

Alfred CARBOGNO
Politechnika Śląska, Gliwice
Tadeusz UTRATA, Ireneusz POGODA
KWK „Anna”

WYMIANA JEDNEJ LINY NOŚNEJ W URZĄDZENIACH WYCIĄGOWYCH WIELOLINOWYCH W KOPALNI „ANNA”

Streszczenie. W artykule podano charakterystykę urządzeń wyciągowych wielolinowych Kopalni „Anna”, w których od początku lat 70. stosowano wymiany jednej liny nośnej z kompletu lin już eksploatowanych. Omówiono rodzaje wydłużeń lin i przedstawiono wyniki analizy ich wydłużeń podczas eksploatacji w dwu urządzeniach wyciągowych wielolinowych kopalni, w których stosowano okresowe wymiany jednej liny. Podano również wnioski wynikające z doświadczeń tej kopalni w tym zakresie.

REPLACEMENT OF ONE CARRYING ROPE IN MULTI - ROPE HOISTING PLANTS AT THE „ANNA” COAL MINE

Summary. The characteristic of multi-rope hoisting plants being in operation at the „Anna” coal mine has been given. From early seventies it is in common practice that one carrying rope is replaced in a set of ropes that have been already exploited. The paper presents types of rope elongations and results of the analysis of the elongations of ropes that have occurred during the operation of ropes in two multi-rope hoisting plants of the mine in which periodical replacements of one rope have been effected.

1. Wstęp

Wielolinowe górnicze urządzenia wyciągowe eksploatowane w polskich kopalniach, charakteryzuje stosunkowo duża różnorodność zarówno w zakresie parametrów technicznych, sposobu zabudowy (maszyny wyciągowe zlokalizowane na wieży lub na poziomie zrębu szybu), jak też pod względem środowiska działającego na liny nośne w szybie (szyby suche i mokre o różnym stopniu agresywności wody). Do tego dochodzi różnica ze względów funkcji wentylacyjnych: szyby wdechowe i wydechowe.

Z tego też powodu, mimo bardzo starannie dokonywanego i stale doskonalonego sposobu doboru lin nośnych, ich zużycie w danym wielolinowym urządzeniu wyciągowym

przebiega z różnym nasileniem, przy czym ze strony samych lin zasadnicze znaczenie ma tu ich jakość.

Od początku stosowania w górnictwie polskim urządzeń wyciągowych wielolinowych zalecano, aby w przypadku konieczności wymiany jednej liny nośnej przy dobrym stanie pozostałych lin wymienić na nowy cały komplet lin. Wynikało to z braku jednoznacznego określenia w przepisach wykonawczych możliwości wymiany jednej liny z kompletu wielolinowego, która będzie automatycznie wykonana z innej partii materiału hutniczego i inne będą jej właściwości mechaniczne. Należy zaznaczyć, że mimo oficjalnego zakazu wymiany pojedynczych zużytych lin w komplecie lin nośnych wyciągu wielolinowego, (najczęściej 4-linowego) już od początku lat 70. w niektórych kopalniach wymieniano „po cichu” pojedyncze zużyte liny nośne. Były to najczęściej przypadki awaryjne wynikające z uszkodzenia jednej z lin nośnych lub z powodu mankamentów produkcyjnych liny, wykrytych po krótkim czasie eksploatacji. W niektórych kopalniach robiono to jednak świadomie, np. po 3-4 miesiącach pracy lin nośnych w wyciągu 4-linowym jedna z lin wykazywała gwałtowny przyrost pękniętych drutów, podczas gdy na pozostałych linach pęknięć drutów było brak lub wystąpiły w niewielkiej ilości. W tamtych latach nie było dopracowanych technologii wymian pojedynczych lin, a ponadto nie było oficjalnej zgody na takie wymiany przez odpowiednie władze górnicze. Mimo to „nielegalną” wymianę pojedynczych lin zaczęto stosować coraz częściej z powodów ekonomicznych.

