

Zmiany obciążeń łańcucha w przenośniku zgrzeblowym z rynną teleskopową

Changes of chain load in telescopic conveyor



Prof. dr hab. inż. Marian Dolipski^{)}*



Dr hab. inż. Piotr Cheluszka^{)}*



Dr inż. Eryk Remiorz^{)}*



Dr inż. Piotr Sobota^{)}*

Treść: Napinanie wstępne łańcucha zgrzeblowego w przenośnikach ścianowych realizowane jest najczęściej przez okresowe skracanie lub wydłużanie łańcucha o kilka ogni. Producenci przenośników ścianowych oferują obecnie możliwość wyposażenia przenośnika w napęd z rynną teleskopową, dający możliwość bezstopniowej zmiany długości konturu łańcuchowego przez przesuwanie kadłuba napędu. Dla wyznaczenia przyrostu wartości siły w łańcuchu, dla danej wartości wydłużeń sprężystych łańcucha, niezbędna jest znajomość długości przenośnika zgrzeblowego i sztywności łańcuchów ogniowych. Ze względu na zależność sztywności łańcucha od wartości obciążenia próbnego łańcucha i jego wydłużenia przy tym obciążeniu, można dla każdego przenośnika przyjąć bazową wartość wysunięcia tłoczyska siłownika rynny teleskopowej odpowiadającą przyrostowi części obciążenia próbnego łańcucha.

Abstract: Initial stretching of the scraper chain in armoured face conveyors (AFC) is implemented by periodical shortening or lengthening of the chain by a few links. The Currently, manufacturers of face conveyors offer a solution to equip the conveyor with drive with telescopic gutter, giving the opportunity to continuously change the chain contour length by moving the block of the drive. Indicating the increase of force value in the chain for a given value of elastic elongations of the chain, it is necessary to know the lengths of the scraper conveyor and the stiffness of coil chain. Due to the relation between chain stiffness and the testing load value of the chain plus its elongation, it is reasonable to assume a base value for the extended piston rod of the telescopic gutter cylinder, which may correspond to the increase of the part of the chain testing load.

Słowa kluczowe:

przenośnik zgrzeblowy, rynna teleskopowa, napięcie wstępne łańcucha

Key words:

scraper conveyor, telescopic gutter, initial stretching of the chain

^{*)} Instytut Mechanizacji Górnictwa, Wydział Górnictwa i Geologii, Politechnika Śląska

1. Wprowadzenie

Stosowane w górnictwie węgla kamiennego ścianowe przenośniki zgrzeblowe wyposażone są w dwa napędy: wysypowy i zwrotny, co w przenośnikach ścianowych o znacznej długości pozwala na zmniejszenie wartości maksymalnych obciążeń statycznych w łańcuchu zgrzeblowym. Konfiguracja napędu zwrotnego uwzględnia przy tym możliwość dojazdu kombajnu ścianowego do końca ściany. Z tego względu w napędach zwrotnych przenośników ścianowych stosuje się wyłącznie pojedyncze zespoły napędowe.

Rozkład obciążeń statycznych wzdłuż konturu łańcucha zgrzeblowego określa wartości sił w łańcuchach nabiegających na bęben łańcuchowy i zbiegających z bębna łańcuchowego zarówno w napędzie wysypowym, jak i zwrotnym przenośnika ścianowego. Liczba czynników wpływających na wartość obciążeń statycznych wzdłuż konturu łańcuchowego jest znaczna, a do najistotniejszych zaliczyć można:

- wartość napięcia wstępnego łańcucha zgrzeblowego;
- wystąpienie stanu bądź luzowania bądź nieluzowania łańcucha zgrzeblowego i miejsce luzowania łańcucha;
- opory ruchu gałęzi górnej, będące sumą oporów ruchu urobku i oporów ruchu łańcucha zgrzeblowego oraz zróżnicowanie tych oporów wzdłuż łańcucha zgrzeblowego zależne od masy urobku na przenośniku i jej rozłożenia na długości przenośnika, współczynnika tarcia urobku o rynny przenośnika, masy łańcucha zgrzeblowego, współczynnika tarcia zgrzebeł o rynny, kąta nachylenia podłużnego przenośnika w wyrobisku i zmienności tego kąta wzdłuż długości przenośnika;
- opory ruchu w gałęzi dolnej przenośnika zależne od masy łańcucha zgrzeblowego, współczynnika tarcia łańcucha zgrzeblowego o rynny lub o spąg, kąta nachylenia podłużnego przenośnika i jego zmienności, ewentualnych oporów przemieszczania resztek urobku w gałęzi dolnej;
- rozdział sił obwodowych na bębny napędu wysypowego i zwrotnego zależny od konfiguracji napędów przenośnika, zróżnicowania rzeczywistych podziałek ogniw wzdłuż konturu łańcuchowego, zróżnicowania rzeczywistych charakterystyk mechanicznych zespołów napędowych, zróżnicowania sprawności poszczególnych zespołów napędowych.

Rozkład obciążeń statycznych wzdłuż konturu łańcuchowego decyduje o możliwości luzowania łańcucha.

2. Napięcie wstępne łańcucha zgrzeblowego

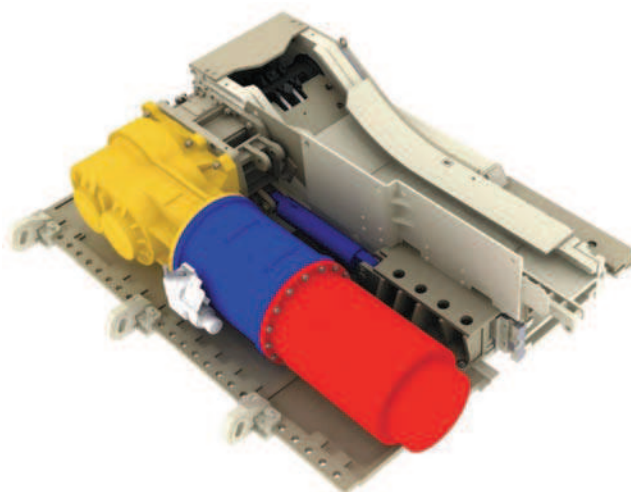
Napięcie wstępne łańcucha jest to statyczne obciążenie konturu łańcuchowego w czasie postoju przenośnika, które ma na celu kompensację wydłużeń sprężystych pojawiających się w ruchu. Podczas ruchu przenośnika zgrzeblowego występują wydłużenia sprężyste łańcucha o charakterze statycznym i dynamicznym. Te pierwsze są wywołane oporami ruchu, a te drugie są wynikiem występujących drgań. W zależności od relacji występujących pomiędzy oporami ruchu i intensywnością drgań a wartością napięcia wstępnego, łańcuch może się znajdować w stanie nieluzowania, w stanie stałego luzowania lub w stanie okresowego luzowania [1]. Stanem nieluzowania łańcucha nazywamy taki stan dynamiczny przenośnika zgrzeblowego, w którym nie występują luzy międzyogniowe w łańcuchu, co oznacza, że napięcie wstępne skompensowało całkowicie statyczne i dynamiczne wydłużenie sprężyste. W stanie stałego luzowania luzy międzyogniowe w łańcuchu występują stale w miejscu jego zbiegania z napędowego bębna łańcuchowego, natomiast w stanie okresowego luzowania występują one okresowo. Ta część napięcia wstępnego łańcucha,

która pozostaje po skompensowaniu wydłużeń sprężystych nazywa się resztowym napięciem wstępnym. Stany napięcia łańcucha można również zdefiniować za pomocą resztowego napięcia wstępnego. Dodatniej wartości resztowego napięcia wstępnego odpowiada stan nieluzowania, natomiast wartości ujemnej i zerowej stan stałego luzowania. W stanie okresowego luzowania łańcucha resztowe napięcie wstępne przyjmuje na przemian wartości dodatnie i ujemne. Fizycznie ujemnej wartości resztowego napięcia wstępnego odpowiada związanie łańcucha w miejscu jego zbiegania z napędowego bębna łańcuchowego.

