla } m \neq n \tag{2}$$

$$b_{4m-2} = \begin{cases} 0 & \\ \sum_{m=1}^{n} (\delta'''_m - \delta'_m) & \text{dla } m = n \end{cases}$$

$$b_{4m-1} \begin{cases} \left[\frac{Q_z}{48} + \frac{5}{384}(Q_z + Q_u)\right] \frac{C_z\, l_z^3\, A_z}{E\, J_z} & \text{dla } 0 < m \leq 1 \\ \left(\frac{Q_z}{48} + \frac{5}{384} Q_z\right) \frac{C_n\, l_z^3\, A_g}{E\, J_z} & \text{dla } 1 < m \leq \frac{n}{2} \\ \left(\frac{Q_z}{48} + \frac{5}{384} Q_z\right) \frac{C_n\, l_z^3\, A_d}{E\, J_z} & \text{dla } \frac{n}{2} < m \leq n \end{cases}$$

$$b_{4m} = \delta'_{m/1''} + \delta'''_{m/1''}$$

$$a_{4m-3,\ 4m-3} = 1$$

$$a_{4m-3,\ 4m-2} = 1$$

$$a_{4m-3,\ 4m-1} = 1$$

$$a_{4m-2,\ 4m-3} = 1$$

$$a_{4m-2,\ 4m-1} = -1$$

$$\left.\begin{aligned} a_{4m-2,\ 4m+1} &= -1 \\ a_{4m-2,\ 4m+3} &= 1 \end{aligned}\right\} \quad \text{dla } m \neq n$$

$$a_{4n-2,\ 1} = -a_{4n-2,\ 3} = a_{4n-2,\ 5} = \ldots = a_{4n-2,\ 4n-3} =$$

$$= -a_{4n-2,\ 4n-1} = \frac{l_o}{E_o} \qquad \text{dla } m = n$$

$$a_{4m-1,\ 4m-2} = \frac{l_z^3}{48\ E\ J_z}$$

$$a_{4m-1,\ 4m} = 1$$

$$a_{4m-1,\ 4m-2} = -\frac{l_z^3}{48\ E\ J_z}$$

$$a_{4m,\ 4m-3} = -\frac{l_o}{E_o}$$

$$a_{4m,\ 4m-1} = -\frac{l_o}{E_o}$$

$$a_{4m,\ 4m} = -2 \qquad \text{dla } m > 1$$

$a_{4m,\,4m-1} = 2$

$a_{4,\,4n} = 2 \qquad \text{dla } m = 1$

Pozostałe elementy macierzy a_{jk} są zerowe.

Niech o_{jk} będzie macierzą odwrotną do a_{jk}. Wówczas rozwiązanie układu równań przedstawi się następująco:

$$x_j = \sum_{k=1}^{4n} o_{jk}\, b_k \tag{3}$$

Uwzględniając, że b_{4m} $(m=1, \ldots, n)$ oraz b_{4n-2} są zmiennymi losowymi, co wynika z niedokładności wykonania długości odcinków, przepisujemy równanie (3) w postaci

$$x_j = x_{jo} + \sum_{m=1}^{n} o_{j,4m} \cdot b_{4m} + o_{j,4n-2} \cdot b_{4n-2}, \tag{4}$$

gdzie:

x_{jo} wyraża się przez wielkości zdeterminowane

$$x_j = \sum_{m=1}^{n} (o_{j,4m-3} \cdot b_{4m-3} + o_{j,4m-1} \cdot b_{4m-1}). \tag{5}$$

Uśredniając równość (4) oraz korzystając z faktu, że jedynymi zmiennymi losowymi parametrami są odchyłki $\delta_{m/1"}$ otrzymujemy:

$$m_{xj} = E(x_j) = x_{jo} + \sum_{m=1}^{n} o_{j,4m} \cdot m_{b_{4m}} + o_{j,4n-2} \cdot m_{b_{4n-2}}, \tag{6}$$

gdzie:

m_b są średnimi wartościami odchyłek

$$m_{b_{4m}} = E(\delta'_{m/1"} + \delta'''_{m/1"}) \qquad m = 1, \ldots, n \tag{7}$$

$$m_{b_{4n-2}} = \sum_{m=1}^{n} E(\delta'''_{m/1"} - \delta'_{m/1"})$$

Odejmując stronami równanie (6) od (4) mamy

$$x_j - m_{xj} = \sum_{m=1}^{n} c_{j,4m} (b_{4m} - m_{b_{4m}}) + c_{j,4n-2} (b_{4n-2} - m_{b_{4n-2}}) \tag{8}$$

