

Mariusz Szot

WPLYW NIERÓWNOŚCI PROWADNIKÓW SZYBOWYCH NA ZMIANĘ OBCIĄŻEŃ LIN WYCIĄGOWYCH – BADANIA PRZEMYSŁOWE

Streszczenie

Dotychczas nie wykonywano badań pozwalających na określenie wpływu stanu prowadzenia naczyń na zmianę obciążenia lin wyciągowych. Badania takie rozpoczęto w 2000 roku w Laboratorium Lin i Urządzeń Szybowych GIG.

W artykule przedstawiono uzyskane wyniki badań w szybach górniczych. Jednak z uwagi na ich obszerność omówiono jedynie wybrane, opracowane wyniki badań obiektów. Obrazują one jak rodzaj prowadzenia naczyń i jego podstawowe parametry geometryczne wpływa na zmianę obciążenia lin wyciągowych nośnych. Szczegółowo omówiono wyniki badań prostoliniowości torów prowadzenia naczyń. Wyniki badań prostoliniowości torów prowadzenia naczyń i zmiany obciążeń w linach przedstawiono na wspólnych wykresach.

Przeprowadzone badania wykazały, jak istotne jest zapewnienie właściwej geometrii toru prowadzenia naczyń, a także właściwa ich kontrola.

Influence of shaft lines inequality on change of rope load – industrial research

Abstract

So far it do not execute the research allowing on influence determination of state of utensil conduct on change of rope load lines. It start such research in 2000 year in laboratory of rope and shaft lines fix-ups.

In article it presented received results of research in mining shafts. However, due to its size, it discussed only chosen, processed results of objects research. They show as kind of utensil conduct and its basic geometric parameters effects change of load of carrying rope. It discuss detailed results of research in rectilinear gauge of utensil conduct. Results of research rectilinear gauge of utensil conduct and changes of loads in ropes it presented on common diagrams. Carried research have exerted as important be affirmation of proper geometry of gauge of utensil conduct, as well as its proper control.

WSTĘP

Z analizy literatury wynika, że wpływem nierówności torów prowadzenia naczyń na zmienność obciążenia sił w linach zajmowano się głównie teoretycznie i problem ten nie został w pełni rozwiązany. Rozważania teoretyczne i badania modelowe wykazały, że wpływ taki istnieje. Nie zostały określone jednak zależności matematyczne do opisu zmienności obciążeń, jak również ich wartości. Nie były również prowadzone badania ruchowe. W związku z tym, w celu potwierdzenia wpływu nierówności torów prowadzenia naczyń na zmianę obciążeń lin wyciągowych nośnych wykonano badania przemysłowe w wybranych wyciągach szybowych.

1. WYBÓR OBIEKTÓW DO BADAŃ

Obiekty do badań zostały wytypowane na podstawie analizy danych uzyskanych z pomiarów prostoliniowości torów prowadzenia naczyń, które wykonano w latach 1995–2001 (Kawulok S., Hankus J., Szot M. 1998) i wyników wstępnych pomiarów przeprowadzonych w innych urządzeniach szybowych. Do badań wytypowano dwa szyby:

- Szyb „Kolejowy” wyposażony w prowadniki drewniane, z pionowym odstępem między punktami podparcia 2,2 m.
- Szyb „Aleksander III” wyposażony w prowadniki stalowe, z pionowym odstępem między punktami podparcia 3,0 m.

Wyboru takiego dokonano, ponieważ stan prowadzenia naczyń w szybach z drewnianymi prowadnikami jest gorszy niż wyposażonych w prowadniki stalowe. Im większy pionowy odstęp między dźwigarami, tym na ogół lepszy jest stan prowadzenia naczyń. Potwierdza to podkreślany wielokrotnie korzystny wpływ zwiększenia pionowych odstępów (Kawulok S. 1969, 1972) między dźwigarami na spokój jazdy naczyń.

