Górnictwo i Geoinżynieria • Rok 35 • Zeszyt 3/1 • 2011

Zbigniew Mizerski[*], *Matthias Gnilke*[**]

NOWY NAPĘD KOŁA CZERPAKOWEGO NA KOPARKACH KOŁOWYCH SRS 2000 W O/BEŁCHATÓW

1. Wprowadzenie

W polskiej kopalni odkrywkowej węgla brunatnego „Bełchatów" w latach 1980–1984 wprowadzono do ruchu pięć koparek kołowych typu SRs 2000. Dostawcą tych maszyn była firma TAKRAF Lauchhammer. Po około 25-letnim okresie eksploatacji, w latach od 2008 do 2010, zmodernizowano zespół urabiający na wszystkich pięciu maszynach.

W wyniku bardzo szczegółowej analizy dokonanej na bazie doświadczeń eksploatacyjnych inżynierowie z bełchatowskiej kopalni zidentyfikowali słabe punkty oryginalnych rozwiązań w zakresie napędów. Na tej podstawie wspólnie z producentem maszyn pracowano nad koncepcją nowych rozwiązań. Inżynierowie z firmy TAKRAF mogli wnieść w te prace swe doświadczenia zebrane w trakcie zrealizowanych projektów modernizacyjnych. Nowe komponenty maszyn bazują na rozwiązaniach sprawdzonych w wymiarze praktycznym w długim przedziale czasu.

2. Przekładnia koła czerpakowego

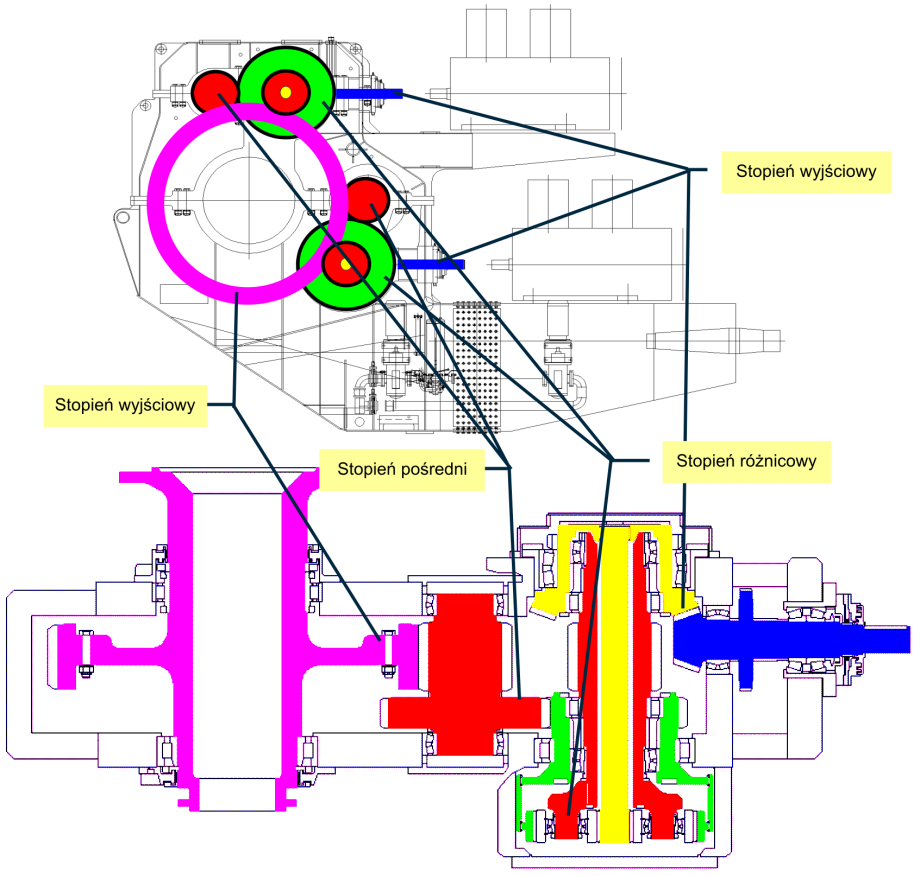
Trzon modernizowanego zespołu stanowi, jedna z typoszeregu przekładni TAKRAF, nowa przekładnia koła czerpakowego 2 × 500 kW poddawanych ciągłym procesom innowacyjnym. Przekładnie kompaktowe tego typu skonstruowano głównie z myślą o ich zastosowaniu w kopalniach odkrywkowych, a obejmują one zakres mocy od 500 do 2500 kW. Dotychczas na całym świecie pracuje ok. 35 takich przekładni. Zęby są hartowane i szlifowane. Dodatkowo poprzez zastosowanie planetarnego mechanizmu różnicowego realizo-

