

Modernizacja mechanizmu napędu układu urabiania koparek wielonaczyniowych kołowych

Jerzy Alenowicz, Marian Wygoda

Układy urabiania koparek kołowych górnictwa odkrywkowego są zespołami najbardziej narażonymi na zużycie i awarie w stosunku do pozostałych zespołów koparek ze względu na oddziaływanie na nie największych obciążeń dynamicznych często o charakterze uderowym (np. uderzenia czerpaków o kamienie). Stąd też są zespołami poddawanyymi stosunkowo często remontom, wymianom i modernizacjom. W zespołach tych najczęściej modernizowany jest podzespół napędu koła czerpakowego. Mechanizmy napędu kół czerpakowych koparek eksploatowanych w krajowych kopalniach odkrywkowych węgla brunatnego zaczęto modernizować na początku lat 80. XX w. w Kopalni Węgla Brunatnego „Turów” ze względu na rozpoczęcie eksploatacji utworów bardzo trudno urabialnych o jednostkowych liniowych oporach urabiania K_L znacznie przekraczających 100 kN/m.

W niniejszym artykule przedstawiono stan dotychczasowy oraz działania modernizacyjne podejmowane w odniesieniu do mechanizmów napędów kół czerpakowych koparek wielonaczyniowych kołowych eksploatowanych w krajowych kopalniach odkrywkowych węgla brunatnego.

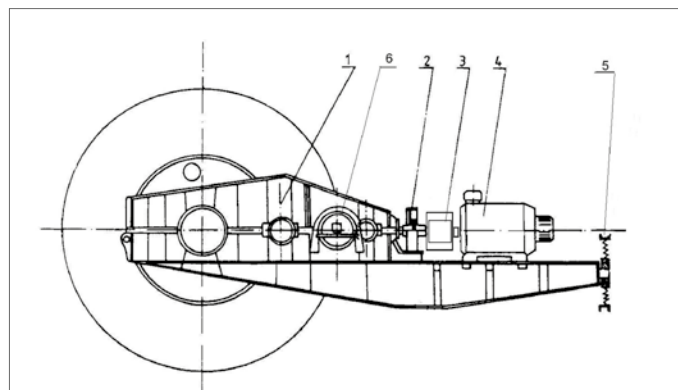
Stan dotychczasowy

Do końca lat 70. XX w. wszystkie koparki wielonaczyniowe kołowe eksploatowane w krajowych kopalniach węgla brunatnego pochodziły z importu z Niemiec. Były one projektowane na tamtejsze warunki górniczo-geologiczne, które ze względu na brak oddziaływania na tym terenie lodowców są znacznie łatwiejsze od warunków występujących w krajowych kopalniach

Streszczenie: Przedstawiono stan dotychczasowy oraz przyczyny dotyczące podejmowania działań modernizacyjnych mechanizmów napędów układów urabiania koparek wielonaczyniowych kołowych eksploatowanych w krajowych kopalniach odkrywkowych węgla brunatnego. Podano szczegółowe zakresy modernizacji mechanizmów napędów układów urabiania koparek kołowych KWK 1400, SchRs 1200, KWK 1500 w KWB „Turów”. Przedstawiono zakresy modernizacji mechanizmów napędów układów urabiania koparek kołowych eksploatowanych w pozostałych krajowych kopalniach odkrywkowych węgla brunatnego. Zaprezentowano korzyści wynikające z powyższych działań oraz wykazano celowość ich kontynuacji.

MODERNIZATION OF DRIVING GEAR OF DIGGING SYSTEM OF BUCKET WHEEL EXCAVATORS

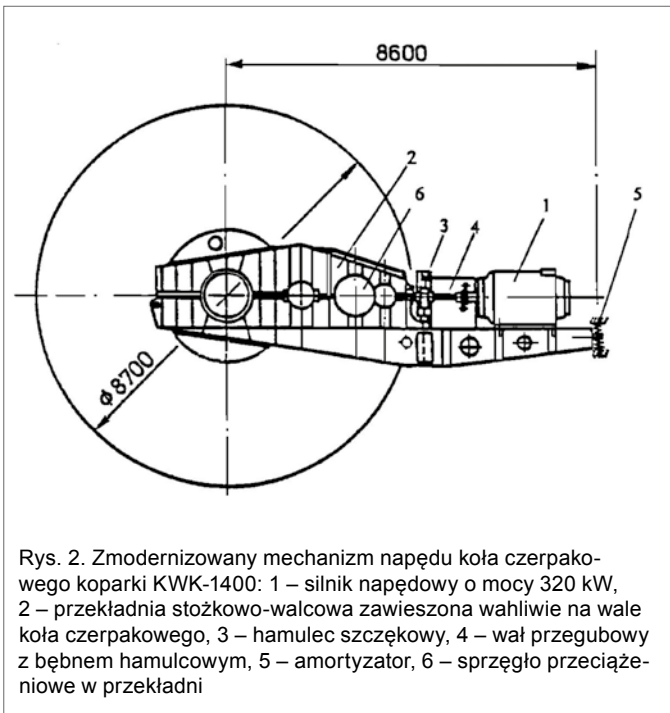
Abstract: State of the art and reasons of undertaken activities of modernization of driving gear of digging systems of bucket wheel excavators operating in national brown coal opencast mines have been discussed in the paper. Detailed scopes of modernization of driving gear of digging systems of KWK 1400, SchRs 1200, KWK 1500 bucket wheel excavators in Turów Brown Coal Mine have been presented. Scopes of modernization of driving gear of digging systems of bucket wheel excavators exploited in other domestic brown coal opencast mines have been indicated. Benefits of above mentioned activities have been presented and advisability of their continuation has been pointed out.