1.1. Podstawowe parametry wybranych wyciągów szybowych

Szyb „Kolejowy”:

głębokość szybu	– $H = 340$ m,
droga przejazdu pomiędzy zrębem a ostatnim poziomem	– 318 m
szyb jednoprzędziałowy	
udźwig użyteczny dla jazdy ludzi	– $Q_1 = 2250$ kg,
udźwig użyteczny dla ciągnięcia urobku	– $Q_u = 2700$ kg,
prędkość jazdy ludzi	– $V_1 = 4$ m/s,
prędkość ciągnięcia urobku	– $V_u = 4$ m/s,
pionowy odstęp pomiędzy dźwigarami	– $h = 2,2$ m,
ciężar 1 metra liny wyrównawczej	– $q_w = 0,067$ kn,
ciężar klatki	– $Q_u = 64,471$ kN.

Szyb „Aleksander III”:

głębokość szybu	– $H = 420$ m,
droga przejazdu pomiędzy zrębem a ostatnim poziomem	– 286 m,
szyb dwuprzędziałowy	
udźwig użyteczny dla jazdy ludzi	– $Q_1 = 6\ 600$ kg,
udźwig użyteczny dla ciągnięcia urobku	– $Q_u = 10\ 000$ kg,
prędkość jazdy ludzi	– $V_1 = 10$ m/s,
prędkość ciągnięcia urobku	– $V_u = 12$ m/s,
pionowy odstęp pomiędzy dźwigarami	– $h = 3$ m,
ciężar 1 metra liny wyrównawczej	– $q_w = 0,096$ kN.

1.2. Badania prostoliniowości torów prowadzenia naczyń

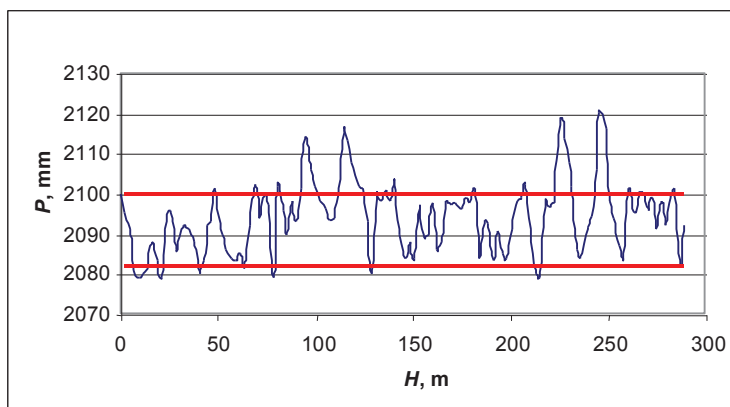
W wytypowanych szybach wykonano badania prostoliniowości torów prowadzenia naczyń i pomiary sił w linii wyciągowej nad zawiesiem naczynia wyciągowego. Wykorzystano w nich aparaturę i metody badawcze przedstawione w publikacjach (Szot H. 2003, 2004). Badania te zostały powtórzone po wykonaniu korekty ustawienia przewodników, jak również zamodelowaniu nierówności na torach prowadzenia naczyń, a następnie po usunięciu nierówności torów prowadzenia naczyń i zamodelowaniu pojedynczych dużych nierówności.

W celu zebrania odpowiedniej ilości danych pomiarowych wykonano pięć jazd pomiarowych z góry w dół, zgodnie z Instrukcją obsługi urządzenia TS-3, podczas których zarejestrowano dane pomiarowe, służące do obliczenia kątów załamania płaszczyzn przewodników i zmiany wartości prześwitów między czołowymi płaszczyznami przewodników.

Na podstawie przeliczeń (oprogramowanie TORTESTER) uzyskano wartości prześwitów i kątów załamania czołowych płaszczyzn przewodników w zależności od głębokości szybu. Algorytm i możliwości stosowania oprogramowania TORTESTER zostały opisane w opracowaniu (Kawulok S., Bura L. 1991).

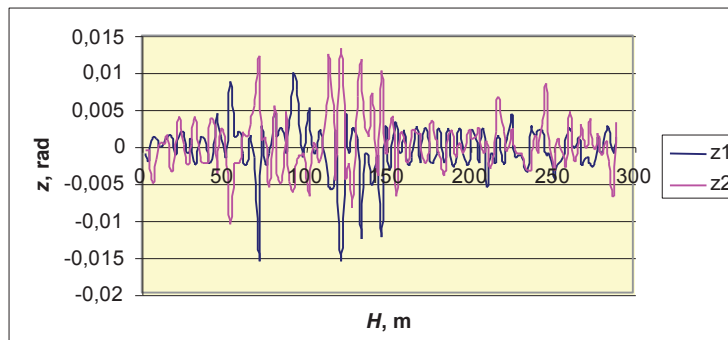
Zebrane i przeliczone dane posłużyły do wykonania wykresów zmian wartości prześwitów (rys. 1) i kątów załamania z1 z2 płaszczyzn ciągów przewodników (rys. 2) w zależności od głębokości szybu. Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono takie same zależności po wykonaniu korekcyi ustawienia ciągów przewodniczych na odcinku szybu między 150 a 300 m szybu.