[*] Oddział KWB Bełchatów, PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna SA, Rogowiec
[**] TAKRAF GmbH, Lauchhammer, Germany

wany jest rozdział mocy. W wyniku tego rozwiązania nowa przekładnia stała się bardziej zwarta i jest o wiele lżejsza od starej. Mocno obniżono stopień zużycia uzębień.

Rys. 1. Zespół urabiający (koło czerpakowe) SRs 2000 stare — nowe

W efekcie ukierunkowanej optymalizacji uzębień oraz korpusu przekładni znacznie zredukowano również poziom emisji hałasu. Stopnie wejściowe przekładni są wykonane jako stopnie stożkowe. Ponieważ silniki napędowe mogą być usytuowane wzdłużnie względem wysięgnika urabiającego poprawie ulegają warunki urabiania. Równocześnie odciążany jest korpus przekładni.



Rys. 2. Zasada działania przekładni koła czerpakowego z dwoma silnikami

Konstrukcja z zastosowaniem mechanizmu różnicowego w konfrontacji ze standardowymi przekładniami planetarnymi, w których stopnie wyjściowe są stopniami planetarnymi, wykazuje wiele atutów:

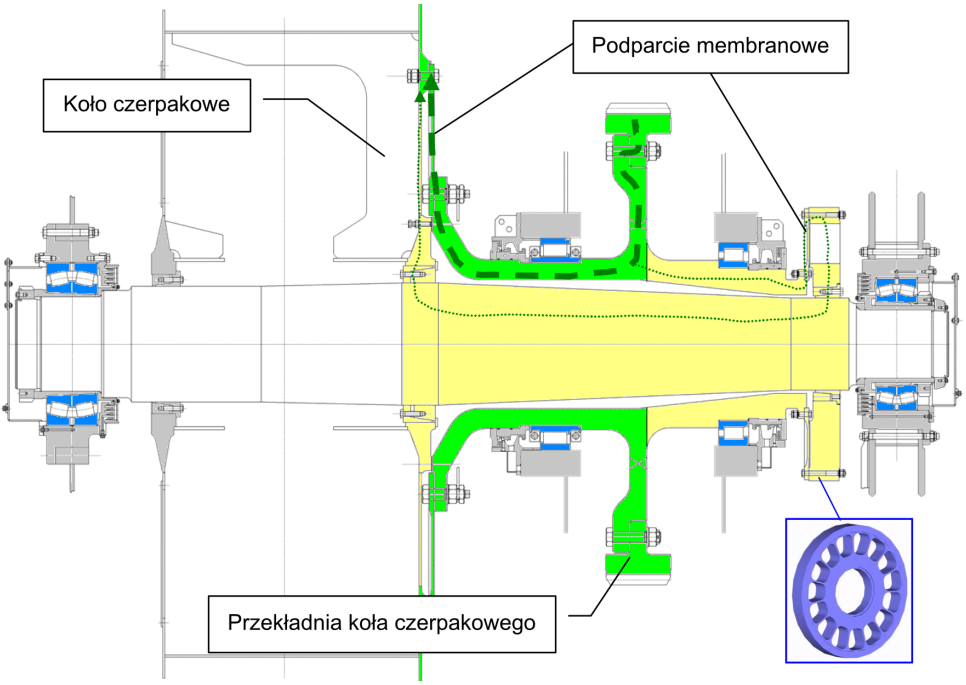
— stopień planetarny jest relatywnie mały, co obniża koszty części zamiennych,
— stopień wyjściowy jest zwykłym stopniem z kołem czołowym z solidnym, kutym wałem drążonym,
— korpus o konstrukcji skrzynkowej zapewniający sztywność zabezpieczającą przed skręcaniem (zwichrowaniem); łożyska wałów usytuowane bezpośrednio w ścianach obudowy; w ścianach obudowy nie występują żadne ułożyskowania pośrednie.

