

Pomiary obciążeń lin górniczych wyciągów szybowych.

Tadeusz Wróbel¹

Wprowadzenie

Zjawisko nierównomierności obciążeń lin nośnych wielolinowych wyciągów górniczych jest znane z praktyki szybowej od początku ich eksploatacji. Dążenie do wyrównywania sił pomiędzy poszczególnymi linami zaowocowało rozwiązaniami technicznymi do samoczynnego zmniejszania różnic sił w linach jak również rozwiązaniami technicznymi i metodami do obsługowego zmniejszania tych różnic. [4]

Przedmiotem niniejszego artykułu są rozwiązania techniczne zastosowane w wyciągach wielolinowych do bezpośredniego pomiaru sił w linach nośnych, dostarczające wyników pomiarów do realizacji metody obsługowego zmniejszenia różnic. Zastosowane w linach nośnych i przewodniczo-nośnych urządzeniach technologicznych kubłowych wyciągów szybowych w szybach głębionych lub w linach przewodniczych i odbojowych wyciągów górniczych umożliwiają kontrolę równomiernego ich naciągu.

Przykładem jednej z metod jest patent nr 155060 z 1992r. „Sposób korygowania sił w linach nośnych wielolinowego urządzenia wyciągowego”. [2] Środkiem technicznym zapewniającym możliwość korygowania sił wg opisanego sposobu było rozwiązanie p.t. „Układ do kontroli sił w linach nośnych wielolinowych urządzeń wyciągowych” - patent nr 153748 z 1991r. [1] sprawdzone w praktyce i eksploatowane w II połowie lat 80-tych jako urządzenie do ciągłej kontroli sił w linach nośnych naczynia wydobywczego (skipu) w szybie Janina III KWK „Janina”.

Zasadniczymi elementami urządzenia były tensometryczne czujniki siły zabudowane w zawieszeniach naczynia wydobywczego (w łączniku do zmiany długości liny) oraz elektroniczny układ pomiarowy zabudowany na naczyniu wydobywczym. Układ w sposób ciągły wykonywał pomiary sił w linach nośnych wyciągu a przekroczenie ustalonej wartości progowej w poszczególnych linach względem ich wartości średniej powodowało uruchomienie nadajnika radiowego. Wskutek tego zapalała się lampka kontrolna na stanowisku maszynisty sygnalizując nierównomierne obciążenie lin nośnych wyciągu. Był to sygnał dla obsługi o konieczności podjęcia działań zgodnie z opracowanym sposobem korygowania sił.

Urządzenie było zasilane z akumulatora, doładowywanego cyklicznie w sposób jak w opisie patentowym nr 157643 z 1992r. „Układ do bezprzewodowego doładowania akumulatorów” [3]. Rozwiązanie techniczne układu pomiarowego mogło budzić uzasadnione wątpliwości odnośnie dokładności pomiaru, które wynikały z braku (w tym czasie) dostępu do najnowszych technologii w elektronice. Pomimo to stosowanie urządzenia i praktyczne wykonywanie korekcy sił wg w/w sposobu przyniosło wyraźne efekty techniczne (przedłużenie okresu eksploatacji lin o 80%) i wynikające z tego efekty ekonomiczne. Należy nadmienić, że współautorem w/w opatentowanych rozwiązań oraz wdrażającym w latach 80-tych wspólnie z pracownikami naukowymi Katedry Transportu Linowego AGH sposób korygowania sił, jest autor niniejszego artykułu.

Pozytywne efekty ekonomiczne wynikające ze stosowania układu w wyciągu szybowym w KWK „Janina”, jak również zaistniałe na początku lat 90-tych szerokie możliwości dostępu do nowoczesnych układów elektroniki profesjonalnych firm oraz wymiana doświadczeń z pracownikami naukowymi Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych w Warszawie stanowiły zachętę dla kadry inżynierskiej firmy Temix do doskonalenia rozwiązania.