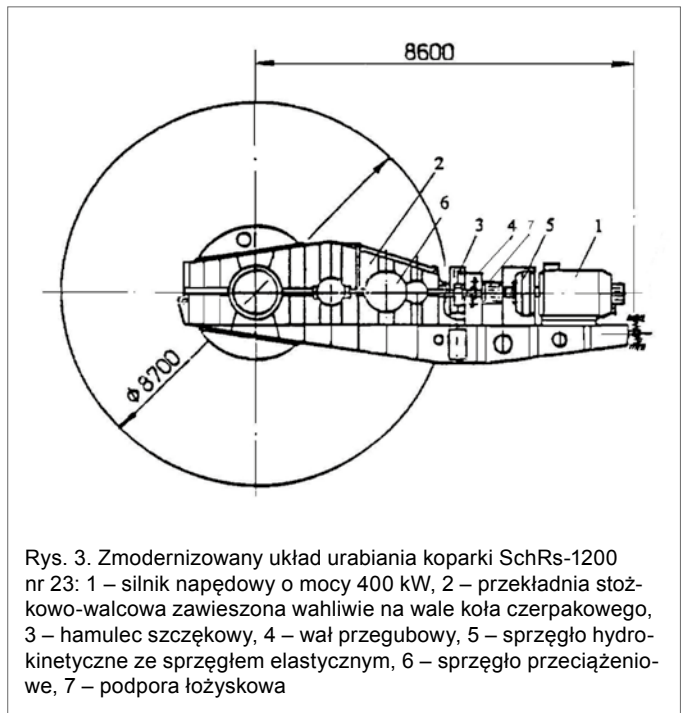
Rys. 1. Mechanizm napędu koła czerpakowego przed modernizacją na koparce wielonaczyniowej kołowej: 1 – przekładnia, 2 – hamulec, 3 – sprzęgło elastyczne, 4 – silnik elektryczny, 5 – amortyzator, 6 – sprzęgło przeciążeniowe w przekładni

odkrywkowych. Skutkowało to tym, że koparki te, a zwłaszcza ich mechanizmy napędu kół czerpakowych ulegały częstym awariom oraz stosunkowo szybkiemu zużyciu. Na rys. 1 przedstawiono typowy mechanizm napędu koła czerpakowego koparki kołowej pochodzącej z importu z Niemiec. Mechanizm ten składał się z następujących elementów:

- silnika elektrycznego;
- przekładni zębataj walcowo-stożkowej z wbudowanym sprzęgłem przeciążeniowym (przeważnie ciernym wielopłytkowym), zawieszanej wahliwie na wale koła czerpakowego i podpartej za pomocą sworznia osadzonego w podstawie silnika (podstawa pod silnik była połączona z przekładnią) i w specjalnym amortyzatorze wbudowanym w konstrukcję stalową wysięgnika urabiającego;
- hamulca;
- sprzęgła elastycznego pomiędzy silnikiem a przekładnią.



Rys. 2. Zmodernizowany mechanizm napędu koła czepakowego koparki KWK-1400: 1 – silnik napędowy o mocy 320 kW, 2 – przekładnia stożkowo-walcowa zawieszona wahliwie na wale koła czepakowego, 3 – hamulec szczękowy, 4 – wał przegubowy z bębnum hamulcowym, 5 – amortyzator, 6 – sprzęgło przeciążeniowe w przekładni



Rys. 3. Zmodernizowany układ urabiania koparki SchRs-1200 nr 23: 1 – silnik napędowy o mocy 400 kW, 2 – przekładnia stożkowo-walcowa zawieszona wahliwie na wale koła czepakowego, 3 – hamulec szczękowy, 4 – wał przegubowy, 5 – sprzęgło hydrokinetyczne ze sprzęgłem elastycznym, 6 – sprzęgło przeciążeniowe, 7 – podpora łożyskowa

Modernizacja mechanizmów napędów kół czepakowych koparek KWK 1400, SchRs 1200, KWK 1500