Na niezawodność eksploatacyjną ogromny wpływ ma również optymalne smarowanie realizowane poprzez bardzo sprawny (wydajny) i nie wymagający szczególnych zabiegów

konserwacyjno-serwisowych układ instalacji olejowej. Uwzględniające specyfikę górniczą rozwiązania zapewniają niezawodne i nie wymagające dużych zabiegów konserwacyjno-remontowych uszczelnienia wałów i korpusu. Ważne funkcje zespołu są nadzorowane przez czujniki. Do prowadzenia prac remontowych włączono w przekładnię ręcznie załączany napęd pomocniczy. Wszystkie przekładnie firmy TAKRAF przed wysyłką przechodzą w zakładzie kilkudniowe próby przy uwzględnieniu właściwego obciążenia (częściowego).

3. Ułożyskowanie koła czerpakowego i podparcie przekładni

Moment obrotowy przenoszony jest tak jak dotychczas poprzez tarczę membranową z przekładni na koło czerpakowe. Nowością jest podparcie na wale koła czerpakowego poprzez drugą tarczę membranową. (rys. 3). To opatentowane rozwiązanie zastępuje dotychczasową, obarczoną jednakże awaryjnością tuleję wsporczą i sprawdziło się ono już na wielu koparkach. Zoptymalizowany układ smarowania oraz zmodyfikowane, wielowarstwowe uszczelnienie tworzą ważne czynniki wpływające na wydłużoną żywotność łożysk koła czerpakowego. Zmodyfikowano również układ podparcia napędu w stalowej konstrukcji nośnej. Dotychczas stosowane łożysko przesuwne zastąpiono drążkiem łącznikowym z łożyskami przegubowymi. To rozwiązanie nie wymaga czynności regulacyjnych.