¹ inż. Tadeusz Wróbel, TEMIX Sp. z o.o. Jednostka Innowacyjno-Wdrożeniowa ul. Fałata 1, 32-593 Żarki, Polska, tel./fax: 48 32 627-34-91, e-mail: twrobel@temix.com.pl

Opis stosowanych rozwiązań

Największym w tym czasie problemem technicznym dla twórców nowego rozwiązania było wykonania układu pomiarowego przetwornika siły. Z uwagi na warunki środowiskowe w jakich miał pracować jak również to, że dla zapewnienia wymaganego statycznego współczynnika bezpieczeństwa dla czujnika (jak dla elementu zawieszenia wyciągu) wielkość mierzonych naprężeń jest kilkakrotnie mniejsza niż dla typowych przetworników wagowych. Wymagało to zapewnienia stabilności pomiaru napięć na poziomie mikrowoltów. Stąd specjalna konstrukcja samego przetwornika, odpowiednie rozwiązanie układu pomiarowego, sposób projektowania obwodów elektroniki oraz konieczność stosowania specjalnych układów elektroniki o wysokiej stabilności parametrów w wykonaniu militarnym. Wynikiem prowadzonych prac było wykonanie przez firmę Temix Sp. z o.o. układu do pomiaru sił wraz z wkładkami pomiarowymi typu WPS, które w 1994r. uzyskały dopuszczenie Wyższego Urzędu Górniczego z cechę: GM-83/94.

W latach 1994r - 2001r. zostało wykonane i zabudowane 6 kompletów układów: 1kpl w szybie „Bartosz” KWK Katowice, 4 kpl. dla ZG Rudna w tym: 2 kpl. w szybie RII – oba przedziały skipowe, 1 kpl. w szybie RI oraz uniwersalny zestaw do stosowania w pozostałych wyciągach zakładu – 1kpl oraz w KHW KWK „Wujek” 1 kpl. – szyb „Lechia”.



Foto 1. ZG „Rudna”, widok zestawu



Foto 2. Zestaw po zabudowaniu

Układ pomiarowy produkowanych w tym czasie wkładek typu WPS zawierał elementy elektroniki analogowej. Z tego powodu należało dokonywać okresowej korekcji parametrów w układzie elektroniki tzw. dryftu zera oraz współczynnika wzmocnienia, parametrów ustawianych za pomocą rezystorów nastawczych (potencjometrów). Była to niedogodność, która dla użytkownika oznaczała konieczność przeprowadzenia okresowego przeglądu urządzenia w serwisie producenta.

Szybki rozwój cyfrowej techniki pomiarowej oraz dostęp do wysokiej klasy rozwiązań z dziedziny mikrokontrolerów, mikroukładów pomiarowych w połączeniu z wiedzą młodej kadry inżynierskiej firmy pozwolił na wykonanie w końcu 2001r. systemu ciągłego monitoringu obciążeń lin nośnych i przewodniczo-nośnych pomostu wiszącego w szybie głębionym R-XI przez PeBeKa dla KGHM o/ZG „Rudna”.

W zawieszeniu lin przewodniczo-nośnych pomostu zabudowano: 16szt. wkładek pomiarowych WPS-E (po 2szt. w zawieszeniu jednej liny), sterownik komputerowy na pomoście i połączony z nim sterownik komputerowy na powierzchni. Wkładki pomiarowe WPS-E stanowią niezależne, inteligentne moduły pomiarowe, wyposażone w wyświetlacz cyfrowy wskazujący bieżący wynik pomiaru siły, nawet w przypadku uszkodzenia sterownika nadrzędnego. Monitory graficzne w obu sterownikach obrazują poziom sił w linach w zakresie $F_{sr} + 5\%$; F_{sr} ; $F_{sr} - 5\%$ a wyświetlacze tekstowe wskazują wartości cyfrowe mierzonych sił w poszczególnych wkładkach pomiarowych i linach.



Foto 3. Wkładka pomiarowa siły WPS-E



Foto 4. Wkładka pomiarowa siły w zawieszeniu linowym



Foto 5. Sterownik dolowy systemu.
Stanowisko sygnalisty na pomoście roboczym.



Foto 6. Sterownik powierzchniowy systemu.
Stanowisko operatora wciągarek bębnowych



Pomimo bardzo trudnych warunków środowiskowych system pracował bezawaryjnie przez 1,5 roku (od jego zabudowy). Przejściowe problemy z odwodnieniem szybu wymusiły przegląd wkładek pomiarowych siły WPS-E, poza tym system pracuje nadal w sposób ciągły.

Wkładki pomiarowe wg opisanego wyżej rozwiązania zostały również zastosowane w wyciągu skipowym szybu „Lechia” KHW KWK „Wujek” w 2002r.

Nowe wkładki pomiarowe WPS-Ec

Wygaśnięcie ważności dopuszczenia wkładek pomiarowych WPS do stosowania, rosnące potrzeby i wymagania potencjalnych użytkowników w zakresie dokładności pomiaru, wykonywania pomiarów w stanach dynamicznych (np. podczas hamowania), stosowania wkładek pomiarowych w systemach zdalnego i ciągłego monitoringu obciążeń lin nośnych naczyń wydobywczych, przewodniczych, przewodniczo-nośnych jak również konieczność modernizacji wkładek pomiarowych wynikająca z postępu techniki, były powodem opracowania nowego rozwiązania technicznego wkładki pomiarowej i uzyskaniem aktualnego dopuszczenia do stosowania.