Jak wspomniano we wstępie, modernizacja mechanizmów napędów kół czepakowych koparek kołowych eksploatowanych w krajowych kopalniach odkrywkowych węgla brunatnego zapoczątkowana została w KWB „Turów”. Pierwszym zmodernizowanym mechanizmem napędu koła czepakowego był mechanizm, który zastosowano na pierwszej polskiej koparce kołowej KWK 1400 [1]. Składał się on z następujących elementów (rys. 2):

- przekładni KWK 1400-240 o mocy $N = 320$ kW i masie 20 Mg;
- silnika SZUc 196t spec 3 o mocy $N = 320$ kW na napięcie 6000 V;
- podstawy pod silnik połączonej z przekładnią;
- wału przegubowego z bębnum hamulcowym $D_h = 500$ mm;
- hamulca szczękowego o momencie hamowania $M_h = 2500$ Nm;
- amortyzatora.

Zasadniczą różnicą pomiędzy powyższym układem a układami dotychczasowymi było zastosowanie wału przegubowego łączącego silnik z przekładnią, co umożliwiło znaczne zwiększenie tolerancji ustawienia silnika w stosunku do przekładni.

Kolejną koparką, na której zastosowano zmodernizowany układ urabiania, była koparka SchRs-1200 K-23. Układ ten był zbliżony pod względem budowy do układu zastosowanego na koparce KWK 1400. Następnie podczas II etapu modernizacji na koparce K-23 zastosowano kolejną wersję układu urabiania ze sprzęgłem hydrokinetycznym [2] (rys. 3).

Układ składał się z następujących elementów:

- przekładni KC 433-190 zębatej pięciostopniowej stożkowo-walcowej z wbudowanym sprzęgłem przeciążeniowym o mocy $N = 400$ kW i masie 21 Mg;
- silnika SZUc 196t spec 5 o mocy $N = 400$ kW na napięcie 500 V;
- wału przegubowego z bębnum hamulcowym $D_h = 500$ mm;

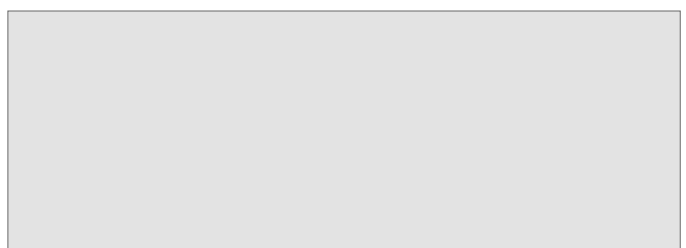
- hamulca szczękowego o momencie hamowania $M_h = 2500$ Nm;
 - podpory łożyskowej;
 - sprzęgła hydrokinetycznego typu SHPR-866 wraz ze sprzęgłem elastycznym;
 - podstawy pod silnik połączonej z przekładnią.
- Do najistotniejszych nowości tak zmodernizowanego mechanizmu napędu należało:

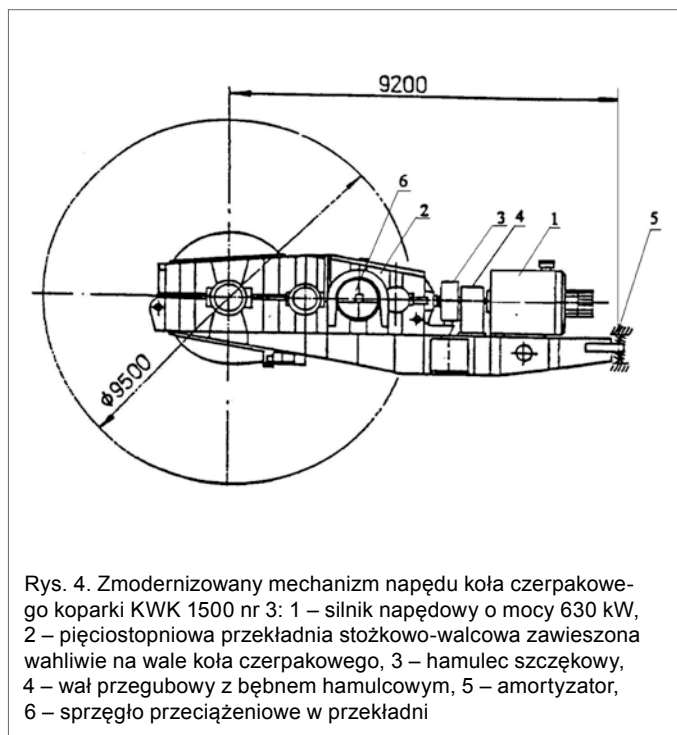
- zastosowanie sprzęgła hydrokinetycznego, co pozwoliło na ograniczenie wielkości obciążeń dynamicznych, a tym samym na likwidację amortyzatora;
- zastosowanie zmodernizowanej przekładni KC 433-190 o przełożeniu $u = 190$, co umożliwiło zwiększenie wydajności koparki;
- połączenie wału koła czepakowego i przekładni za pomocą tarczy zaciskowej TZ 530 (typ Stüwe), co znacznie ułatwiło montaż i demontaż przekładni.