Przemnażając j-te równanie przez l-te oraz uśredniając otrzymujemy:

$$\varrho_{l,j} \sigma x_l \sigma x_j = E\left[(x_j - m_{x_j})(x_l - m_{x_l})\right] = \sum_{m=1}^{n} \sum_{t=1}^{n} c_{j,4m} \cdot$$

$$\cdot c_{l,4t} \cdot R_{4m,4t} \cdot \sigma_{4m} \cdot \sigma_{4t} + \sum_{m=1}^{n} (c_{j,4m} \cdot c_{l,4n-2} +$$

$$+ c_{l,4m} c_{j,4n-2}) R_{4m,4n-2} \sigma_{4m} \cdot \sigma_{4n-2} + c_{j,4n-2} \cdot c_{l,4n-2} \cdot \sigma_{4n-2} \tag{9}$$

gdzie:

σ_j^2 - wariancja zmiennej losowej b_j określona wzorem

$$\sigma_j^2 = E(b_j - m_{b_j})^2 \tag{10}$$

$R_{j,k}$ - współczynnik korelacji między zmiennymi losowymi b_j oraz b_k równy

$$R_{j,k} = \frac{E\left[(b_j - m_{b_j})(b_k - m_{b_k})\right]}{\sigma_j \sigma_k} \tag{11}$$

W szczególności kładąc k=j otrzymujemy na podstawie równości (9) wariancję zmiennej losowej x_j (sił w cięgnach lub strzałki ugięcia zgrzebeł). Założenie o normalności zmiennych losowych b_j, ze względu na liniowość przekształcenia (4) upoważnia nas do stwierdzenia, że x_j również będą miały charakter normalny [2], wobec czego znajomość średnich określonych wzorem (6) oraz współczynników korelacji określonych wzorem (9) pozwala wyznaczyć jedno- i wielowymiarowe gęstości rozkładu prawdopodobieństwa zmiennych losowych x_j.

I tak jednowymiarowy rozkład prawdopodobieństwa zmiennej losowej x_j określony jest, jak następuje

$$g_1(x_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\,\sigma x_j}} \exp\left[-\frac{(x_j - m_{x_1})}{2\,\overset{2}{x_j}}\right] \tag{12}$$

Wielowymiarowy rozkład gęstości określony jest wzorem

$$g_{4n}(x_1, \ldots, x_{4n}) = \frac{}{(2\pi)^{2n} \sum\limits_{j=1}^{4n} \sigma x_j \frac{1}{D^2}} \exp\left[-\frac{1}{2D} \sum_{j=1}^{4n} \sum_{k=1}^{4n} \cdot\right.$$

$$\left. \cdot\, D_{jk} \frac{(x_j - m_{x_1})(x_k - m_{x_k})}{\sigma_j\,\sigma_k}\right] \tag{13}$$

$$D = \begin{vmatrix} 1, & \varrho_{11} & \cdots & \varrho_{1,4n} \\ \varrho_{21} & 1 & \cdots & \varrho_{2,4n} \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ \varrho_{4n,1} & \varrho_{4n,2} & \cdots & 1 \end{vmatrix} \tag{14}$$

D_{jk} jest dopełnieniem algebraicznym elementu ϱ_{jk} wyznacznika D.

Relacje (6) oraz (9) można uprościć uwzględniając fakt, że zmienne losowe $\delta_{j/1}$" posiadają jednakowe średnie m_δ, wariancję σ_δ oraz że są niezależne. Można tak założyć, o ile wszystkie łańcuchy pochodzą od jednego wykonawcy i są wykonane w tej samej klasie dokładności.
Wówczas

$$m_{b_4} = m_{b_8} = \ldots = m_{b_{4n}} = 0$$

$$m_{b_{4n-1}} = 0$$

$$\sigma_4^2 = \sigma_8^2 = \ldots = \sigma_{4n}^2 = 2\sigma_\delta^2 \tag{15}$$

$$b_{4n-2} = 2n\sigma_\delta^2$$

$$R_{4m,4t} = 0 \qquad \text{dla } m \neq t$$

$$R_{4m,4n-2} = 0$$

a zależność (6) oraz (9) przyjmą postać

$$m_{x_j} = x_{j_o} \tag{16}$$

$$E\left[(x_j - m_{x_j})(x_l - m_{x_l})\right] =$$

$$= 2\sigma_\delta^2 \sum_{m=1}^{4n} c_{j,4m} \cdot c_{l,4m} + c_{j,4n-2} \cdot c_{l,4n-2} \cdot 2n\ \sigma_\delta^2 \tag{17}$$

Wariancja zmiennej losowej x_j (sił w cięgnach lub strzałek ugięcia zgrzebeł) ma budowę

$$E(x_j - m_{x_j})^2 = 2\sigma_\delta^2 \sum_{m=1}^{4n} c_{j,4m}^2 + c_{j,4n-2}^2 \cdot 2n\sigma_\delta \tag{18}$$

Od założenia o normalności zmiennych δ można się uwolnić, przy czym x_j będą miały nadal rozkład normalnych.
Wnika to z faktu, że x_j jest skutkiem dużej liczby niezależnych zmiennych losowych, a w takich przypadkach obowiązują centralne twierdzenia graniczne [2].