Rozwój nowoczesnych metod diagnostycznych pozwalających na "prowadzenie" każdej z lin tak długo, dopóki spełnia ona warunki wymagane przez przepisy oraz postęp, jaki dokonany został w zakresie rozwiązań technologicznych stosowanych przy wymianie lin nośnych były przyczyną podjęcia działań w kierunku rozwiązania tego zagadnienia. Podstawowe problemy, jakie należało rozwiązać, były następujące:

- zapewnienie dowolnego ruchu liny wymienianej w stosunku do koła pędnego i kół kierujących lub w stosunku do bębna pędnego i kół odciskowych z zachowaniem warunku nieprzekroczenia dopuszczalnych nacisków poprzecznych na wymienianą linę,
- rozwiązanie problemu przebiegu wydłużania się nowej liny po jej założeniu i wejściu w normalny tryb pracy pozostałych już eksploatowanych lin w urządzeniu wyciągowym.

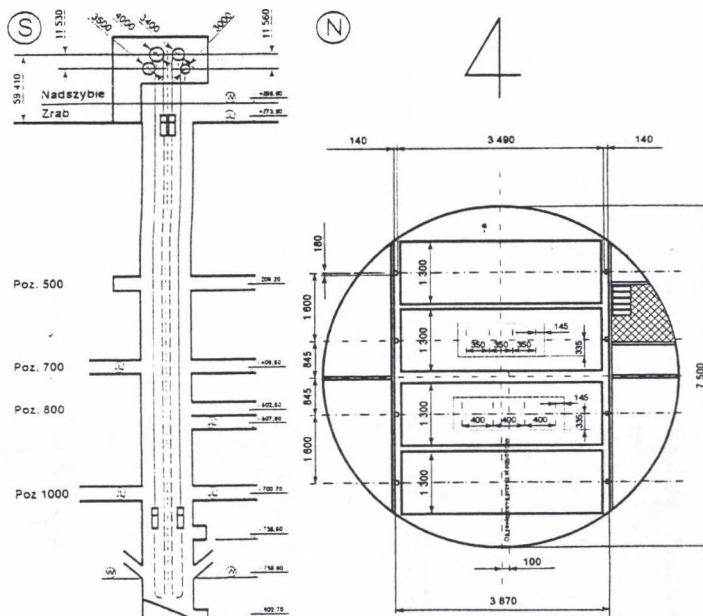
Pionierską kopalnią, która „nielegalnie”, a następnie „legalnie” zaczęła stosować wymiany pojedynczych lin w wyciągach wielolinowych była i jest KWK „Anna”.

W pracy przedstawiono ogólnie zagadnienie wymian jednej liny nośnej w wyciągu wielolinowym i analizę wydłużeń lin w Kopalni „Anna” w aspekcie pojedynczych ich wymian oraz wnioski wynikające z doświadczeń tej kopalni.

2. Charakterystyka urządzeń wyciągowych szybu „Chrobry II”

W Kopalni „Anna” główne urządzenia wyciągowe 4-linowe znajdują się w szybie „Chrobry II”. Szyb „Chrobry II” jest szybem dwuprzędziałowym, wdechowym, suchym, wyposażonym w dwa urządzenia wyciągowe z maszynami usytuowanymi na wieży. Eksploatację przedziału północnego rozpoczęto w 1969 r. jako przedział, w którym ciągnięcie odbywało się z poz. 700 m. W 1980 r. nastąpiła przebudowa urządzenia i założono ski-

poklatki bez zmiany głębokości ciągnięcia. W 1984 r. przedłużono wyciąg do poz. 800 m, a w 1997 r. ponownie przedłużono go do poz. 1000 m. Natomiast przedział południowy oddany został do eksploatacji w 1970 r. jako przedział skipowy, w którym ciągnięcie odbywało się z poz. 700 m, a w 1996 r. przedłużono go do poz. 1000 m. Przebudowy te spowodowały zmianę parametrów, co przedstawiono w tabelcy 1. Schemat urządzeń wyciągowych przedstawiono na rys.1.