Liniami zaznaczono na nich (rys. 1 i 3) dopuszczalne wartości zmiany prześwitu między czołowymi płaszczyznami ciągów przewodniczych. Wynoszą one odpowiednio $P_{\min} = 2082 \text{ mm}$, $P_{\max} = 2100 \text{ mm}$.



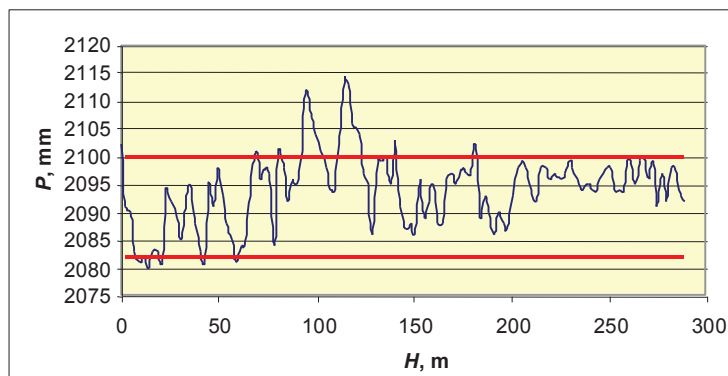
Rys. 1. Wykres zmiany wartości prześwitów szybu „Kolejowego”: H – głębokość szybu, P – prześwit

Fig. 1. Diagram of change bore value of shaft “Kolejowy”: H – shaft depth, P – bore



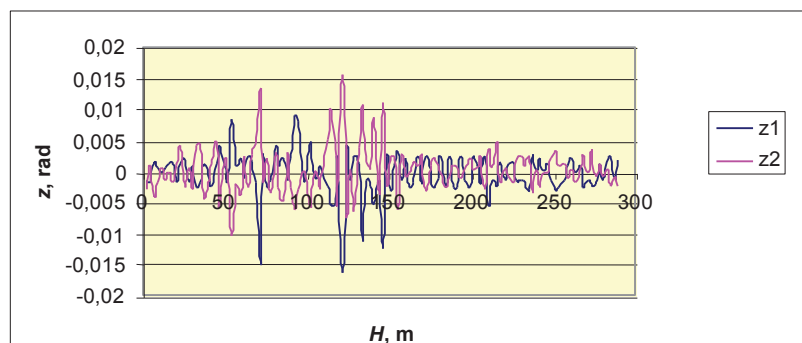
Rys. 2. Wykres zmiany kątów z_1 , z_2 załamania płaszczyzn czołowych ciągów przewodników szybu „Kolejowego”:
 H – głębokość szybu, z – kąt załamania

Fig. 2. Diagram of change of angles z_1 , z_2 surfaces breakdowns of foremost pulls load shaft „Kolejowy”:
 H – shaft depth, z – breakdown angle



Rys. 3. Wykres zmiany wartości prześwitów szybu „Kolejowego”: H – głębokość szybu, P – prześwit

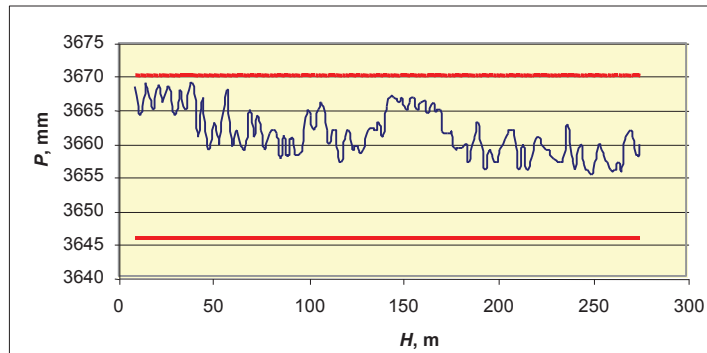
Fig. 3. Diagram of change bore value of shaft “Kolejowy”: H – shaft depth, P – bore