Kolejną koparką kołową, na której zastosowano zmodernizowany mechanizm napędu, była koparka KWK 1500 nr 3. Mechanizm ten (rys. 4) składał się z następujących elementów:

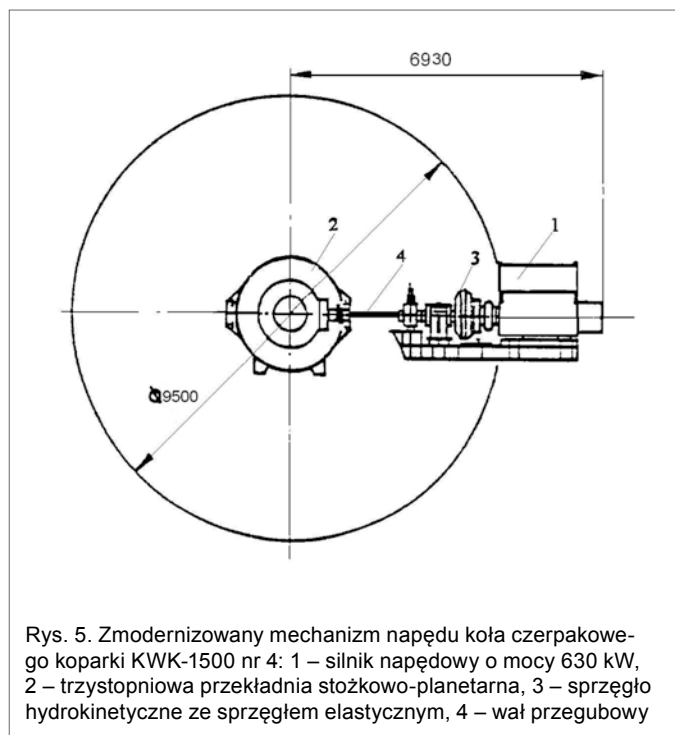
- przekładni KC498-190-1 o mocy $N = 630$ kW przy obrotach $n = 990$ obr./min i przełożeniu $u = 190$ oraz masie $Q \approx 42$ Mg;
- silnika SZUre 136r o mocy $N = 630$ kW przy obrotach $n = 990$ obr./min na napięcie 6000 V;
- podstawy pod silnik połączonej z przekładnią;
- wału przegubowego z bębnum hamulcowym $D_h = 500$ mm;
- hamulca szczękowego o momencie hamowania $M_h = 2000$ Nm;
- tarczy zaciskowej TZ660.

reklama





Rys. 4. Zmodernizowany mechanizm napędu koła czerpakowego koparki KWK 1500 nr 3: 1 – silnik napędowy o mocy 630 kW, 2 – pięciostopniowa przekładnia stożkowo-walcowa zawieszona wahliwie na wale koła czerpakowego, 3 – hamulec szczękowy, 4 – wał przegubowy z bębnum hamulcowym, 5 – amortyzator, 6 – sprzęgło przeciążeniowe w przekładni



Rys. 5. Zmodernizowany mechanizm napędu koła czerpakowego koparki KWK-1500 nr 4: 1 – silnik napędowy o mocy 630 kW, 2 – trzystopniowa przekładnia stożkowo-planetarna, 3 – sprzęgło hydrokinetyczne ze sprzęgłem elastycznym, 4 – wał przegubowy

Do najważniejszych zastosowanych w tym mechanizmie nowości należało:

- zastosowanie nowej przekładni KC 498-190 o mocy 630 kW;
- połączenie wału koła czerpakowego i przekładni za pomocą tarczy zaciskowej TZ660 (typ Stüwe).

Na następnej koparce KWK 1500 nr 4 zastosowano z kolei mechanizm napędu koła czerpakowego (rys. 5), który składał się z następujących elementów:

- przekładni KPB 214 – 190 o mocy $N = 630$ kW przy obrotach wejściowych 990 obr./min i przełożeniu $u = 190$ oraz masie $Q \approx 27,5$ Mg;
- silnika SUf450x6WB o mocy $N = 630$ kW na napięciu 6000 V;
- podstawy pod silnik mocowanej na sztywno do wysięgnika;
- wału przegubowego z bębnum hamulcowym $D_h = 500$;
- hamulca szczękowego o momencie hamowania $M_h = 2000$ Nm;
- podpory łożyskowej;
- sprzęgła hydrokinetycznego typu 1000TVYA-VOITH wraz ze sprzęgłem elastycznym;
- dźwigni momentowej;
- tarczy zaciskowej TZ800.