Rys.1. Schematy urządzeń wyciągów 4-linowych w szybie „Chrobry II” KWK „Anna”
Fig.1. Diagrams of four-rope hoisting plants in the „Chrobry II” shaft of the „Anna” coal mine

Tabela 1

Podstawowe parametry urządzeń wyciągowych 4-linowych szybu „Chrobry II”

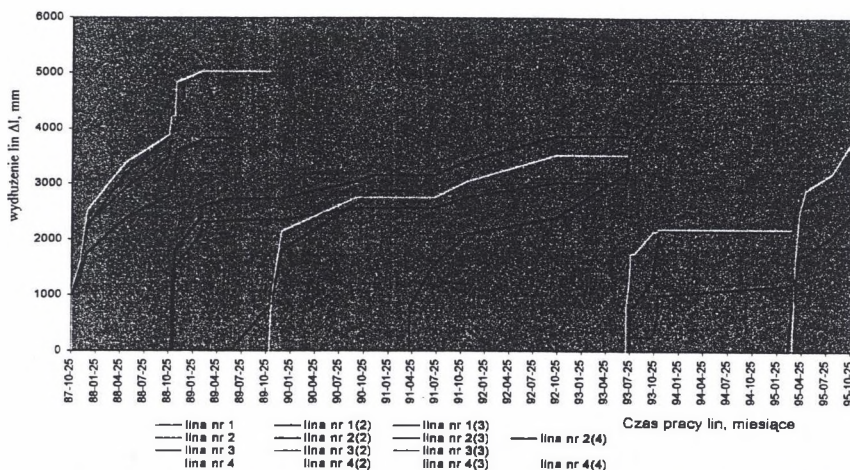
Parametr	Przedział północny		Przedział południowy	
	stan do 1997r.	stan obecny	stan do 1996r.	stan obecny
głębokość ciągnięcia	800m	1000m	700m	1000m
średnica liny nośnej	φ34mm	φ32mm	φ40mm	φ38mm
ciężar użyteczny urobku	120kN	105kN	170kN	150kN
liny wyrównawcze	139x27	SAG7,5-98x 29/4x16	196x34	SAG11,1-150x 29/6x16
naczynia wydobywcze	klatki	skipoklatki	skipy	skipy
przewodniki	stalowe	stalowe	stalowe	stalowe
prędkość jazdy v_1/v_u , m/s	12/16	12/16	11/16	11/16
v_1, v_u prędkość dla jazdy ludzi i ciągnięcia urobku				

3. Wydłużenia eksploatacyjne lin nośnych

Na eksploatacyjne wydłużanie się liny wpływ mają następujące czynniki:

- konstrukcja liny,
- średnica, konstrukcja i materiał rdzenia liny (włóknisty organiczny lub z tworzyw sztucznych, stalowy lub rdzeń twardy z tworzywa sztucznego),
- kąty i długości skoków zwicia spletek i liny,
- zastosowanie lub nie odprężania spletek metodą Tru-lay czy lin metodą Pawo,
- smarowanie spletek i lin,
- jakość zwicia liny,
- wielkość i rodzaj obciążenia (statyczne, dynamiczne) oraz czasu jego działania,
- temperatura i wilgotność otoczenia,
- sposób zakładania liny.

Z wymienionych czynników największy wpływ na wydłużanie się liny ma wpływ rdzeń liny, szczególnie organiczny, np. włóknisty z sisalu. To trwałe początkowe wydłużenie liny jest wyjątkowo duże w przypadku lin konstruowanych tak zwaną "metodą szczelin".