Rys. 4. Wykres zmiany kątów z_1 , z_2 załamania płaszczyzn czołowych ciągów przewodników szybu „Kolejowego”
 po wykonaniu korekcji: H – głębokość szybu, z – kąt załamania

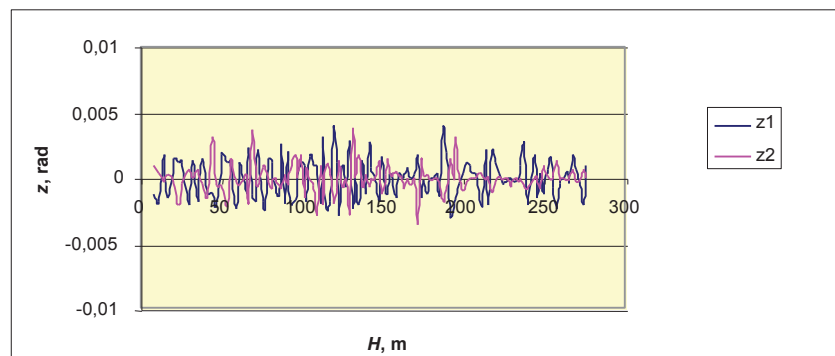
Fig. 4. Diagram of change of angles z_1 , z_2 surfaces breakdowns of foremost pulls load shaft „Kolejowy”
 after correction: H – shaft depth, z – breakdown angle

Analogiczne pomiary przeprowadzono w szybie „Aleksander III”. Na podstawie uzyskanych danych sporządzono wykresy zmiany wartości prześwitów (rys. 5) i kątów załamania płaszczyzn prowadników (rys. 6) w zależności od głębokości szybu. Liniami zaznaczono dopuszczalne wartości zmiany prześwitu między naprzeciwległymi ciągami prowadników. Wynoszą one odpowiednio $P_{\min} = 3646$ mm, $P_{\max} = 3670$ mm.



Rys. 5. Wykres zmiany wartości prześwitów szybu „Aleksander III”: H – głębokość szybu, P – prześwit

Fig. 5. Diagram of change bore value of shaft “Aleksander III”: H – shaft depth, P – bore



Rys. 6. Wykres zmiany kątów z_1 , z_2 załamania płaszczyzn czołowych ciągów prowadników szybu „Aleksander III”:
 H – głębokość szybu, z – kąt załamania

Fig. 6. Diagram of change of angles z_1 , z_2 surfaces breakdowns of foremost pulls load shaft “Aleksander III”:
 H – shaft depth, z – breakdown angle

1.3. Omówienie wyników badań prostoliniowości

Analizując wykresy zmian prześwitu między naprzeciwległymi ciągami prowadników i zmiany kątów załamania w szybie „Kolejowym” stwierdzono, że:

- występują przekroczenia dopuszczalnej wartości maksymalnego rozstawu,
- występują przekroczenia dopuszczalnej wartości minimalnego rozstawu,
- zmiany prześwitu mieszczą się w przedziale 2079–2121 mm,
- występują przekroczenia dopuszczalnego kąta załamania.

Miejsca przekroczenia dopuszczalnych wartości prześwitów zostały w tablicy 1 oddzielone falistą linią.

Zwiększały się również wartości kątów załamania czołowych płaszczyzn przewodników i przekraczały wartość dopuszczalną, która w tym przypadku wynosiła 0,0046 radiana. Dotyczyło to zarówno przekroczeń ponad rozstaw maksymalny, jak i minimalny. Wzrost wartości kątów załamania powodował zwiększenie rozstawu między czołowymi płaszczyznami ciągów przewodniczych.

Największe skupiska nierówności toru prowadzenia naczyń wystąpiły w miejscach zestawionych w tablicy 1 i na rysunku 1.