Do najistotniejszych nowości w tym mechanizmie należało:

- zastosowanie przekładni zębatej trzystopniowej stożkowo-planetarnej zawieszanej na wale koła czerpakowego i podpartej za pomocą dźwigni momentowej, co umożliwiło znaczną redukcję masy mechanizmu (o ok. 14,5 Mg) oraz zastosowanie dodatkowego zabezpieczenia przeciążeniowego;
- likwidacja sprzęgła przeciążeniowego w przekładni, funkcję sprzęgła przeciążeniowego przejęło sprzęgło hydrokinetyczne;
- zabudowanie silnika, podpory łożyskowej i hamulca na osobnej niezwiązanej z przekładnią podstawie mocowanej bezpośrednio do konstrukcji nośnej wysięgnika;
- zastosowanie do połączenia wału koła czerpakowego z przekładnią tarczy zaciskowej TZ800, co było w owym czasie jednym z nielicznych rozwiązań na świecie użytych do przenoszenia tak dużych momentów.

Modernizacja mechanizmów napędów kół czerpakowych pozostałych koparek kołowych eksploatowanych w krajowych kopalniach odkrywkowych węgla brunatnego

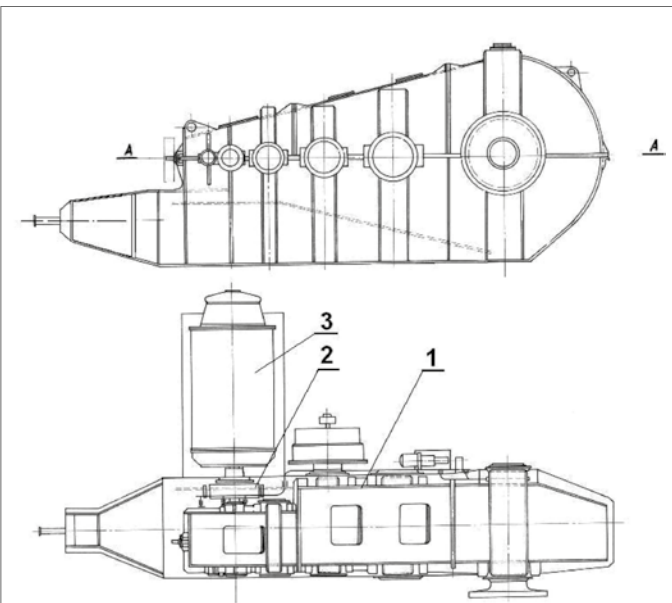
Mechanizm napędu koła czerpakowego zastosowany w koparce KWK 1500 nr 4 w KWB „Turów”, a szczególnie zastosowanie przekładni planetarnej [3] wraz ze sprzęgłem hydrokinetycznym stanowił wzorzec do modernizacji tych mechanizmów w pozostałych koparkach eksploatowanych w krajowych kopalniach odkrywkowych węgla brunatnego.

Zastosowanie sprzęgieł hydrokinetycznych na koparkach KWK 1500 i SchRs – 1200 potwierdziło ich przydatność jako [4]:

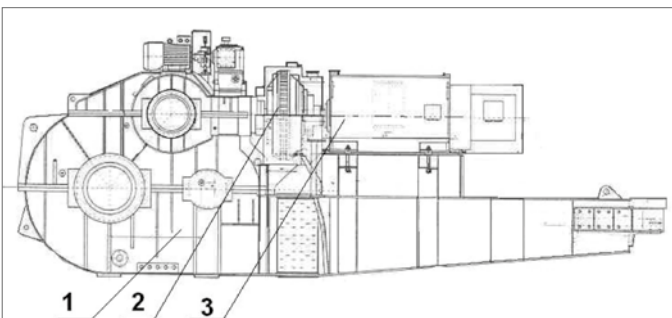
- sprzęgieł amortyzujących – dzięki mechanicznemu rozdzielaniu silnika i przekładni oraz dużej podatności dynamicznej, powoduje ono zmniejszenie drgań wywołanych pracą czerpaków, co wpływa przede wszystkim na zwiększenie trwałości przekładni (stwierdzono dwu-, a nawet trzykrotne zwiększenie czasu pracy przekładni pomiędzy remontami);
- sprzęgieł przeciążeniowych – poprzez stosowanie elektronicznych wyłączników zabezpieczających opartych na kontroli poślizgu i temperatury oleju wewnątrz sprzęgła, wyłącza ono napęd koła czerpakowego przy każdorazowym przekroczeniu ustalonej granicy wartości prądu, chroniąc tym samym jego elementy i konstrukcję maszyny przed skutkami przeciążeń, funkcja ta pozwala również wyeliminować sprzęgła przeciążeniowe znajdujące się w dotychczas stosowanych przekładniach zębatych stożkowo-walcowych;
- sprzęgieł rozruchowych – ogranicza ono wielkość momentu rozruchowego, a zatem chroni silnik, przekładnię i koło czerpakowe przed skutkami przeciążeń powstających we wstępnej fazie urabiania. W związku z tym rozruch układu napędu koła czerpakowego może być dokonywany pod obciążeniem. Ponadto przy zastosowaniu sprzęgła hydrokinetycznego nie ma ograniczenia częstotliwości załączeń silnika.