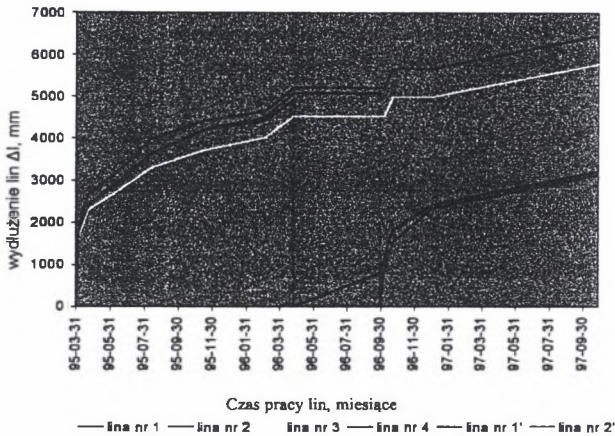
Rys.2. Wykres wydłużania się lin podczas ich pracy z zaznaczeniem momentu pojedynczych wymian lin. Szyb „Chrobry II”, przedział południowy, lata 1987-1995

Fig.2. Diagrams of the elongation of ropes during their operation with indication of the moment of particular replacements of ropes „Chrobry II” shaft – southern shaft way 1987-1995

Analizę wydłużeń lin przeprowadzono na podstawie wymian kompletów lin w obu przedziałach. Do analizy wykorzystano dane skracai lin zamieszczone w oddziałowych książkach raportowych i książkach napraw szybu.

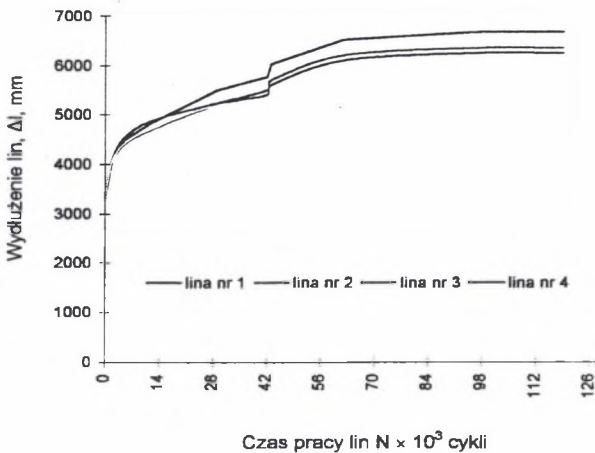
Przykładowy przebieg wydłużenia się lin podczas eksploatacji w urządzeniu wyciągowym 4-linowym szybu „Chrobry IIS” przedstawiono na rys. 2, 3, 4, a w przedziale północnym II N na rys.6.

Z rys.3 wynika, że w latach 1987-1995, a więc w kolejnych okresach, kiedy wymieniano liny pojedynczo, linę nr 1 wymieniono trzy razy, linę nr 2 cztery razy, linę nr 3 trzy razy i linę nr 4 cztery razy. Kolejne liny wydłużyły się podczas eksploatacji o wartości podane w tablicy 2.



Rys.3 Wykres wydłużania się lin podczas ich pracy z zaznaczeniem momentu założenia nowych lin nr 1' i nr 2'. Szyb „Chrobry IIS”

Fig.3. Diagrams of the elongation of ropes during their operation with indication of the moment of installation of new ropes No 1 and No 2 „Chrobry II S” shaft



Rys.4. Wykres wydłużania się lin $\phi 38\text{mm}$ konstrukcji WV 6x35 w szybie „Chrobry II” przedział południowy. Czas pracy lin 1996.04.30-1998.09.13

Fig.4. Diagrams of the elongation of ropes of $\phi 38\text{mm}$, structure WV 6x35 in the „Chrobry II” shaft – southern shaft way Period of rope operation: 1996.04.30-1998.09.13

Tablica 2

Wielkości wydłużeń lin wyciągowych podczas ich eksploatacji w urządzeniu wyciągowym szybu „Chrobry II S”; Δl -całkowite wydłużenie liny, t-czas pracy w miesiącach, *-kolejne wymienione liny