Tablica 1. Miejsca przekroczenia dopuszczalnych wartości prześwitów w szybie „Kolejowym”

Głębokość szybu <i>H</i> , m	Kąt załamania		Prześwit <i>P</i> , mm
	<i>z1</i> , rad	<i>z2</i> , rad	
92,73	0,00985	-0,00639	2101
94,86	0,00789	-0,00174	2114
97,68	-0,00154	-0,00133	2106
99,66	-0,001	-0,00102	2102
112,2	-0,0021	0,004373	2100
114,51	-0,00562	0,012546	2116
116,82	-0,00568	0,004381	2113
119,13	0,0021	-0,00426	2108
121,77	-0,0154	0,013127	2102
124,08	0,004	-0,00443	2101
225,4	0,00425	0,002596	2118
227,37	-0,00155	-0,00059	2114
229,68	-0,0014	-0,0012	2108
231,99	-0,0013	-0,0013	2102
243,87	0,00214	0,002838	2106
245,9	-0,00145	0,008396	2120
248,82	-0,00124	-0,00016	2116
251,13	-0,00456	-0,00323	2098

W miejscach tych zostały przekroczone dopuszczalne wartości prześwitów, jak i kątów załamania w kilku kolejnych punktach mocowania przewodników w szybie na odcinkach: od 93 do 102, od 112 do 120, od 222 do 230, od 242 do 250 m szybu. Spowodowało to nadmierne zwiększenie prześwitów na długich odcinkach szybu.

W szybie tym nie przeprowadzono kompleksowej wymiany przewodników, a jedynie doraźną wymianę nadmiernie uszkodzonych.

Badania po wykonaniu częściowej korekcji ustawienia przewodników wykazały zmniejszenie liczby miejsc w szybie, w których występowało nadmierne przekroczenie wartości prześwitów między ciągami przewodniczymi i kątów załamania czołowych płaszczyzn przewodników. W miejscach, w których wykonano korekcję przewodników nie występowały przekroczenia prześwitów i kątów załamania.

Należy podkreślić, że regulacja przewodników drewnianych jest skomplikowana technologicznie, z uwagi na ich zużywanie się.

Zestawienie dużych nierówności przedstawiono w tabelicy 2.

Tablica 2. Miejsca przekroczenia dopuszczalnych wartości prześwitów w szybie „Kolejowym” po wykonaniu korekcji ustawienia przewodników

Głębokość szybu <i>H</i> , m	Kąt załamania		Prześwit <i>P</i> , mm
	<i>z</i> 1, rad	<i>z</i> 2, rad	
92,73	0,00875	-0,00615	2101
94,86	0,00821	-0,00305	2112
97,68	-0,00178	6,95E-06	2107
99,66	-0,00116	-0,00036	2104
102,3	0,00485	-0,00599	2101
112,2	-0,00223	0,00526	2102
114,51	-0,00521	0,010405	2114
116,82	-0,00523	0,004797	2113
119,13	0,00213	-0,00516	2106
121,77	-0,01645	0,015692	2104

W przypadku szybu „Aleksander III” (przedział klatkowy), nie wystąpiły przekroczenia rozstawu między naprzeciwległymi ciągami przewodników, jak i kątów załamania czołowych płaszczyzn przewodników. Poszczególne ciągi nie wykazały miejscowych dużych nierówności, nie wzrastał prześwit między ciągami przewodniczymi. Wartości prześwitu zmieniały się w przedziale od 3655 do 3668 mm. Maksymalna różnica wynosiła 13 mm. Pomiędzy 141–171 m szybu ciągi przewodnicze wykazały najmniejsze odchylenia od obowiązujących norm. Odcinek ten postanowiono wykorzystać do zamodelowania pojedynczych dużych nierówności na ciągu przewodniczym. Miało to na celu uzyskanie dużych nierówności na ciągu przewodniczym, powodujących lokalne zmniejszenie wartości prześwitu między ciągami.

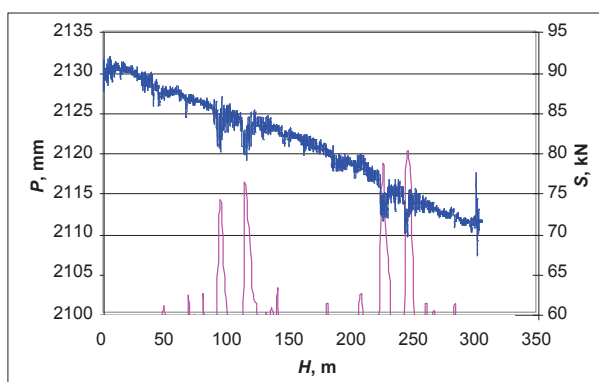
1.4. Pomiar sił w linach

Wykorzystując urządzenie do pomiaru sił w linach wyciągowych opisane w publikacji (Kawulok S., Bura L. 1991), wykonano pomiary obciążeń w linie wyciągowej nad zawiesiem naczynia wyciągowego w wybranych obiektach. Pomiar wykonano podczas jazdy naczynia wyciągowego w dół i w górę, przy różnych prędkościach jazdy. Wykonano kilkadziesiąt badań obciążeń lin wyciągowych nośnych.