W opracowaniu nowej konstrukcji wkładek i układu pomiarowego zebrano dotychczasowe doświadczenia eksploatacyjne na podstawie których sformułowano następujące wymagania :

a. funkcjonalne

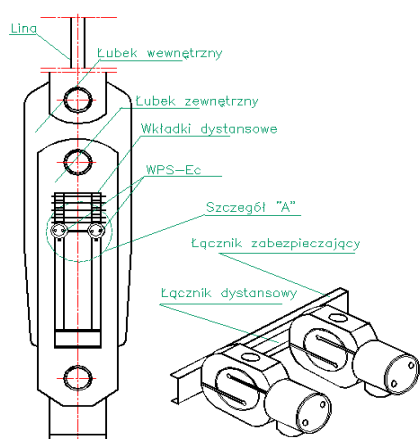
- mobilność urządzenia, możliwość jego zastosowania w różnych wyciągach zakładu,
- unifikacja wykonania, dostosowanie do łączników prod. RYFAMA wielkości W3÷W6,
- minimalny nakład pracy w przypadku wymiany uszkodzonej wkładki,

- programowa kalibracja wzmocnienia oraz offsetu zera,
- możliwość kalibracji wkładek pomiarowych w miejscu zainstalowania,
- oprogramowanie narzędziowe do obsługi układu (kalibracja, diagnostyka układu),
- oprogramowanie graficznej wizualizacji rozkładu sił w linach,
- możliwość dostosowania funkcji układu do indywidualnych potrzeb użytkownika zarówno na etapie opracowania założeń jak i eksploatacji,
- udostępnianie wyników pomiarów w sieciach przemysłowych oraz w sieci internet,

b. środowiskowe

- mały pobór energii ,
- niezawodność działania,
- standard transmisji danych odporny na błędy i przekłamania (magistrala CAN),
- odporności na silne zakłócenia elektromagnetyczne, cyfrowa filtracja zakłóceń,
- odporność na znaczne różnice temperatur pracy.
- odporność na wilgoć, drgania, wibracje, uszkodzenia mechaniczne,

Zgodnie z powyższymi wymaganiami opracowano w firmie Temix Wkładki Pomiarowe Siły z mikroprocesorowym układem Elektroniki z interfejsem cyfrowej transmisji typu WPS-Ec.



Rys 1. Sposób zabudowy wkładek WPS-Ec



Foto 7. Wkładki WPS-Ec zabudowane w łączniku do zmiany długości lin (LW „Bogdanka”)

Wkładki uzyskały dopuszczenie WUG do stosowania w zawieszeniach górniczych wyciągów szybowych w marcu 2005r. z cechą WUG -15/05. Atestację wkładek pomiarowych przeprowadził Zakład Badań Atestacyjnych Centrum Mechanizacji KOMAG w Gliwicach. Badania wytrzymałościowe wykonano w Laboratorium Budownictwa Instytutu Budownictwa Politechniki Śląskiej.

Przeprowadzone badania potwierdziły, że elementy pomiarowe stosowane we wkładkach pomiarowych siły typu WPS-Ec charakteryzują się dużą odpornością na przeciążenia siłami ściskającymi. I tak, zarówno siła ściskająca 1500 kN odpowiadająca 10-krotnemu przeciążeniu nominalnemu czujnika, jak i siła ściskająca 2250 kN odpowiadająca 10-krotnemu ruchowemu naprężeniu statycznemu przypadającemu na pojedynczy element pomiarowy zastosowany w największym zawieszeniu (wielkość 6 dla sił do 450 kN) spowodowały (przewidywane przez konstruktora) trwałe odkształcenia czujnika. Jednak odkształcenia te nie powodują zniszczenia czujnika w zakresie jego funkcji jako wkładki dystansowej.[7]