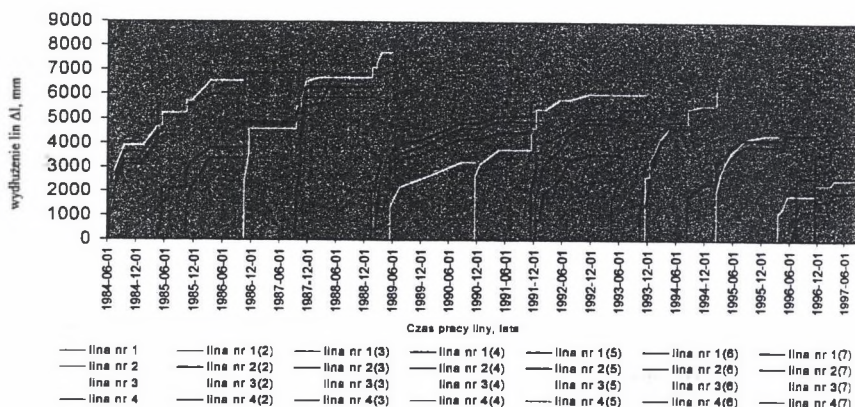
Lp.	Lina nr 1		Lina nr 2		Lina nr 3		Lina nr 4	
	Δl , mm	t, mieś.	Δl , mm	t, mieś.	Δl , mm	t, mieś.	Δl , mm	t, mieś.
1	4260	13	3840	24	378	13	5025	25
2*	3330	57	2080	18	2220	42	2730	43
3*	2065	33	4040	23	1885	33	1400	21
4*	-	-	1080	13	-	-	3255	13

Z podobnej analizy przeprowadzonej dla urządzenia wyciągowego szybu „Chrobry II N” (rys.5), w którym w latach 1984-1997 wymieniano pojedynczo liny; linę nr 1 wymieniono siedem razy, linę nr 2 siedem razy, linę nr 3 siedem razy, linę nr 4 siedem razy. Kolejne liny wydłużały się podczas eksploatacji o wartości podane w tablicy 3.

Tablica 3

Wielkości wydłużeń lin wyciągowych podczas ich eksploatacji w urządzeniu wyciągowym szybu „Chrobry II S”; Δl -całkowite wydłużenie liny, t-czas pracy w miesiącach, *-kolejne wymienione liny

Lp.	Lina nr 1		Lina nr 2		Lina nr 3		Lina nr 4	
	Δl , mm	t, mieś.	Δl , mm	t, mieś.	Δl , mm	t, mieś.	Δl , mm	t, mieś.
1	6890	39	5290	10	6540	28	4290	16
2*	7610	33	6300	45	7705	30	6070	43
3*	4935	22	5720	34	3230	18	4875	34
4*	5420	24	4180	24	6025	36	4870	16
5*	5515	16	4650	9	6155	15	4796	16
6*	4405	19	4600	21	4365	11	4615	27
7*	2010	12	3960	15	3960	21	2620	13



Rys.5. Wykres wydłużania się lin podczas ich pracy z zaznaczeniem momentu pojedynczych wymian lin. Szyb „Chrobry II”, przedział północny, lata 1984-1997

Fig.5. Diagrams of the elongation of ropes during their operation with indication of the moment of particular replacements of ropes. Chrobry II" shaft - northern shaft way 1984-1997

Z przeprowadzonej analizy powyższych danych wynika, że nowo założone pojedyncze liny w komplecie starych eksploatowanych lin wydłużają się bardzo gwałtownie w pierwszym tygodniu pracy, mimo że podczas zakładania założono je krótsze o 3 m. Z dotychczasowego stosowania w kopalni pojedynczych wymian lin wynika, że nie zawsze taka wymiana jest uzasadniona. Każda wymiana jednej liny w komplecie już pracujących lin nośnych musi być poprzedzona analizą wydłużania się lin poprzednio pracujących w danym urządzeniu wyciągowym oraz obliczeniem wymaganej wstępnej wielkości skrócenia nowo zakładanej liny oraz analizą czasu pracy pozostałych lin z punktu widzenia ekonomicznego [6].