W ścianowym przenośniku zgrzeblowym przesuwającym urobek miejscami wystąpienia luzowania łańcucha dla danej wartości napięcia wstępnego, bądź miejscami wystąpienia minimalnej wartości siły w konturze łańcuchowym w stanie nieluzowania łańcucha, czyli miejsca wystąpienia dodatniej wartości resztowego napięcia wstępnego mogą być miejsca zbiegania łańcucha zgrzeblowego z napędowego bębna łańcuchowego napędu wysypowego lub napędu zwrotnego.

Zbyt duża wartość napięcia wstępnego wywołuje stan nieluzowania łańcucha i zwiększa o dodatnią wartość resztowego napięcia wstępnego wartości sił w łańcuchu na całej długości jego konturu. Napięcie wstępne o zbyt małej wartości powoduje powstanie zwisu łańcucha przy zbieganiu z jednego z bębnow łańcuchowych, co może zakłócać współdziałanie bębna łańcuchowego z łańcuchem zgrzeblowym. Z tych względów niezwykle istotna dla prawidłowego działania ścianowego przenośnika zgrzeblowego jest właściwa wartość napięcia wstępnego łańcucha.

Napinanie wstępne łańcucha zgrzeblowego w przenośnikach ścianowych realizowane jest najczęściej przez okresowe bądź skracanie bądź wydłużanie łańcucha o kilka ogniw. W praktyce wymaga to rozpięcia łańcuchów ogniowych, a po wycięciu lub dołożeniu kilku ogniw za pośrednictwem ogniw złącznych, ponownego napinania wstępnego za pomocą specjalnych urządzeń. Producenci przenośników ścianowych oferują obecnie możliwość wyposażenia przenośnika w napęd z rynną teleskopową, dający możliwość bezstopniowej zmiany długości konturu łańcuchowego przez przesuwanie kadłuba napędu. Ze względu na stosowanie w napędach zwrotnych wyłącznie pojedynczych zespołów napędowych, rynny teleskopowe za pomocą siłownika hydraulicznego przesuwają najczęściej kadłub tego napędu (rys. 1).



Rys. 1. Napęd zwrotny przenośnika z rynną teleskopową produkcji Kopex Machinery [2]

Fig. 1. Reversible driver of the telescopic conveyor manufactured by Kopex Machinery [2]

3. Wpływ wartości przesunięcia kadłuba na siły w łańcuchu zgrzeblowym

Przesunięcie kadłuba napędu zwrotnego przy wysuwaniu tłoczyska siłownika rynny teleskopowej o odległość ΔL powoduje wydłużenie konturu łańcucha zgrzeblowego o $2 \times \Delta L$. Jeżeli łańcuch zgrzeblowy luzuje się przy zbieganiu z bębna łańcuchowego to w zależności od wartości przesunięcia kadłuba napędu zwrotnego ΔL dojść może do częściowego wykasowania luzu (resztowe napięcie wstępne łańcucha o wartości ujemnej), całkowitego wykasowania luzu (resztowe napięcie wstępne łańcucha o wartości zerowej) lub całkowitego zluźnienia luzu wraz z wprowadzeniem stanu nieluzowania (resztowe napięcie wstępne łańcucha o wartości dodatniej). Jeżeli natomiast łańcuch zgrzeblowy nie luzuje się przy zbieganiu z żadnego bębna napędowego to przesunięcie kadłuba napędu zwrotnego o wartość dodatnią ΔL spowoduje wzrost napięcia w całym konturze łańcucha (wzrośnie dodatnia wartość resztowego napięcia wstępnego łańcucha).