Foto 8. Badane czujniki siły

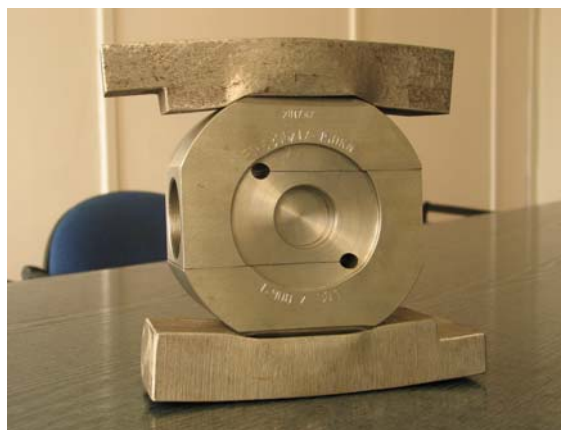


Foto 9. Czujnik siły i wkładki dystansowe po badaniach

Uzyskane wyniki badania dowodzą, że zastosowanie wkładek pomiarowych WPS-Ec nie pogarsza własności wytrzymałościowych zawieszek górniczych wyciągów szybowych i nie obniżają poziomu bezpieczeństwa eksploatowanych elementów górniczego wyciągu szybowego.[6]

Wykonywanie pomiarów, wyrównywanie obciążeń lin.

W II połowie 2004r. pracownicy firmy Temix wykonali 3 serie pomiarów sił w linach nośnych wyciągu szybowego S 1.3 w LW „Bogdanka” z wyrównaniem obciążeń. W 2004r. roku Firma Temix wykonała dla KHW KWK „Wesoła” komplet wkładek pomiarowych WPS-Ec wraz z przenośną aparaturą pomiarowo-rejestrującą oraz oprogramowaniem do graficznej wizualizacji sił w linach nośnych wyciągów górniczych. Pracownicy firmy uczestniczyli w zabudowie wkładek do zawieszek wyciągu oraz wykonali serie pomiarów i działań korygujących siły, W kwietniu 2005r. wykonali pomiary sił i wstępne wyrównywanie obciążeń lin wyciągu w KWK „Halemba”.

Wyrównywanie sił pomiędzy poszczególnymi linami wyciągu wielolinowego uzyskuje się poprzez zmianę długości lin oraz zmianę średnic przewijania lin na bębnie pędym maszyny. Działania te można podejmować na podstawie analizy rozkładu sił w linach na całej drodze przejazdu naczynia wydobywczego za pomocą odpowiedniego komputerowego programu do graficznej wizualizacji. Ważnym jest aby przejazd naczynia obejmował załadunek naczynia, ponieważ dostarcza istotnej informacji o ewentualnych różnicach w sztywności pomiędzy poszczególnymi linami (różnica w przyrostach sił w poszczególnych linach przed i po zasypaniu skipu).

W dużym uproszczeniu można założyć następujący sposób postępowania: gdyby wyrównać wartości sił w linach wyciągu w warunkach naczynia ustawionego w dolnej stacji załadunku wówczas w przypadku jednakowych sztywności lin oraz ich średnic przewijania na bębnie pędym maszyny siły powinny być także równe po wyjeździe naczynia na powierzchnię. Jeżeli wystąpią różnice sił należy skorygować te różnice poprzez zmianę średnicy przewijania - toczenie rowków linowych na bębnie pędym maszyny zgodnie z zasadami:

- toczenie należy rozpocząć od liny która ma największą wartość siły przy dojeździe naczynia na powierzchnię,
- głębiej należy toczyć rowek liny o większej sztywności.

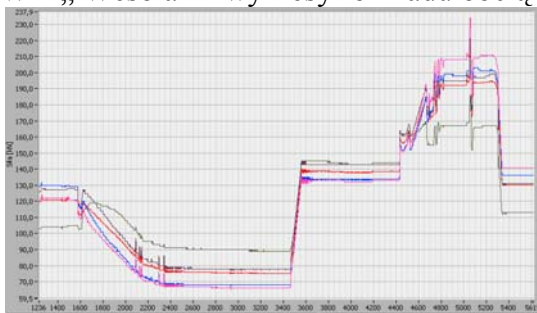
Zaleca się aby powyższe czynności prowadzić w sposób krokowy tzn. po każdym działaniu korygującym należy wykonać „przejazd kontrolny” naczynia (pełny cykl jazdy) z rejestracją sił w linach, następnie przeprowadzić ponowną analizę rozkładu sił w wyniku

podjętych działań i sprawdzić czy wyniki tych działań zbliżają do celu. Posiadane doświadczenie w wyrównywaniu sił pozwala na osiągnięcie celu w kilku (1÷3) krokach. Nie dotyczy to pierwszych działań na danym wyciągu. Przy braku doświadczenia największym problemem jest określenie głębokości toczenia rowków linowych. Przez obserwatorów działań są formułowane pytania czy głębokość zawiera się w granicach jednego czy kilku milimetrów. Doświadczenie w wykonywaniu korekcy sił w LW „Bogdanka”, KWK „Janina”, „Wesoła” „Halemba” wskazują, że wyraźne efekty uzyskuje się już po zdjęciu wióra o grubości ok. 0,2 ÷ 0,3 mm na wycinku obwodu bębna, który z reguły wykazuje kształt owalny.