Rys. 6. Zmodernizowany mechanizm napędu koła czerpakowego koparki KWK 1500s w KWB „Konin”



Rys. 7. Układ urabiania koparki SRs-1200 w KWB „Konin” przed modernizacją: 1 – przekładnia zębata walcowa, 2 – sprzęgło sworzniowe, 3 – silnik elektryczny SZURe-136r



Rys. 8. Układ urabiania koparki SRs-1200 po modernizacji: 1 – przekładnia KPA 75/A120 produkcji MAGG Geer ZAMECH, 2 – sprzęgło hydrokinetyczne VOITH 1000TE wraz ze sprzęgłem elastycznym, 3 – silnik elektryczny SUF450x-6-WB

Ponadto sprzęgła te nie wymagają regulacji (nie zmieniają wielkości nastaw pod wpływem kolejnych wyłączeń napędu, co występowało w sprzęgłach płytkowych ciernych stosowanych dotychczas) oraz konserwacji poza kontrolą ilości oleju w komorach roboczych.

Zastosowanie przekładni planetarnych na koparkach KWK 1500 umożliwiło:

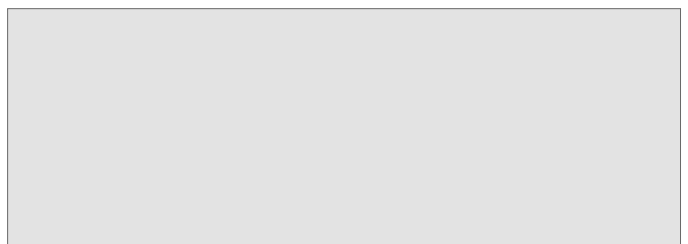
- znaczne ograniczenie masy mechanizmu napędu koła czerpakowego, co z kolei pozwoliło na uzyskanie korzystniejszych współczynników stateczności nadwozia, a tym samym wzrostu bezpieczeństwa warunków eksploatacji;
- zastosowanie dodatkowego zabezpieczenia przed skutkami przeciążenia w postaci dźwigni momentowej wyłączającej napęd przy przekroczeniu dopuszczalnej wartości przenieszonego momentu obrotowego;
- zabudowę silnika, podpory łożyskowej i hamulca na oddzielnej podstawie, co zmniejszyło obciążenie łożysk wału koła czerpakowego.

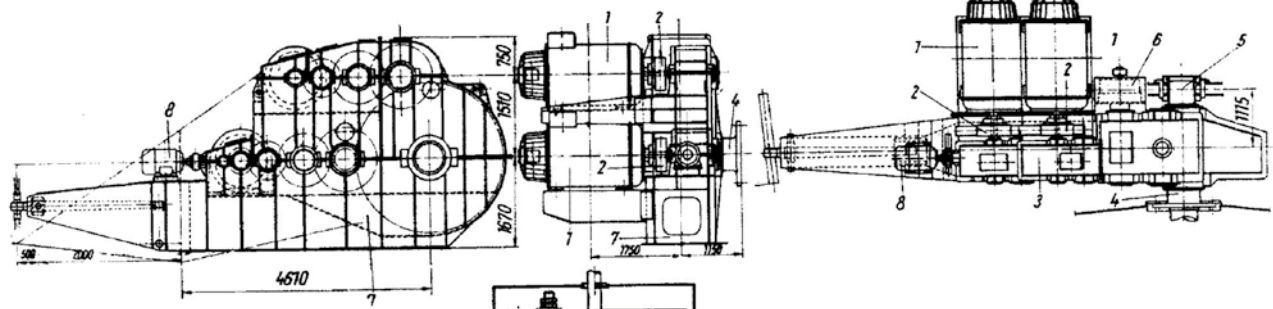
Mechanizmy napędu kół czerpakowych zostały zmodernizowane na czterech koparkach KWK 1200 (będących zmodernizowanymi koparkami SchRs-1200 w ramach tzw. Dużej Modernizacji [5]) w KWB „Turów”, na pięciu koparkach KWK 1500 w KWB „Turów”, „Konin” i „Adamów” (rys. 6), na dwóch koparkach SchRs-800 (w tym jednej poddanej dużej modernizacji i występującej jako KWK 800M), koparce SchRs-1200 i dwóch koparkach SRs-1200 w KWB „Konin”. Na tych dwóch ostatnich, oprócz zastosowania sprzęgła hydrokinetycznego i przekładni planetarnej w miejsce dotychczasowej przekładni zębatej walcowej, zmieniono ustawienie silnika napędu z prostopadłego (rys. 7) na równoległy do płaszczyzny koła czerpakowego (rys. 8) [6].