Rys. 3. Podparcie membranowe przekładni koła czerpakowego

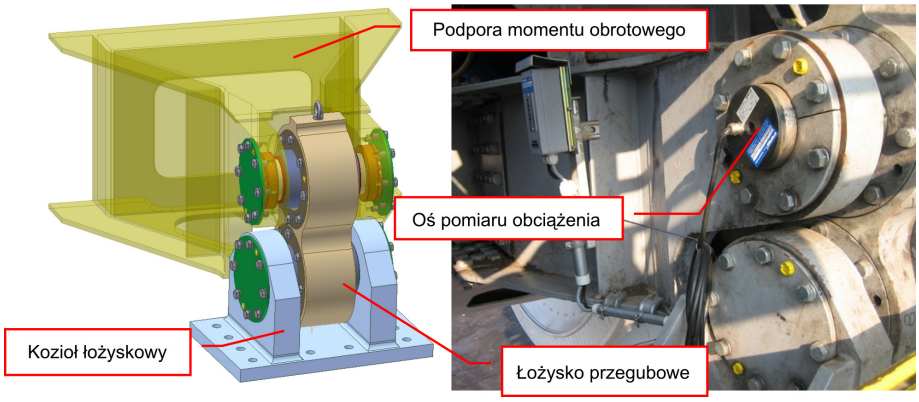
4. Zabezpieczenie przed przeciążeniem

Mając na względzie trudne warunki urabiania na nowej odkrywce Szczerców zaprojektowano wielostopniowe zabezpieczenie przed przeciążeniem składające się z elementów biernych i aktywnych. Podstawowa ochrona polega na ograniczeniu wartości prądu silników napędowych oraz zastosowanie zabezpieczenia mechanicznego w postaci sprzęgła poślizgowego (sprzęgło cierne dwustożkowe), usytuowanego między silnikiem a przekładnią. Elementy tego zabezpieczenia podstawowego reagują po wystąpieniu przeciążenia na sprzęgle bądź na silniku. W ten sposób skutecznie zabezpieczane są przypadki przeciążeń związane z relatywnie wolnym przyrostem obciążenia. W szczególnie trudnych warunkach geologicznych na napęd koła czerpakowego działają obciążenia o charakterze uderzeniowym, (udarowym), o objawach częściowo podobnych do stanu zblokowania. Duża bezwładność silnika i sprzęgła powodują „wygładzenie" pików obciążeniowych na silniku, podobnie jak to ma miejsce w przypadku koła zamachowego. Stąd też tego rodzaju przeciążenia notowane na kole czerpakowym są aktywne dopiero z pewnym opóźnieniem i przy swego rodzaju przeciążeniowym zdławieniu silnika. Układ zabezpieczenia podstawowego chroni koło czerpakowe i przekładnię w tego typu sytuacjach w stopniu niedostatecznym.

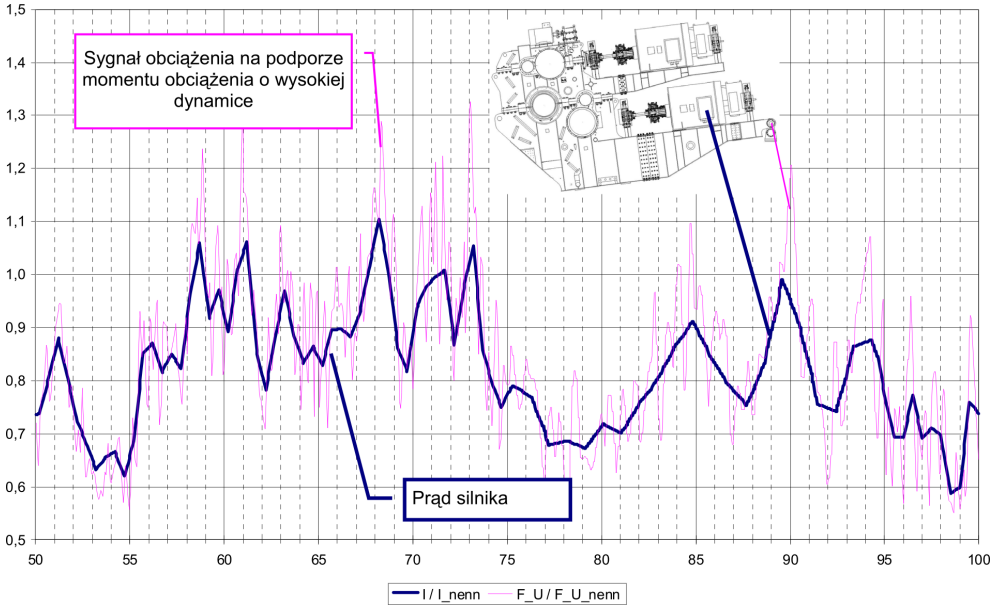
W tym obszarze firma TAKRAF prowadziła rozległe teoretyczne i praktyczne badania. Poddano również analizie liczne publikacje polskich i niemieckich instytutów badawczych.

Przy silnych uderzeniach lub blokadzie dochodzi do właściwego obciążenia przekładni poprzez energię skumulowaną w masach wirujących silnika. Silnik jak „koło zamachowe" nabiega na zablokowane koło czerpakowe. Obciążenie przekładni i koła czerpakowego można zredukować tylko wtedy, gdy masa wirująca silnika tak szybko jak to możliwe zostanie odłączona od przekładni.