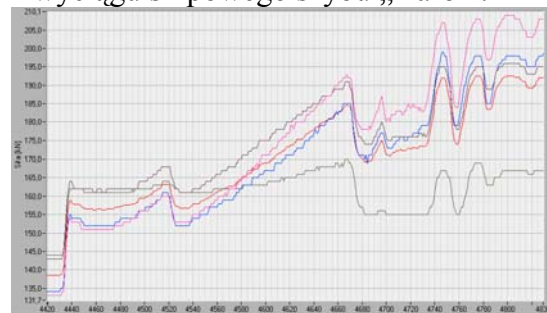
W mentalności pracowników szybowych brygad remontowych, ludzi z dużym stażem zawodowym panuje błędne przekonanie, że jeżeli zachodzi potrzeba toczenia rowków linowych to jedynie „na równo” i z reguły wyrażają zdecydowaną dezaprobatę dla w/w sposobu postępowania. Bezpośrednie i aktywne uczestnictwo oponentów w procedurze wykonywania pomiarów i korekcy a najbardziej efekt końcowy podejmowanych działań powoduje, że działania są przez nich zrozumiałe a oni sami stają się zwolennikami przyjętego sposobu wyrównywania sił. Znacznie łatwiej jest zrozumieć metodykę postępowania osobom dozoru z wyższym wykształceniem a najłatwiej uczestnikom studiów podyplomowych w zakresie eksploatacji wyciągów szybowych organizowanych przez KTL AGH.

Wynik podejmowanych czynności przedstawiają kolejne fragmenty wykresu zarejestrowanego cyklu jazdy naczynia - jazda naczynia do góry.

KWK „Wesoła” – wykresy rozkładu obciążeń lin wyciągu skipowego szybu „Karol”.



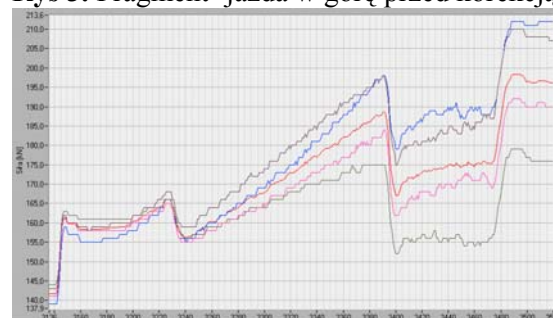
Rys 2. Pełny cykl jazdy



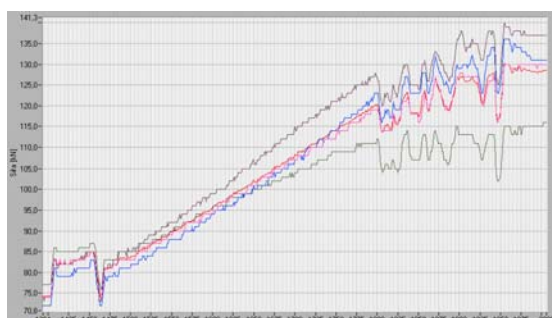
Rys 3. Fragment -jazda w górę przed korekcją



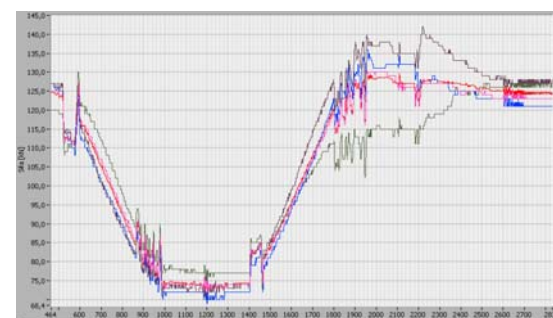
Rys 4. Wynik działania 1



Rys 5. Wynik działania 2



Rys 6. Wynik działania 3



Rys 7. Przejazd kontrolny, bez załadunku

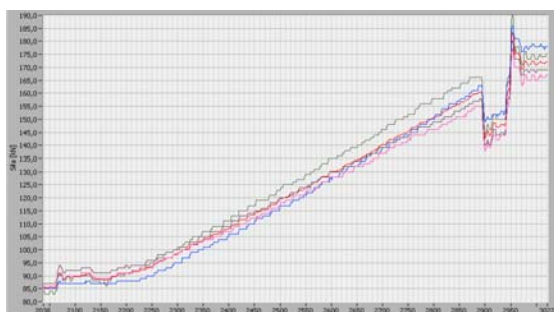
LW „Bogdanka” - wykresy rozkładu obciążeń lin wyciągu skipowego szybu S1.3