Do teoretycznych obliczeń wydłużeń całkowitych, trwałych i sprężystych wykorzystano modele matematyczne wydłużeń lin podane w pracach [4, 5]. Wydłużenia lin fabrycznie nowych po założeniu ich do urządzenia wyciągowego korzystniej jest obliczać za pomocą modeli matematycznych wydłużeń lin stalowych niż za pomocą wzoru Hooke'a, wykorzystującego moduł sprężystości podłużnej liny. Z uwagi na brak szczegółowych modeli matematycznych, opisujących wydłużenia lin okrągłosplotkowych, przeciwzwitych o liniowym styku drutów w splotce wykorzystano model matematyczny dla lin różnych konstrukcji podany w pracy [5]:

- wydłużenie względne trwałe lin fabrycznie nowych opisuje zależność:

$$\varepsilon_t = 0,0434 + 0,00801\sigma + 15,827p_s + 14,022l_s - 0,297i_s + 0,066l_w + 0,0000144d^2 - 15,773p_s^2 - 14,034l_s^2 + 0,0890i_s^2 \quad (1)$$

- względne wydłużenie całkowite

$$\varepsilon_c = 0,1116 + 0,0178\sigma - 0,302i_s + 0,04787e_s + 0,06621l_e + 0,0000148d^2 + 0,0928s^2 \quad (2)$$

- względne wydłużenie sprężyste

$$\varepsilon_s = \varepsilon_c - \varepsilon_t, \quad (3)$$

gdzie:

σ – średnie naprężenie rozciągające w linie, daN/mm²,

i_s – liczba warstw spletek w linie,

p_s – punktowy styk drutów,

l_s – liniowy styk drutów,

l_w – lina współzwita,

d – średnica liny,

l_p – lina przeciwwzita.

Adaptując powyższe wzory dla konkretnej konstrukcji liny WV 6x35+A₀ o liniowym styku drutów, przeciwwzitej, otrzymano wzory uproszczone:

- względne wydłużenie trwałe lin fabrycznych nowych

$$\varepsilon_t = 0,00801\sigma + 0,0000144d^2 + c, \text{ gdzie stała } c = -0,11$$

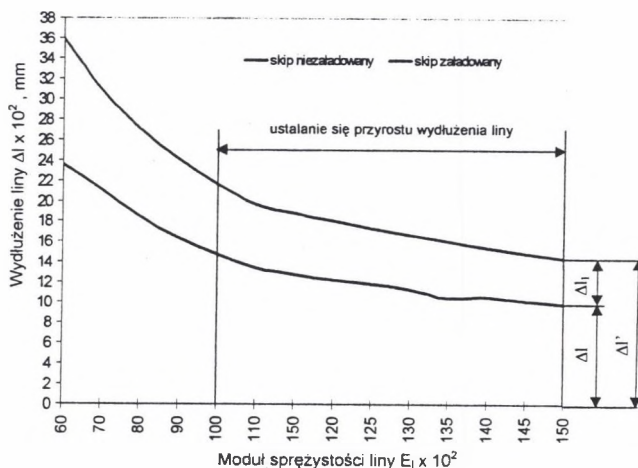
- względne wydłużenie całkowite lin fabrycznych nowych

$$\varepsilon_c = 0,0178\sigma + 0,0000148d^2 + c, \text{ gdzie stała } c = -0,098$$

- względne wydłużenie sprężyste lin fabrycznych nowych

$$\varepsilon_s = \varepsilon_c + \varepsilon_t$$

Analiza wydłużeń lin podana jest w pracy [3]. Przykładowe wyniki obliczeń wydłużania się nowej liny w wyciągu „Chrobry IIS” przedstawiono na rys.6.