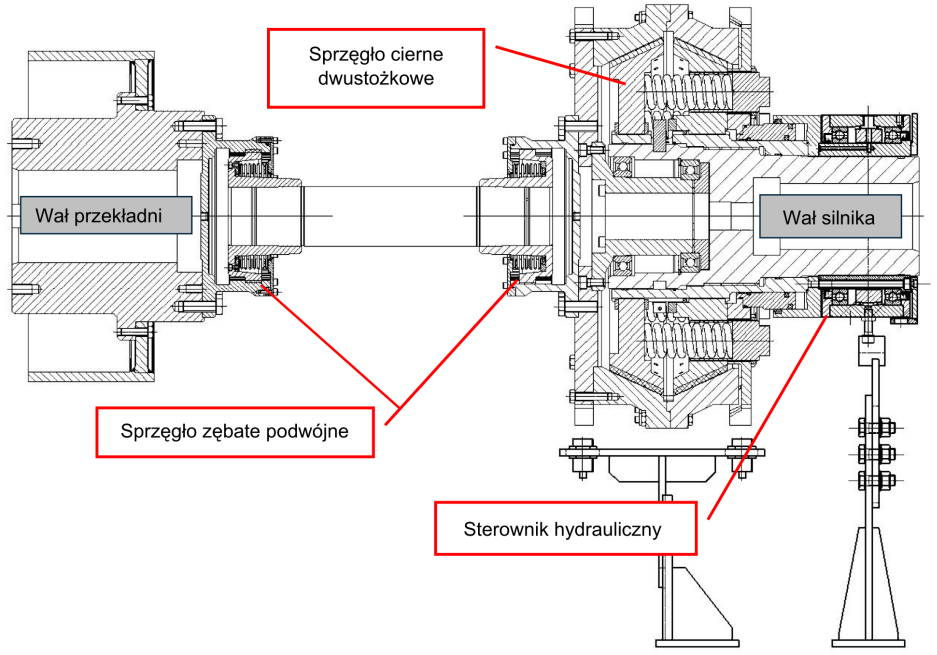
W celu możliwie wczesnego rozpoznania przeciążenia dokonuje się pomiaru obciążenia na podporze momentu obrotowego za pomocą osi pomiarowej obciążenia (rys. 4). Przytoczone powyżej badania wykazały, że to miejsce doskonale się do tego nadaje (rys. 5).



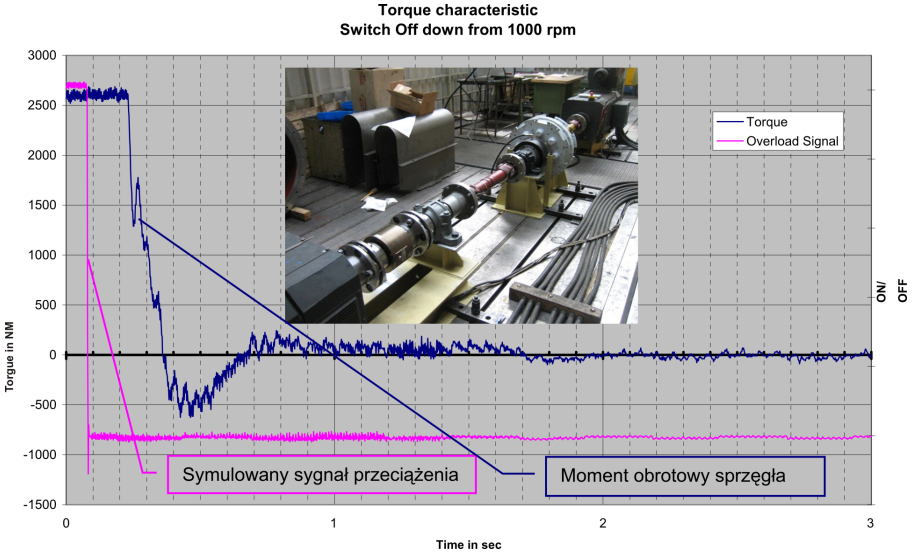
Rys. 4. Podparcie przegubowe napędu z osią pomiaru obciążenia



