

*Krzysztof Krauze**, *Krzysztof Kotwica**, *Peter Scheffzyk***

PRZYSTOSOWANIE KOPAREK ESZ 6/45 DO ZASTOSOWANIA NOWOCZESNYCH NAPĘDÓW ELEKTRYCZNYCH

1. Wprowadzenie

W kopalniach odkrywkowych węgla brunatnego do zdejmowania nadkładu oraz do prac związanych z eksploatacją złoża węgla wykorzystywane są przede wszystkim czerpawkowe koparki kołowe wielonaczyniowe. W KWB „Bełchatów” SA, poza tymi maszynami, do prac pomocniczych i prac związanych z profilowaniem skarp przy zdejmowaniu nadkładu oraz do eksploatacji resztek pokładów węgla wykorzystywane są również koparki zgarniakowe i łańcuchowe. Zastosowanie koparek zgarniakowych jako maszyn podstawowych możliwe jest tylko w określonych warunkach zalegania złóż. Generalnie warunki zalegania złóż węgla brunatnego w Polsce nie sprzyjają zastosowaniu koparek zgarniakowych, ale istnieją w Polsce złoża lub części złóż, w których uzasadnione było rozważenie możliwości użycia tych koparek.

W KWB „Bełchatów” trwają obecnie prace przygotowawcze do wydobywania węgla z najgłębszych partii złoża przy zastosowaniu dotychczasowej technologii umożliwiającej eksploatację do rzędnych –98 m n.p.m. Ewentualne wydobywanie w zakresie rzędnych –98/–110 m n.p.m. (głębokość wyrobiska 280 m) prowadzone będzie dwoma koparkami zgarniakowymi Esz-6.3/45 (rys. 1), które będą urabiać na przerzut w rejon zasięgu koparki łańcuchowej ERs-710 ładującej urobek na odstawczy przenośnik taśmowy. Zakres urabiania koparek zgarniakowych będzie uzależniony przede wszystkim od postępu ostatniego poziomu eksploatacyjnego, na którym pracować będzie koparka łańcuchowa ERs-710 jak również postępu I poziomu zwałowiska wewnętrznego [3].

Koparki zgarniakowe Esz-6.3/45 są starymi lecz sprawdzonymi rozwiązaniami rosyjskich koparek na podwoziu krocącym. Są one z niewielkimi przerwami eksploatowane w KWB „Bełchatów” od kilkudziesięciu lat. Wykorzystanie ich w planowanym ciągu eks-

* Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

** BEA-Polska Elektrotechnika i Automatykacja Sp. z o.o., Wrocław

placowym spowodowało konieczność ich modernizacji dla zapewnienia niezawodności, ergonomii i bezpieczeństwa oraz ekonomii pracy. Dlatego kopalnia zdecydowała się na kompleksową modernizację dwóch egzemplarzy tych koparek obejmującą wymianę napędowych silników elektrycznych wraz z układem sterowania i kontroli, układem zasilania oraz wymianę kabiny operatora. Prace modernizacyjne będą wykonywane w trakcie prowadzenia prac remontowych przez KWB „Bełchatów”, gdzie BEA-Polska Elektrotechnika i Automatykacja Sp. z o.o. z Wrocławia, na podstawie swojej koncepcji technicznej, jest wraz z Poltegor Instytutem głównym wykonawcą części elektrycznej. Wiązało się to z opracowaniem, poza projektem nowego układu elektrycznego, również projektu wymaganych zmian mechanicznych. W niniejszym artykule przedstawiono pierwsze wyniki tych prac projektowych, wykonanych we współpracy z Katedrą Maszyn Górniczych, Przeróbczych i Transportowych AGH Kraków.