Rys.6. Wykreślne przedstawienie wyników obliczeń przypuszczalnego wydłużenia całkowitego nowo założonej liny $\phi 38$ konstrukcji WV 6x35+A₀. Długość liny nośnej $l = 1087\text{m}$, $Q_u = 15000\text{ kg}$

Fig.6. Graphical presentation of the results of calculating the percentage elongation of the rope of $\phi 38$ mm, structure WV 6x35+A₀. Carrying rope length $l=1087\text{m}$, $Q_u=15000\text{ kg}$

Z przeprowadzonych obliczeń wynika wyraźna różnica w wydłużeniach liny nowej i starej. Świadczy to o tym, że w przypadku zakładania nowej jednej liny do kompletu lin, które już pracowały pewien czas, powinna zostać zlikwidowana lub zminimalizowana przypuszczalna różnica w wydłużaniu się nowej liny w stosunku do lin już eksploatowanych.

Minimalizację różnic w wydłużeniu się nowej liny względem lin eksploatowanych można uzyskać różnymi sposobami, a mianowicie przez:

- wstępne skrócenie nowej liny przed założeniem o wielkość obliczonego wydłużenia trwałego,
- wstępne obciążenie w szybie za pomocą naczynia wyciągowego liny nowej przy zluzonych linach już eksploatowanych, a następnie skrócenie nowej o wielkość jej wydłużenia (o różnicę długości) w stosunku do długości lin eksploatowanych (operacje takie należy przeprowadzać w podszybiu),
- zastosowanie operacji wstępnego naciągania liny nowo zakładanej w specjalnych stanowiskach (trenowanie liny) przed jej założeniem do urządzenia wyciągowego,
- stosowanie nowych konstrukcji lin wyciągowych o małym wydłużeniu, tzw. lin z pełnym (twardym) rdzeniem wykonanym z tworzywa sztucznego.

4. Wnioski

1. Przedstawione w artykule wykresy wydłużeń lin dają jednoznaczny obraz, z którego wynika, że wymiana pojedynczych lin w wyciągach wielolinowych nie zawsze jest ekonomicznie uzasadniona. Wymiana pojedynczej liny jest celowa w przypadku, gdy jedna z lin jest osłabiona, a czas pracy pozostałych lin jest mniejszy niż czas pracy wynikający z obliczonego minimalnego wskaźnika pracy lin A dla konkretnej konstrukcji lin. Należy zaznaczyć, że wymiana pojedynczej liny nośnej w wyciągu wielolinowym musi być uzasadniona kosztami ekonomicznymi.
2. Z przeprowadzonych obliczeń oraz wykresów wydłużania lin wynika wyraźna różnica w wydłużeniach liny nowej i starej. Powyższe świadczy o tym, że w przypadku zakładania nowej jednej liny do kompletu lin, które już pracowały pewien czas, powinna zostać zlikwidowana lub zminimalizowana przypuszczalna różnica w wydłużaniu się nowej liny w stosunku do lin już eksploatowanych. Minimalizację różnic w wydłużeniu się nowej liny względem lin eksploatowanych można uzyskać różnymi sposobami, a mianowicie przez:
 - wstępne skrócenie nowej liny przed założeniem o wielkość obliczonego wydłużenia trwałego,
 - wstępne obciążenie w szybie za pomocą naczynia wyciągowego liny nowej przy zluzonych linach już eksploatowanych, a następnie skrócenie nowej o wielkość jej wydłużenia (o różnicę długości) w stosunku do długości lin eksploatowanych (operacje takie należy przeprowadzać w podszybiu),
 - zastosowanie operacji wstępnego naciągania liny nowo zakładanej w specjalnych stanowiskach (trenowanie liny) przed jej założeniem do urządzenia wyciągowego,
 - stosowanie nowych konstrukcji lin wyciągowych o małym wydłużeniu, tzw. lin z pełnym (twardym) rdzeniem wykonanym z tworzywa sztucznego.