Rys. 5. Pomiar obciążenia na silniku i podporze momentu obrotowego

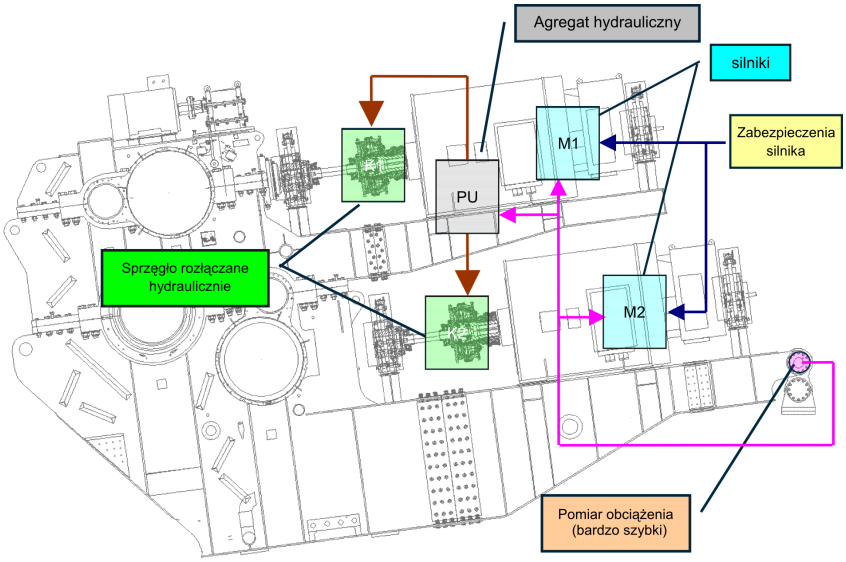


Rys. 6. Budowa załączanego sprzęgła ciernego dwustożkowego



Rys. 7. Test na stacji prób załączanego sprzęgła ciernego dwustożkowego

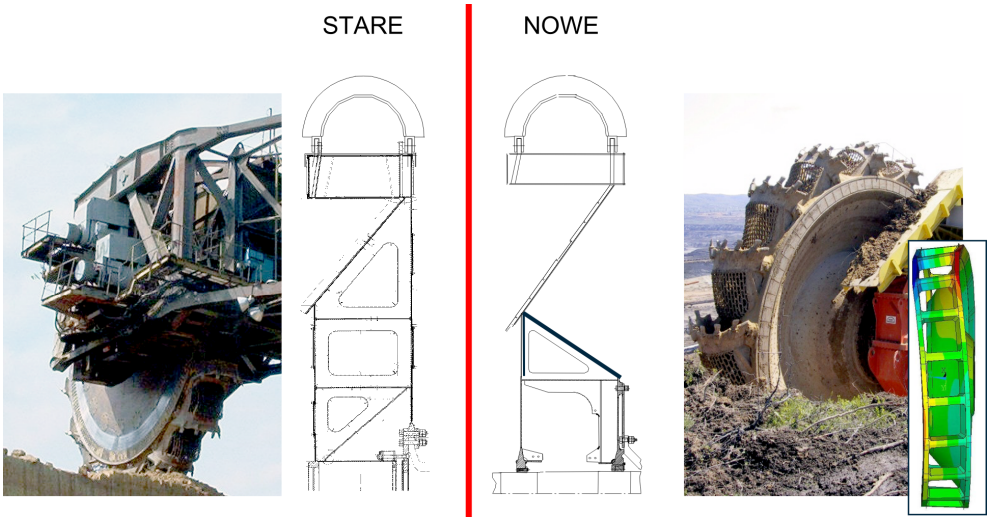
Na ilustracji 8 przedstawiono schematycznie koncepcję zabezpieczenia przeciążeniowego. Opisany, wielostopniowy system jest tak skonfigurowany, że przy awarii elementów aktywnych (czujniki, hydraulika) w każdym przypadku sprzęgło poślizgowe jako zabezpieczenie podstawowe pozostaje w funkcji pracy (działa).



Rys. 8. Wielostopniowe zabezpieczenie przeciążeniowe napędu koła — zasada

5. Koło czerpakowe

Wraz z wymianą napędu wymieniono również koło czerpakowe. Poprzez nową konstrukcję jednośrodnikową ułatwiona jest znacznie wymiana części zużywających się oraz znacznie ułatwiony jest dostęp do konstrukcji. Zsuwnia nadawowa koła czerpakowego jest wyposażona od czoła w hydraulicznie uruchamianą klapę. Za jej pomocą przez układ rewersji można łatwiej usuwać z taśmy ponadwymiarowe bryły względnie kamienie.