Na podstawie wzorów (16), (17) i (18) wykonano obliczenia numeryczne trójpasmowego cięgna przenośnika zgrzebłowego Śląsk-67 dla następujących danych wyjściowych

$$Q_o = 280\ N,\ Q_l = 62\ N,\ l_o = 102{,}4\ cm,\ l_z = 50\ cm,\ J_z = 10\ cm^4$$

$$E = 2.10^7\ \frac{N}{cm^2},\ E_o = 2{,}26 \cdot 10^7\ N,\ n = 4,\ i = 2$$

$$A_z = A_g = A_d = 1,\ C_z = 0{,}45,\ C_n = 03,\ P_z = 20000\ N,$$

$$Q_u = 1000\ n \quad i \quad \sigma_\delta = 1{,}24\ mm\ (\sigma_\delta^2 = 1{,}5\ mm^2),$$

przy czym odchylenie standardowe odchyłek długości łańcuchów σ_δ określono na podstawie pomiarów 15 odcinków (45 łańcuchów) cięgna. Wyniki obliczeń przedstawione są w tablicy 1.

Tablica 1

Lp.	Wielkość	Jednostka	Wartość średnia "m"	Wariancja	Odchylenie standardowe
1	S'_1	N	6983	$1,021.10^8$	10100
2	S''_1	N	6779	$4,446.10^7$	6650
3	S'''_1	N	6983	$1,021.10^8$	10100
4	f_1	mm	0,0396	0,1544	0,393
5	S'_2	N	6709	$1,021.10^8$	10100
6	S''_2	N	6749	$4,446.10^7$	6650
7	S'''_2	N	6709	$1,021.10^8$	10100
8	f_2	mm	0,0414	0,1544	0,393
9	S'_3	N	6675	$1,021.10^8$	10100
10	S''_3	N	6733	$4,446.10^7$	6650
11	S'''_3	N	6675	$1,021.10^8$	10100
12	f_3	mm	0,0441	0,1544	0,393
13	S'_4	N	6631	$1,021.10^8$	10100
14	S''_4	N	6737	$4,446.10^7$	6650
15	S'''_4	N	6631	$1,021.10^8$	10100
16	f_4	mm	0,0489	0,1544	0,393

Z przedstawionego powyżej rozumowania wynika, że znając parametry rozkładu odchyłek długości łańcuchów można określić parametry rozkładu obciążenia na poszczególnych łańcuchach oraz parametry rozkładu strzałek ugięcia, na podstawie których nietrudno jest już określić prawdopodobieństwo przekroczenia przez te wielkości pewnych dopuszczalnych wartości. Prawdopodobieństwo to określa zależność

$$P(x<x_0) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x} \exp\left[\frac{-(x-m)^2}{2\sigma^2}\right] dx$$

gdzie:

x_0 jest dopuszczalną wartością rozpatrywanej wielkości x.

3. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych rozważań i obliczeń można napisać następujące wnioski:

1. Parametry rozkładu obciążenia łańcuchów i strzałek ugięcia mają rozkład normalny i zależą od parametrów rozkładu odchyłek długości łańcuchów.
2. Dla produkowanych obecnie łańcuchów (σ = 1,24 mm) odchylenie standardowe sił w łańcuchach należy uznać jako wysokie.
3. Odchylenia standardowe sił w cięgnach nie zależą od napięcia wstępnego P_z.
4. Ze względu na duże wartości odchyleń standardowych sił w cięgnie producenci trójpasmowych cięgien łańcuchowych powinni rygorystycznie przestrzegać zasady, aby łańcuchy należące do jednego odcinka różniły się między sobą nie więcej niż o 1 mm.

LITERATURA

[1] Suchoń J.: Rozkład sił w cięgnach trójpasmowych łączonych z wielu odcinków. Przegląd Mechaniczny Nr 23/1972, str. 723-725.

[2] Fisz M.: Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna, PWN Warszawa 1958, wyd. II § 5.7 i § 5.11.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НАГРУЗОК И ДЕФОРМАЦИЙ В ТРЕХЦЕПНЫХ ПОВОДКАХ СКРЕБКОВЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Р е з ю м е

В статье представлены статистический анализ нагрузок цепей и деформаций скребков в трехцепных поводках и результаты численных расчетов, выполненных для трехцепного поводка конвейера "Сленск-67".

A STATISTIC ANALYSIS OF THE LOADING AND DEFORMATION OF THREEFOLD CHAINS IN PUSH-PLATE CONVEYORS

S u m m a r y

The paper contains the statistical analysis of the loading of chains and the deformation of scrapers in threefold chain conveyors. It also provides results of numerical computations carried out for a three-chain belt of a conveyor of the type "Śląsk-67".