3. Ważnym parametrem wpływającym na warunki pracy lin po wymianie jednej z nich jest właściwy dobór dodatkowego obciążenia nowej liny w celu jej wstępnego napięcia. Zabieg ten można potraktować jako rodzaj trenowania liny, który umożliwia jej elastyczne wejście w normalny tryb pracy kompletu lin. Pozwala to na zwiększenie żywotności pracujących lin nośnych oraz zoptymalizowanie organizacji skracania nowej liny w czasie nie powodującym zakłóceń w normalnym ruchu urządzenia wyciągowego.
4. Istotnym warunkiem związanym z trwałością i właściwą pracą lin nośnych jest pomiar i wyrównywanie obciążeń w poszczególnych linach po wymianie jednej liny. Działania te umożliwiają właściwą pracę nowo założonej liny szczególnie w pierwszym okresie po wymianie, pozwalając dobrać właściwe długości skracania. Wyrównywanie obciążeń w zestawie lin prowadzi również do równomierniejszego zużycia pozostałych "starych" lin nośnych.
5. Wieloletnia praktyka eksploatacji górniczych wyciągów wielolinowych wykazała, że można stosować wymiany pojedynczych lin nośnych. Wymiana ta musi być poparta doświadczeniami kopalni i uzasadnieniem ekonomicznym.
6. Nowo założona lina do kompletu wielolinowego powinna być obciążona w pierwszym okresie eksploatacji wg opracowanej przez kopalnię „technologii wprowadzania liny” (tak postępowano przy obciążeniu liny podczas pierwszych tygodni jej pracy).

LITERATURA

1. Carbogno A.: Wstępne naciąganie lin wyciągowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo z.186, Gliwice 1990
2. Carbogno A.: Wydłużenie lin wyciągowych podczas ich eksploatacji. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa, nr 3 1992
3. Carbogno A.: Obliczenie trwałych sprężystych wydłużeń lin nośnych w urządzeniu wyciągowym szybu Chrobry II przedział południowy. CBiD6P. Mysłowice-Brzezinka, kwiecień 1996
4. Hankus J.: Trwałe i całkowite wydłużenie lin wyciągowych fabrycznie nowych. Praca GIG. Komunikat nr 682, Katowice 1977
5. Hankus J.: Budowa i własności mechaniczne lin stalowych. Wyd. GIG, Katowice 1990
6. Pogoda I.: Zagadnienie wymiany pojedynczej liny w urządzeniu wyciągowym wielolinowym. Praca dyplomowa inżynierska. Instytut Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej, Gliwice, marzec 2000
7. Technologia wymiany pojedynczej liny w urządzeniach wyciągowych szybu „Chrobry” KWK „Anna”

8. Wire Rope Calculations for the Mining Industry. British Ropes Limited. Publication No 1112/1. Doncaster 1989

Recenzent: Prof.Ing.Csc Jan Boroška

Abstract

The characteristic of multi-rope hoisting plants being in operation at the „Anna” coal mine has been given. From early seventies it is in common practice that one carrying rope is replaced in a set of ropes that have been already exploited. The paper presents types of rope elongations and results of the analysis of the elongations of ropes that have occurred during the operation of ropes in two multi-rope hoisting plants of the mine in which periodical replacements of one rope have been effected. From the experience that has been gained so far it appears that the determination of preliminary shortening of a new rope prior to its installation of preload of the rope in a shaft and of a method of introducing of the rope into service in the period of first weeks of its operation is of essential importance. Carrying out of periodical inspections of the distribution of rope tensions in the multi-rope system and of their equalization after installation of the new rope in the used set of ropes is also important. The many years practice applied at the „Anna” coal mine has indicated that it is possible to replace one carrying rope in a multi-rope hoisting plant. The experience of a coal mine gained in this field is a prerequisite of understating such measures. It is necessary to point out that the replacement of one rope does not find economic justification in all cases.