Rys. 9. Nowe koło czerpakowe w porównaniu ze starą konstrukcją (schematycznie)

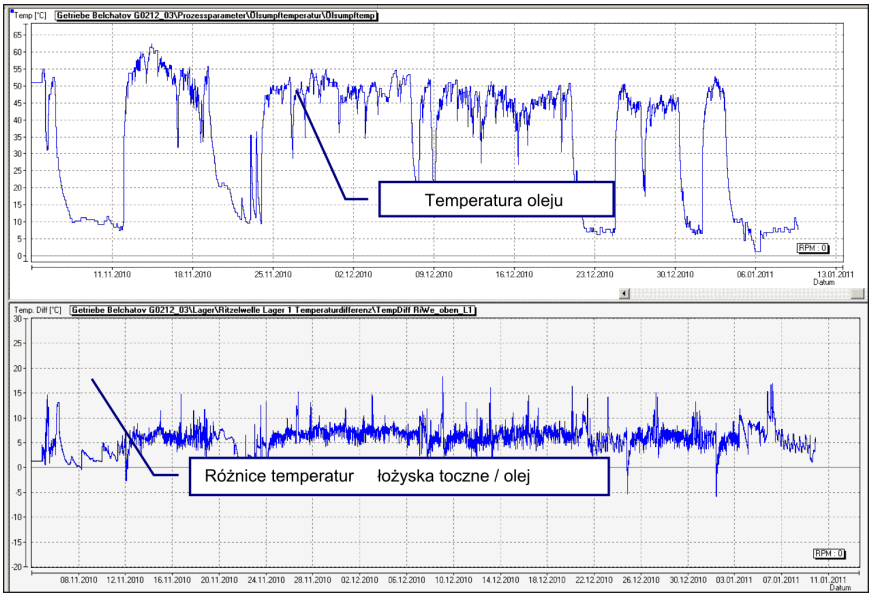
Rys. 10. Montaż nowego zespołu koła czerpakowego (na dole stara przekładnia)

6. Realizacja projektu

Część inżynieryjno-projektową programu modernizacyjnego zrealizowano w firmie TAKRAF przy ścisłej konsultacji z Kopalnią. Wykonawstwo niezbędnych zespołów zrealizowano w ramach kooperacji między warsztatami TAKRAF Lauchhammer i Kopalni „Bełchatów". Prace montażowe zostały wykonane przez Kopalnię przy wsparciu specjalisty ds. nadzoru firmy TAKRAF. W toku końcowych prób w sposób pewny osiągnięto zakładane wydajności.

7. Serwis (inspekcja)

W ramach kontraktu na dostawę uzgodniono również usługi serwisowe w zakresie przekładni koła czerpakowego. Specjaliści firmy TAKRAF dokonują na miejscu w ustalonych cyklach przeglądów inspekcyjnych. Na podstawie list czynności serwisowych, rozpoczynając od pracy próbnej w zakładzie, systematycznie zbierano ważne informacje dodatkowe z ich protokołowaniem w dokumentacji pracy maszyny. Za pomocą przebiegu trendów można wcześniej rozpoznać odchyłki i zminimalizować szkody w następstwie. W uzupełnieniu do przeglądów inspekcyjnych, przy pomocy jednego zainstalowanego na przekładni na stałe systemu diagnostycznego online, kontrolowano trendy ważniejszych parametrów roboczych. Zaliczamy do nich np. temperaturę łożysk, ciśnienie oleju, trendy obciążeń, przypadki przeciążeń i charakterystyka drgań.



Rys. 11. Przykład diagnostyki online — kwalifikowana kontrola temperatury

8. Podsumowanie

W październiku 2010 r. wraz z uruchomieniem piątej koparki z sukcesem ukończono program w zakresie projektu modernizacyjnego. Biorąc pod uwagę doświadczenia eksploatacyjne z dwóch pierwszych lat eksploatacji maszyn można stwierdzić, że cele postawione przed programem modernizacyjnym zostały osiągnięte.