Prostopadłe ustawienie silnika ma tę zaletę, że nie wymaga zastosowania stopnia kąтового w przekładni, jednak zwiększa wielkość momentów skręcających oddziaływujących na konstrukcję nośną wysięgnika urabiającego, stąd też przy modernizacjach napędów z poprzecznym ustawieniem silnika wprowadza się często zmianę jego położenia na równoległą do płaszczyzny koła czerpakowego. Przykładem takiego rozwiązania jest również modernizacja mechanizmu napędu koła czerpakowego koparek SRs-2000 w KWB „Bełchatów”.

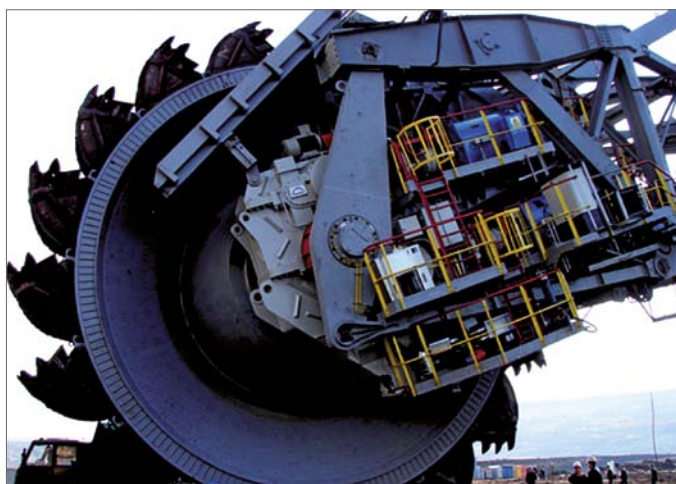
Do napędu powyższego mechanizmu stosowane były dotychczas dwa silniki elektryczne o mocach 500 kW każdy, ustawione poprzecznie do płaszczyzny koła czerpakowego, napędzające jedną przekładnię zębatą walcową (rys. 9). Przekładnia osadzona była na kole czerpakowym, a moc z przekładni była przenoszona na wał poprzez stalową membranę. W napędzie zmodernizowanym (rys. 10) [8] silniki ustawiono równoległe do płaszczyzny koła czerpakowego, zastąpiono przekładnię walcową przekładnią planetarną, a moc z przekładni na wał koła czerpakowego przenoszona jest za pomocą dwóch stalowych membran. Ponadto pomiędzy silnikami

reklama





Rys. 9. [7] Mechanizm napędu koła czerpakowego koparki SRs 2000: 1 – silnik napędu, 2 – sprzęgło elastyczne z bębnum hamulca, 3 – korpus przekładni, 4 – wał koła czerpakowego, 5 – łożysko wału, 6 – sprzęgło przeciążeniowe, 7 – dwupoziomowa podstawa silnika, 8 – napęd pomocniczy



Rys. 10. Zmodernizowany mechanizm napędu koła czerpakowego koparki SRs-2000 w KWB „Bełchatów”

a przekładnią zastosowano dwustożkowe sprzęgła cierne sterowane hydraulicznie.

Modernizacja powyższego napędu umożliwiła:

- ograniczenie wielkości momentów skręcających konstrukcję nośną wysięgnika urabiającego;
- ograniczenie wielkości obciążeń dynamicznych mechanizmu poprzez bardzo szybkie odłączenie przekładni od silników napędowych za pomocą sprzęgła dwustożkowego;
- zwiększenie trwałości i pewności mocowania oraz ułatwienie montażu i demontażu przekładni z wału koła czerpakowego w wyniku zastosowania dwóch membran stalowych o różnych średnicach w miejsce jednej w rozwiązaniu dotychczasowym;
- zmniejszenie masy mechanizmu napędu.

Modernizację tę przeprowadzono na pięciu koparkach SRs-2000. Modernizację mechanizmów napędów kół czerpakowych przeprowadzono również na koparkach SchRs 4000 (największych koparkach kołowych eksploatowanych w kraju). Modernizacja polegała na zastosowaniu pomiędzy silnikami a przekładnią zbiorczą sprzęgieł elektrohydraulicznych Stromag do szybkiego rozłączania napędu w razie przeciążenia.

Umożliwiło to ograniczenie obciążeń dynamicznych oddziaływujących na przekładnię i konstrukcję nośną koparki. Modernizację tę przeprowadzono na trzech koparkach SchRs 4000 w KWB „Bełchatów”.

Podsumowanie

Najczęściej modernizowanym podzespołem koparek wielonaczyniowych kołowych jest mechanizm napędu koła czerpakowego. Jest on najbardziej narażony na awarie i zużycie w stosunku do pozostałych zespołów i podzespołów tych maszyn, głównie ze względu na oddziaływanie największych obciążeń dynamicznych oraz nie w pełni dostosowanie koparek pochodzących z importu do trudnych warunków górniczo-geologicznych występujących w krajowych kopalniach odkrywkowych węgla brunatnego.