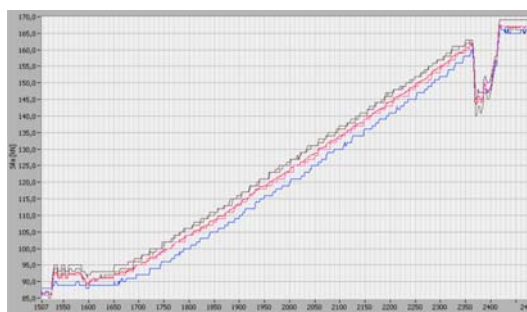
Rys 8. Pełny cykl jazdy



Rys 9. Fragment - jazda w górę przed korekcją

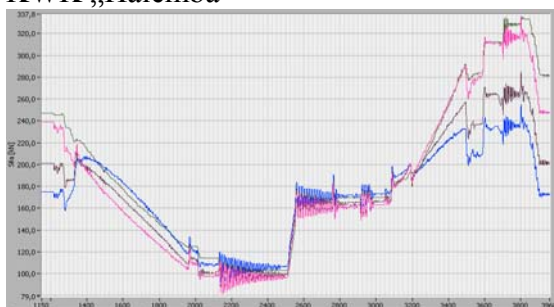


Rys 10. Wynik działania 1



Rys 11. Wynik działania 2

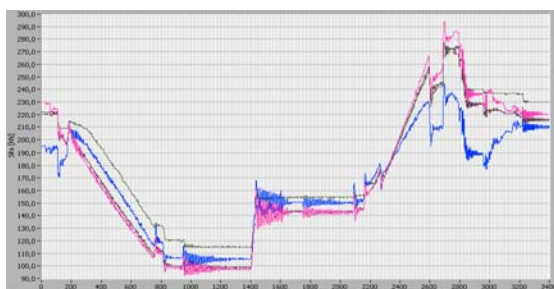
KWK „Halemba”



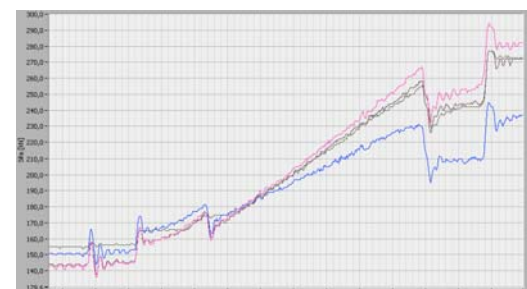
Rys 12. Pełny cykl jazdy przed korekcją



Rys 13. Jazda w górę przed korekcją



Rys 14. Cykl jazdy po działaniu 1



Rys 15. Wynik działania 1, jazda w górę

Wymagania przepisów

Zapis ust.1 § 478 rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002r. – Dz. U. Nr 139, poz. 1169 – w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych nakłada na użytkownika obowiązek utrzymania możliwie równomiernego rozkładu obciążenia lin nośnych wyciągów szybowych wielolinowych.

Natomiast zapis pkt 5.6.3. załącznika nr 4 pt. „Szczegółowe zasady prowadzenia ruchu w wyrobiskach” tego rozporządzenia zezwala na obniżenie współczynnika bezpieczeństwa z wartości 7 do 5 dla lin nośnych urządzeń technologicznych oraz lin przewodniczo-nośnych, pod warunkiem zapewnienia równomiernego naciągu lin sprawdzanego w ustalonych okresach.

Wykonywanie okresowych pomiarów wartości sił w linach realizowane jest z wykorzystaniem wkładek pomiarowych typu ESP-Ec oraz dodatkowego wyposażenia pomiarowego wraz z aparaturą rejestrującą na warunkach prowadzenia badań i pomiarów wielkości elektrycznych i nieelektrycznych (pkt 7.15. załącznika nr 4 do rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002r. – Dz. U. Nr 139, poz. 1169 – w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych). [8]

Natomiast ciągły monitoring wartości sił w linach jest realizowany z wykorzystaniem wkładek pomiarowych typu ESP-Ec oraz dodatkowego wyposażenia pomiarowego i sprzętu komputerowego stosowanych na warunkach odrębnej decyzji Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego dopuszczającej to dodatkowe wyposażenie i sprzęt do stosowania w zakładach górniczych. [8]