Przy wsuwaniu tłoczyska siłownika o odległość ΔL następuje skrócenie konturu łańcucha zgrzeblowego o $2 \times \Delta L$. Jeżeli łańcuch zgrzeblowy nie luzuje się przy zbieganiu z żadnego bębna napędowego to w zależności od wartości wsunięcia kadłuba napędu zwrotnego ΔL dojść może do częściowego zmniejszenia wartości sił w łańcuchu (resztowe napięcie wstępne łańcucha o wartości dodatniej), do zluźnienia łańcucha bez zwisu (resztowe napięcie wstępne łańcucha o wartości zerowej) lub całkowitego zluźnienia łańcucha ze zwisem (resztowe napięcie wstępne łańcucha o wartości ujemnej). Jeżeli natomiast łańcuch zgrzeblowy luzuje się przy zbieganiu z któregoś bębna napędowego, to przesunięcie kadłuba napędu zwrotnego o wartość ujemną ΔL spowoduje wzrost luzu w łańcuchu (wzrośnie wartość bezwzględna ujemnego resztowego napięcia wstępnego łańcucha).

Wzrost lub spadek wartości siły w łańcuchu będącym w stanie nieluzowania spowodowany przesunięciem kadłuba napędu o odległość ΔL wynosi

$$\Delta S = \frac{\Delta L \cdot E_0}{L} \quad (1)$$

gdzie:

- ΔS – przyrost siły w łańcuchu,
- ΔL – przesunięcie kadłuba napędu zwrotnego,
- L – długość ścianowego przenośnika zgrzeblowego,
- E_0 – sztywność łańcucha ogniowego.

Przyrost wartości siły w łańcuchu dla określonej wartości przesunięcia kadłuba napędu zależy od długości przenośnika ścianowego oraz sztywności łańcucha ogniowego. Sztywność łańcucha zależy przy tym nie tylko od jego rozmiaru, ale również od typu. Sztywności łańcuchów, wyznaczone jako stosunek obciążenia próbnego i maksymalnego względnego wydłużenia całkowitego przy tym obciążeniu, dla łańcuchów różnych wielkości i typów produkowanych przez firmę FASING zestawiono w tabeli 1.

Przy wyznaczeniu przyrostu wartości siły w łańcuchu dla danej wartości przesunięcia kadłuba napędu niezbędna jest znajomość długości przenośnika zgrzeblowego i sztywności łańcuchów ogniowych, co umożliwia określenie wymaganej wartości przesunięcia kadłuba napędu zwrotnego. Przyrost wartości siły w łańcuchu ΔS jest tym większy im krótszy jest przenośnik zgrzeblowy i im większa jest sztywność łańcucha. Na rysunku 2 przedstawiono wartości przyrostu siły w łańcuchu ΔS przy przesunięciu kadłuba napędu zwrotnego o wartość $\Delta L = 10$ mm, w zależności od długości przenośnika dla różnych wielkości łańcuchów okrągłych klasy 2,C (tab.1).

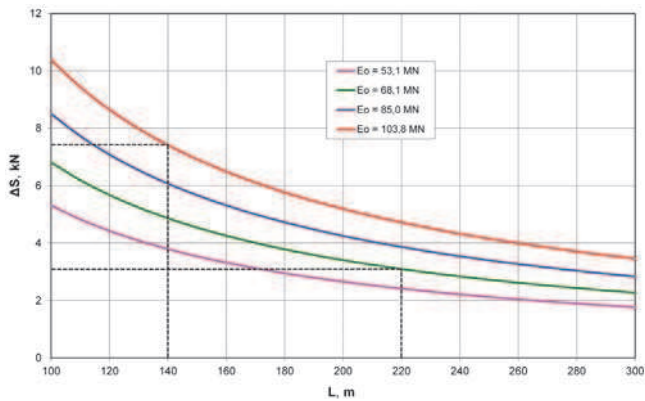
Tabela 1. Sztywności łańcuchów ogniowych górniczych firmy FASING stosowanych w przenośnikach ścianowych
Table 1. Stiffness of mining coil chains manufactured by FASING applied in face conveyors