Modernizację mechanizmów napędów kół czerpakowych rozpoczęto na początku lat 80. XX w. w KWB „Turów” ze względu na najtrudniejsze warunki górniczo-geologiczne w stosunku do pozostałych krajowych kopalni odkrywkowych węgla brunatnego. Pierwszym zmodernizowanym mechanizmem napędu był napęd koła czerpakowego koparki KWK 1400 będącej pierwszą koparką produkcji krajowej. Następnie zmodernizowano napędy kół czerpakowych niemieckich koparek SchRs-1200 i polskich koparek KWK 1500.

Do najważniejszych działań modernizacyjnych należało:

- zastosowanie przekładni planetarnych i sprzęgieł hydrokinetycznych w miejsce dotychczasowych przekładni zębatych walcowych i sprzęgieł przeciążeniowych ciernych;
- połączenie silników i przekładni przy pomocy wałów Cardana;
- zastosowanie do połączeń przekładni z wałem koła czerpakowego tarczy zaciskowej typu Stüwe;
- zabudowanie silnika na osobnej niezwiązanej z przekładnią podstawie.

Poza koparkami w KWB „Turów” modernizacje napędów kół czerpakowych przeprowadzono na koparkach SRs-1200, SchRs-1200, SchRs-800, KWK 1500 w KWB „Konin”, na koparkach SchRs-1200, KWK 1500 w KWB „Adamów”, na koparkach SRs-2000, SchRs 4000 w KWB „Bełchatów”.

Dotychczasowe wyniki eksploatacji i badań koparek ze zmodernizowanymi napędami kół czerpakowych potwierdziły trafność zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych. Należy tu przede wszystkim wymienić:

- uzyskanie wzrostu trwałości mechanizmów napędów, a szczególnie przekładni, które stanowią największy koszt tych mechanizmów;
- ułatwienie i skrócenie czasu montażu i demontażu poszczególnych elementów mechanizmów;
- zmniejszenie ich mas i gabarytów;
- ograniczenie wielkości drgań wywołanych pracą koparek;
- wzrost wydajności układów urabiania koparek;
- znaczne zmniejszenie kosztów remontów i napraw zarówno mechanizmów napędów, jak i całych układów urabiania;
- wzrost trwałości ustrojów nośnych koparek, a szczególnie wysięgników kół czerpakowych;
- wzrost bezpieczeństwa pracy obsługi koparek.

Na podkreślenie zasługuje fakt, że modernizacje te wykonane zostały w większości w oparciu o krajowy potencjał badawczo-projektowy i wykonawczy, co pozwoliło ograniczyć ich koszty i stworzyć warunki do budowy nowych mechanizmów napędów kół czerpakowych nieustępujących rozwiązaniom zagranicznym.

Artykuł zrealizowano w ramach projektu pt. „Mechatroniczny system sterowania, diagnostyki i zabezpieczeń w maszynach górnictwa odkrywkowego” nr UDA-POiG 01.03.01 – 00-043/08-02, Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka 2007-2013, Projekt 1, Działanie 1.3, Poddziałanie 1.3.1.

Literatura

- [1] LORET I.: *Rozwój zespołów napędowych mechanizmów urabiania wielonaczyniowych koparek kołowych*. Wyd. Prace IKEM PWr nr 64, seria: Konferencje 19, Wrocław 1991.
- [2] ALENOWICZ J., HAMAN Z., LORET I., BIAŁY K.: *Dokumentacja napędu koła czerpakowego koparki SchRs-1200 ze sprzęgłem hydrokinetycznym oraz rozpoznanie możliwości dostaw krajowych i zagranicznych*. Oprac. IGO Poltegor nr arch. 2302/ONB Wrocław 1990 (praca niepublikowana).
- [3] MÜLLER L.: *Przekładnie obiegowe*. Wyd. PWN, Warszawa 1983.
- [4] ALENOWICZ J.: *Zastosowanie sprzęgieł hydrokinetycznych na napędach kół czerpakowych koparek kołowych*. Wyd. Górnictwo Odkrywkowe, Wrocław nr 5, 1994.
- [5] ALENOWICZ J.: *Maszyny podstawowe górnictwa odkrywkowego i podejmowane przedsięwzięcia w ich modernizacji i budowie*. Wyd. Górnictwo Odkrywkowe nr 1, 2001.
- [6] SZEPIETOWSKI W., MUSIAŁ W., WYGODA M.: *Metoda optymalizacji parametrów napędu koła czerpakowego ze sprzęgłem hydrokinetycznym z punktu widzenia procesu obciążeń dynamicznych*. Raport końcowy Projekt Badawczy nr 7 7055 91 02 (finansowany przez KBN), Wrocław 1996.
- [7] SZEPIETOWSKI W.: *Zespół urabiania wielonaczyniowej koparki kołowej*. Wyd. Górnictwo Odkrywkowe, Wrocław 2006.
- [8] MIZERSKI Z., OLEJNIK T.: *Modernizacja zespołu urabiającego koparek SRs-2000 w PGE KWB Belchatów SA*. Wyd. Węgiel Brunatny nr 4/65, 2008.