Pomiary zostały przeprowadzone dla stanu faktycznego przewodników szybowych, jak i dla zamodelowanych nierówności, czy po korekcji toru prowadzenia naczyń.

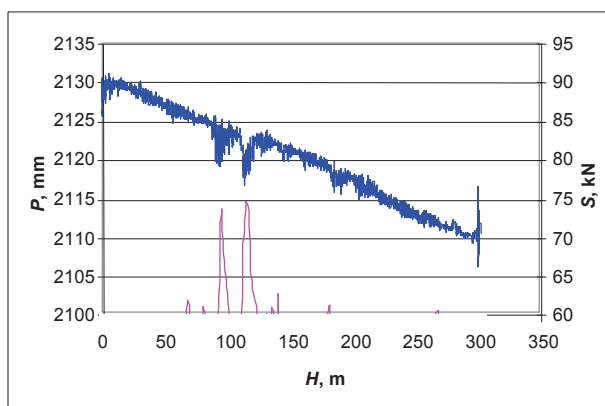
1.5. Omówienie wyników badań

W celu zobrazowania wpływu nierówności torów prowadzenia naczyń na zmianę obciążeń lin wyciągowych zestawiono na wspólnym wykresie, zmiany siły w linie i zmiany prześwitów w zależności od głębokości szybu (rys. 7 i 8).



Rys. 7. Wykresy zmiany prześwitów i siły w linii wyciągowej w zależności od głębokości szybu. Szyb „Kolejowy” jazda w dół przed wykonaniem korekcji przewodników: H – głębokość szybu, P – prześwit, S – wartość siły

Fig. 7. Diagrams of change bore value and power in carrying line in dependence of shaft depth. Shaft “Kolejowy” down trip before carrying correction: H – shaft depth, P – bore, S – power value



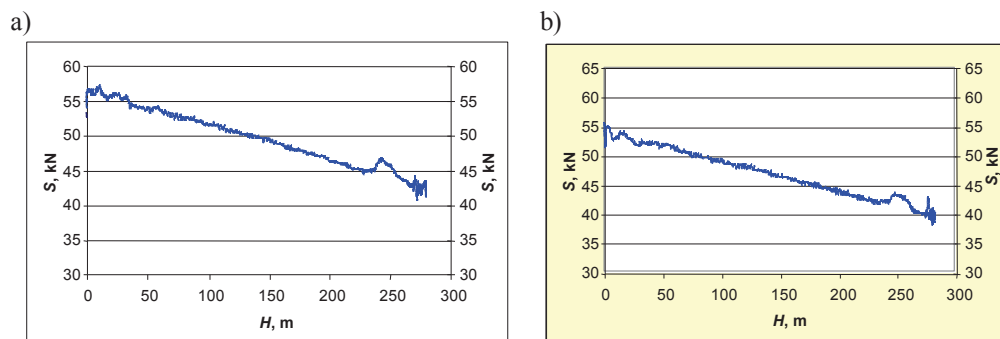
Rys. 8. Wykresy zmiany prześwitów i siły w linii wyciągowej w zależności od głębokości szybu. Szyb „Kolejowy” jazda w dół po wykonaniu korekcji przewodników: H – głębokość szybu, P – prześwit, S – wartość siły

Fig. 8. Diagrams of change bore value and power in caring line in dependence of shaft depth. Shaft “Kolejowy” down trip after carrying correction: H – shaft depth, P – bore, S – power value

Uzyskane w szybie „Aleksander III” wyniki badań prostoliniowości wykazały, że stan prowadzenia był poprawny. Wartości prześwitów w żadnym z miejsc szybu nie przekraczały wartości nominalnej, która wynosiła 3670 mm i minimalnej wartości wynoszącej 3646 mm.