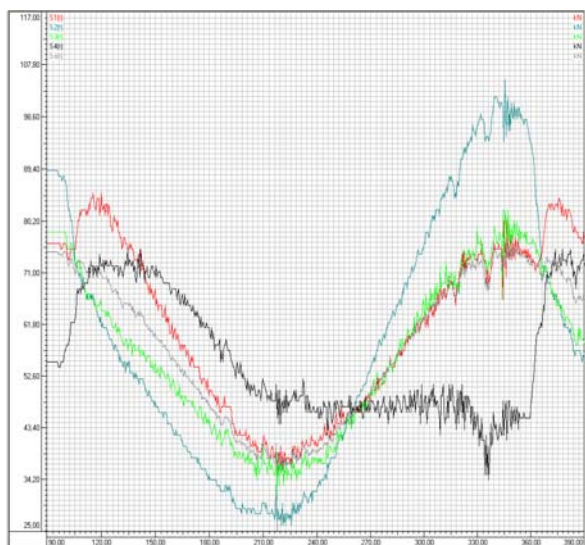
Poniżej zostały opisane doświadczenia eksploatacyjne wynikające ze stosowania wkładek pomiarowych siły WPS-Ec, przenośnej aparatury do pomiaru i rejestracji sił wraz z oprogramowaniem do graficznej wizualizacji. z o.o. jako środka technicznego - narzędzia do spełnienia wymagań powyższych zapisów, w całości produktu firmy Temix Sp. z o.o.

Doświadczenia eksploatacyjne.

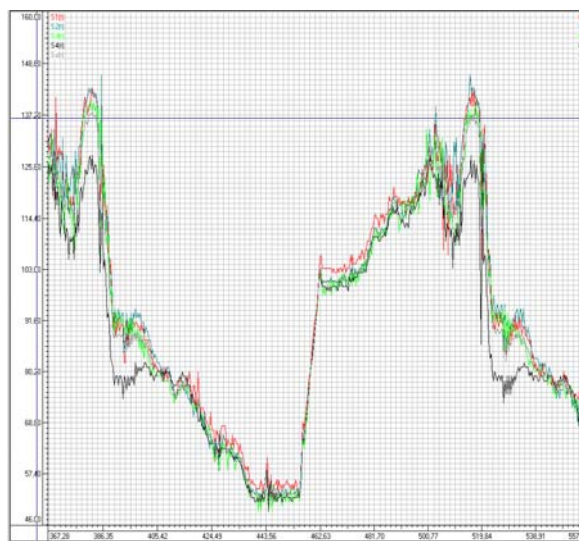
Ciągła eksploatacja wkładek pomiarowych siły (od 1988r. do chwili obecnej) zabudowanych w wyciągu szybowym szybu RII w KGHM S.A. o/ZG „Rudna” potwierdza deklarowaną przez producenta trwałość tych wkładek. Doświadczenia eksploatacyjne wynikające ze stosowania urządzeń do pomiaru sił i wykonywanych korekcji sił w linach nośnych wyciągów górniczych z wielopunktowym zawieszeniem naczyń w ZG „Rudna” zawiera literatura [5].

Doświadczenia eksploatacyjne służb szybowych w KHW KWK „Wujek”, KWK „Wesoła”, KWK „Halemba” po zastosowaniu wkładek pomiarowych siły i wyrównywaniu obciążeń w wyniku prowadzonych okresowych pomiarów sił w linach nośnych wyciągów wielolinowych z dźwigniami wyrównawczymi wskazują na znacznie większą skuteczność tego sposobu wyrównywania obciążeń, niż z założenia miały to zapewnić dźwignie wyrównawcze.

Szyb „Lechia” w KWK „Wujek”.



Rys 13. Rozkład obciążeń lin wyciągu w bez korekcji sił w linach wyciągu



Rys 14. Rozkład obciążeń lin wyciągu w wyniku prowadzonych okresowych pomiarów i korekcji

Zastosowanie systemu monitoringu obciążenia lin przewodniczych i przewodniczo-nośnych w szybie głębionym znacznie usprawniło czynności przestawiania pomostu i znacząco przyczyniło się do poprawy bezpieczeństwa. Bardzo ważnym aspektem ekonomicznym dla inwestora była możliwość obniżenia współczynnika bezpieczeństwa dla lin przewodniczo-nośnych z wartości 7 do wartości 5.

Znaczne (ok. 30%) zmniejszenie zużycia elementów przewodnic tocznych naczyń wydobywczego szybu S 1.3 w LW „Bogdanka” po wykonaniu w II połowie 2004r. serii pomiarów sił i wyrównaniu obciążeń lin nośnych wyciągu.