L.p.	Rozmiar	Klasa	Sztywność E_0 , MN	Obciążenie próbne, kN
1.	30x108	2,C	53,1	850
2.		PW-9	60,7	850
3.		C-super	59,4	950
4.		D-3	55,3	1050
5.	34x126	2,C	68,1	1090
6.		PW-9	77,1	1080
7.		C-super	75,0	1200
8.		D-3	71,1	1350
9.	38x137	2,C	85,0	1360
10.		PW-9	97,1	1360
11.		C-super	93,8	1500
12.		D-3	89,5	1700
13.	42x146	2,C	103,8	1660
14.		PW-9	125,0	1750
15.		C-super	112,5	1800
16.		D-3	108,9	2070

Przykładowo przesunięcie kadłuba napędu zwrotnego przy wysuwaniu tłoczyska siłownika o $\Delta L = 10$ mm w przenośniku o długości 220 m z łańcuchami wielkości 34 x126 mm (o sztywności 68,1 MN) spowoduje wykasowanie luzu łańcucha o 20 mm w przypadku stanu luzowania łańcucha lub przyrost wartości siły w każdym z łańcuchów o $\Delta S = 3,10$ kN w przypadku stanu nieluzowania łańcucha (krzywa w kolorze zielonym na rysunku 2). Natomiast wysunięcie tłoczyska siłownika o tę samą wartość $\Delta L = 10$ mm w przenośniku o długości 140 m z łańcuchami wielkości 42 x146 mm (o sztywności 103,8 MN) spowoduje wykasowanie luzu łańcucha o 20 mm w przypadku stanu luzowania łańcucha lub przyrost wartości siły w każdym z łańcuchów aż o $\Delta S = 7,41$ kN w przypadku stanu nieluzowania łańcucha (krzywa w kolorze czerwonym na rysunku 2). W tych dwóch przypadkach wartości przesunięcia kadłuba napędu zwrotnego powinny być różne, gdyż wartość wykasowanego luzu łańcucha w przypadku stanu luzowania oraz wartość przyrostu siły w łańcuchu w stanie nieluzowania zależne są zarówno od długości przenośnika, jak i od sztywności łańcucha ogniowego.

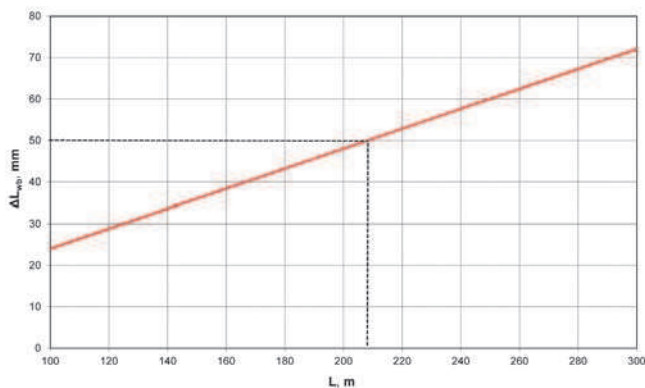
Ze względu na zależność sztywności łańcucha od wartości obciążenia próbnego można dla każdego przenośnika, jako bazową wartość wysunięcia tłoczyska siłownika rynny teleskopowej ΔL_{wb} przyjąć wartość ΔS_{wb}^z odpowiadającą przyrostowi części obciążenia próbnego łańcucha. Pozwoli to, dla danej klasy łańcuchów, na uniezależnienie wartości bazowej wysunięcia tłoczyska ΔL_{wb} od sztywności łańcucha. Przy założeniu, że $\Delta S_{wb}^z = 1,5\%$ obciążenia próbnego łańcucha, wartość bazowa wysunięcia tłoczyska siłownika rynny teleskopowej zależna jest wyłącznie od długości przenośnika, co dla łańcuchów okrągłych klasy 2,C o sztywnościach podanych w tabeli 1 zaprezentowano na rysunku 3.