Występujące zmiany siły w linii wyciągowej w fazie rozruchu i hamowania odpowiadały zaproponowanemu modelowi matematycznemu (rys. 9). Podczas jazdy ustalonej nie występowały gwałtowne zmiany wartości siły w linii wyciągowej, ponieważ nie było miejsc, w których naczynie mogło w istotny sposób zmienić położenie środka ciężkości w kierunku poziomym. Po zamodelowaniu pojedynczych dużych nierówności na poziomie 152 i 178 m w szybie i zmniejszeniu wartości

prześwitu o 15 mm, nie spowodowały zmiany wartości siły w linie wyciągowej, co można stwierdzić, porównując krzywe na rysunku 9.



Rys. 9. Zmiana siły w linie przed (a) i po (b) zamodelowaniu nierówności: H – głębokość szybu, S – siła w linie
Fig. 9. Change of line power before and after inequality modelling: H – shaft depth, S – line power

Analizując wykresy (rys. 7 i 8) można stwierdzić, że zauważalne zmiany wartości siły w czasie jazdy ustalonej występują w miejscach wzrostu wartości prześwitów ponad nominalny. Przejazd naczynia przez strefę nadmiernego wzrostu wartości prześwitów, między czołowymi płaszczyznami ciągów przewodniczych, powodował zmniejszenie wartości siły w linie wyciągowej. W pozostałych miejscach, gdzie nie występowały przekroczenia wartości prześwitu, siła stopniowo malała wraz z ubytkiem ciężaru liny wyciągowej.

Po wykonaniu korekty przewodników (rys. 8), zostały usunięte duże nierówności na odcinkach od 222 do 230 m i od 242 do 250 m szybu. W miejscach tych nie stwierdzono nadmiernego zmniejszenia bądź wzrostu wartości siły w linie. Miejsca, w których korekta przewodników nie została wykonana wartości siły w dalszym ciągu nadmiernie malały bądź narastały.

WNIOSKI

Na podstawie uzyskanych wyników badań sformułowano następujące wnioski:

- wyniki pomiarów rzeczywistych sił w linie wyciągowej wykazały, że istnieje związek między nierównościami torów prowadzenia naczyń a zmianami obciążeń lin wyciągowych,
- parametrem wpływającym na charakter tych zmian są w głównej mierze zmiany prześwitów między naprzeciwległymi ciągami przewodniczych,
- istnieje możliwość opracowania prostych formuł do przybliżonego obliczania zmiany siły w linie wyciągowej spowodowanych wzrostem prześwitu,
- opracowana i wypróbowana metoda pomiaru sił w linach nośnych może być pomocna również do oceny stanu prowadzenia naczyń.

Literatura

1. Instrukcja obsługi urządzenia TS-3.
2. Kawulok S. (1969): *Wpływ zwiększenia odstępów pomiędzy dźwigarami szybowymi na obciążenie zbrojenia szybowego*. Katowice, GIG (Praca doktorska).
3. Kawulok S. (1972): *Wpływ zwiększenia odstępów między dźwigarami szybowymi na obciążenie zbrojenia szybowego*. Prace GIG. Komunikat nr 550. Katowice.
4. Kawulok S., Hankus J., Szot M. (1998): *Doskonalenie metodyki I urządzenia do pomiaru odległości między naczyniem a przewodnikami oraz prostoliniowości prowadzenia naczyń w oparciu o wyniki badań i obserwacji ruchowych w szybach prowadzonych w okresie 1996 do 1998*. Praca realizowana w ramach działalności statutowej GIG (niepublikowana).
5. Kawulok S., Bura L. (1991): *Założenia do zmian i uzupełnienia urządzenia TS*. Dokumentacja pracy wykonywanej w ramach działalności statutowej; symbol planistyczny PW – 170. Katowice, GIG (niepublikowana).
6. Szot M. (2003): *Wpływ nierówności sztywnego prowadzenia naczyń na zmianę obciążeń lin wyciągowych – metodyka badań, wyposażenie aparaturowe*. Prace Naukowe GIG. Górnictwo i Środowisko nr 4.
7. Szot M. (2004): *Pomiar obciążeń lin wyciągowych nośnych – nowe rozwiązania*. Wiadomości Górnicze nr 2.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Jan Hankus