Podsumowanie

Wyrównywanie sił w linach prowadzi, przede wszystkim, do podniesienia poziomu bezpieczeństwa ich eksploatacji i równocześnie do:

- równomiernego zużycia eksploatowanego kompletu lin wyciągu, a więc i przedłużenia okresu stosowania lin,
- poprawy jakości prowadzenia naczyń wydobywczych, co bezpośrednio przekłada się na zmniejszenie zużycia elementów przewodnic tocznych naczyń, a w dłuższym czasie również przewodników szybowych i przedłużenie okresu ich eksploatacji.

Stosowanie wkładek pomiarowych siły typu WPS-Ec oraz dodatkowego wyposażenia pomiarowego wraz z aparaturą rejestrującą i programem do graficznej wizualizacji rozkładu sił w linach na drodze przejazdu naczyń oznacza użycie dodatkowego środka bezpieczeństwa podczas eksploatacji lin wyciągów szybowych o szerokich możliwościach do wykorzystania. Środek ten wraz stanowi praktyczne, dotychczas powszechnie nie stosowane narzędzie. Właściwe wykorzystanie tego narzędzia przez szybowe służby utrzymania ruchu, odpowiedzialne za bezpieczeństwo ruchu górniczych wyciągów szybowych, umożliwia zmniejszanie ryzyka i eliminację zagrożeń, które mają swoje źródło w zróżnicowaniu wartości sił w linach wyciągów szybowych. [6]

Literatura:

1. Urząd Patentowy PRL. Świadczenie autorskie o dokonaniu wynalazku „Układ do kontroli sił w linach nośnych wielolinowych urządzeń wyciągowych” Tadeusz Wróbel jako współtwórca, Opis patentowy 153 748. Zgłoszono w dniu 86.02.13
2. Urząd Patentowy PRL. Świadczenie autorskie o dokonaniu wynalazku „sposób korygowania sił w linach nośnych wielolinowego urządzenia wyciągowego” Tadeusz Wróbel jako współtwórca, Opis patentowy 155 060 . Zgłoszono w dniu 87.06.24
3. Urząd Patentowy PRL. Świadczenie autorskie o dokonaniu wynalazku „Układ do bezprzewodowego ładowania akumulatorów” Tadeusz Wróbel jako współtwórca. Opis patentowy 157 643. Zgłoszono w dniu 89.06.05
4. Płachno M. Rozwój urządzeń i metod do wyrównywania obciążeń lin nośnych wielolinowych wyciągów górniczych. Zeszyty Naukowo-Techniczne nr 23 z 2001r. KTL-AGH Kraków.
5. Stępień J., Łowkis Z., Płachno M.: Doświadczenia z pomiarów i wyrównywania sił w linach nośnych wielolinowych wyciągów górniczych eksploatowanych w szybach ZG Rudna. Zeszyty Naukowo-Techniczne nr 23 z 2001r. KTL-AGH Kraków.
6. Opinia nr 28/O/2005 Zakładu Badań Atestacyjnych Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG - Wkładki pomiarowe siły typu WPS-Ec do zawiesznień górniczych wyciągów szybowych, Gliwice 2005r.
7. Badania wytrzymałościowe wkładek pomiarowych WPS-Ec do zawiesznień górniczych wyciągów szybowych. Laboratorium Budownictwa Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004r.
8. Dokumentacja Techniczno-Ruchowa DTR 1-12/04 - Wkładka pomiarowa siły WPS-Ec do zawiesznień górniczych wyciągów szybowych. TEMIX Sp. z o.o., Żarki 2004r.
9. Opinia Techniczna nr 01/23 Zakładu Atestacji Centrum Elektryfikacji i Automatyzacji Górnictwa EMAG „Wyposażenie elektryczne układu do pomiaru obciążeń lin nośnych pomostów wiszących typu SMO/UPSL-01”. Katowice październik 2001r.
10. Dokumentacja Techniczna, Dokumentacja Techniczno-Ruchowa, WTO „Wyposażenie elektryczne układu do pomiaru obciążeń lin nośnych pomostów wiszących typu SMO/UPSL-01”. wrzesień 2001r.
11. Opinia Techniczna nr 03/09 Zakładu Atestacji Centrum Elektryfikacji i Automatyzacji Górnictwa EMAG „Układ do pomiaru obciążeń lin nośnych górniczych wyciągów szybowych typu SMO/UPSL-02”. Katowice marzec 2003r.
12. Dokumentacja Techniczna, Dokumentacja Techniczno-Ruchowa, WTO „Układ do pomiaru obciążeń lin nośnych górniczych wyciągów szybowych typu SMO/UPSL-02”. październik 2002r.