W przenośniku o długości w zakresie 200÷220 m wartość bazowa wysunięcia tłoczyska siłownika rynny teleskopowej wynosi $\Delta L_{wb} = 50$ mm (rys. 3). Dla łańcuchów 34 x126 mm wysunięcie tłoczyska siłownika rynny teleskopowej o tę wartość spowoduje wykasowanie luzu o wartości 100 mm lub wzrost siły w łańcuchu ogniowym o $\Delta S = 15,50$ kN. Odpowiednio wsuwanie tłoczyska siłownika rynny teleskopowej o $\Delta L_{wb} = 50$ mm spowoduje zwiększenie luzu o 100 mm lub spadek wartości siły w łańcuchu ogniowym o $\Delta S = 15,50$ kN.



Rys. 2. Zależność przyrostu siły w łańcuchu od długości przenośnika przy przesunięciu kadłuba napędu zwrotnego o wartość $\Delta L = 10$ mm

Fig. 2. Relation between the increase of force in chain and the length of conveyor by moving the block of the reversible drive by $\Delta L = 10$ mm



Rys. 3. Bazowa wartość wysunięcia tłoczyska siłownika rynny teleskopowej odpowiadająca przyrostowi wartości siły w łańcuchu klasy 2,C przy 1,5% obciążeniu próbnego łańcucha

Fig. 3. Base value of the extended piston rod of the telescopic gutter cylinder which may correspond to the increase of the force value in chain 2,C by 1,5% of the chain testing loa

4. Podsumowanie

Rozkład obciążeń statycznych wzdłuż konturu łańcuchowego określa wartość sił w łańcuchach nabiegających na

bęben łańcuchowy i zbiegających z bębna łańcuchowego, zarówno w napędzie wysypowym, jak i zwrotnym przenośnika ścianowego oraz decyduje o możliwości luzowania łańcucha.

Zbyt duża wartość napięcia wstępnego wywołuje stan nieluzowania łańcucha i zwiększa o dodatnią wartość resztowego napięcia wstępnego wartości sił w łańcuchu na całej długości jego konturu. Napięcie wstępne o zbyt małej wartości powoduje powstanie zwisu łańcucha przy zbieganiu z jednego z bębnow łańcuchowych, co może zakłócać współdziałanie bębna łańcuchowego z łańcuchem zgrzeblowym. Napinanie wstępne łańcucha zgrzeblowego w przenośnikach ścianowych realizowane jest przy tym najczęściej przez okresowe skracanie lub wydłużanie łańcucha o kilka ogniów. Producenci przenośników ścianowych oferują obecnie możliwość wyposażenia przenośnika w napęd z rynną teleskopową, dającą możliwość bezstopniowej zmiany długości konturu łańcuchowego przez przesuwanie kadłuba napędu.

Dla wyznaczenia przyrostu siły w łańcuchu dla danej wartości przesunięcia kadłuba napędu, niezbędna jest znajomość długości przenośnika zgrzeblowego i sztywności łańcuchów ogniowych, co umożliwi określenie wymaganej wartości przesunięcia kadłuba napędu zwrotnego. Przyrost wartości siły w łańcuchu jest tym większy im krótszy jest przenośnik zgrzeblowy i im większa jest sztywność łańcucha. Ze względu na zależność sztywności łańcucha od wartości obciążenia próbnego łańcucha i jego wydłużenia przy tym obciążeniu, można dla każdego przenośnika przyjąć bazową wartość wysunięcia tłoczyska siłownika rynny teleskopowej odpowiadającą przyrostowi części obciążenia próbnego łańcucha. Pozwala to, dla danej klasy łańcuchów, na wyznaczenie wartości bazowej wysunięcia tłoczyska siłownika rynny teleskopowej zależnej wyłącznie od długości przenośnika.

Praca zrealizowana w ramach Programu „INNOTECH” w ścieżce programowej IN-TECH pt. „Ścianowy przenośnik zgrzeblowy z innowacyjnym systemem regulacji parametrów pracy napędów” dofinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach umowy nr INNOTECH-K1/IN1/10/155668/NCBR/12

Literatura

1. Dolipski M.: Dynamika przenośników łańcuchowych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1997.
2. Materiały promocyjne firmy Kopex Machinery S.A.