Rys. 1. Widok koparki Esz-6.3/45 nr 2 w miejscu jej pracy

2. Określenie wymagań projektowych dla modernizacji części mechanicznej koparki Esz-6.3/45

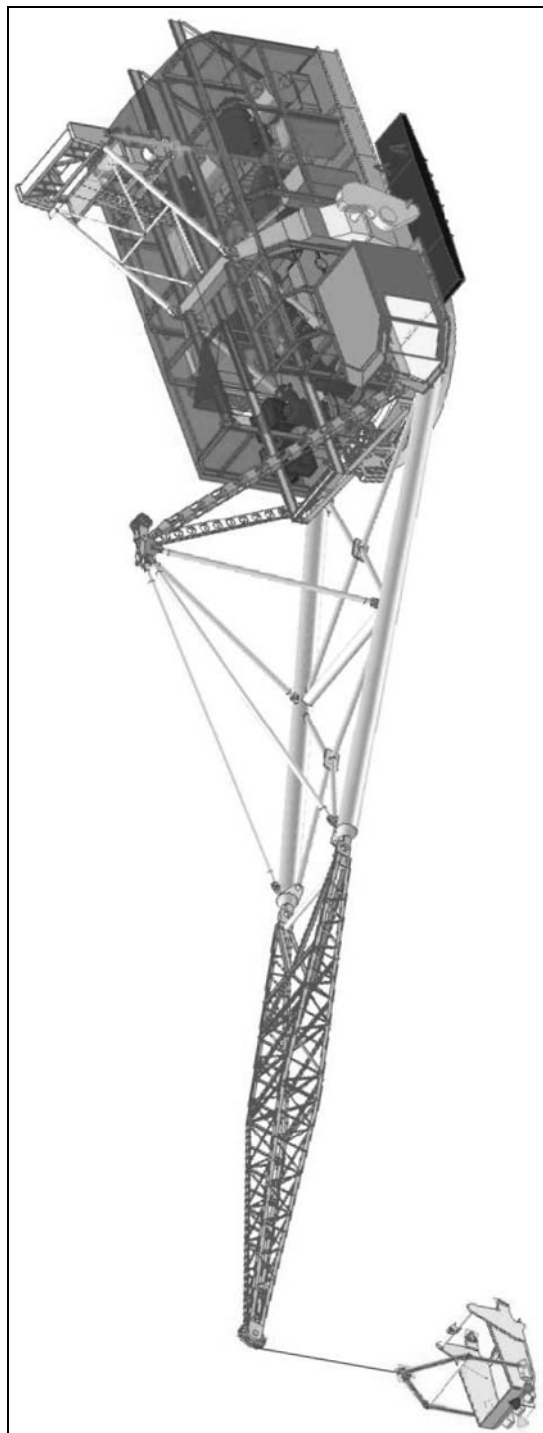
Przyszły użytkownik koparek zgarniakowych Esz nr 2 i 3 przedstawił swoje wymagania jakie należało uwzględnić podczas opracowywania projektu modernizacji części mechanicznej tych koparek.

Zgodnie z tymi wymaganiami w projekcie należało uwzględnić [1]:

- zmianę obecnego rozwiązania przyłącza 6 kV w taki sposób, aby ułatwić dostęp do niego służbom elektrycznym i mechanicznym,
- zabudowę nowego pola 6 kV oraz wyodrębnionej, nowej rozdzielnicy n/n,
- wymianę silników napędowych głównych na silniki prądu przemiennego w wykonaniu fabrycznym, przystosowane do pracy z falownikami,
- likwidację układu Leonarda oraz wzmacniaczy magnetycznych i w ich miejsce uwzględnienie układu pozwalającego na płynną regulację napędów koparki z wykorzystaniem jednostki zasilająco-odzyskującej,
- zastosowanie „centralnego” smarowania dla elementów wymagających tego typu smarowania,
- zastosowanie zmodernizowanej lub nowej, klimatyzowanej kabiny operatora koparki z graficznym panelem operatorskim dla wizualizacji stanów pracy maszyny,
- zmiany konstrukcyjne pod posadowienie wymienianych podzespołów, a także ewentualne przemieszczenie mas, w celu zachowania stateczności maszyny.

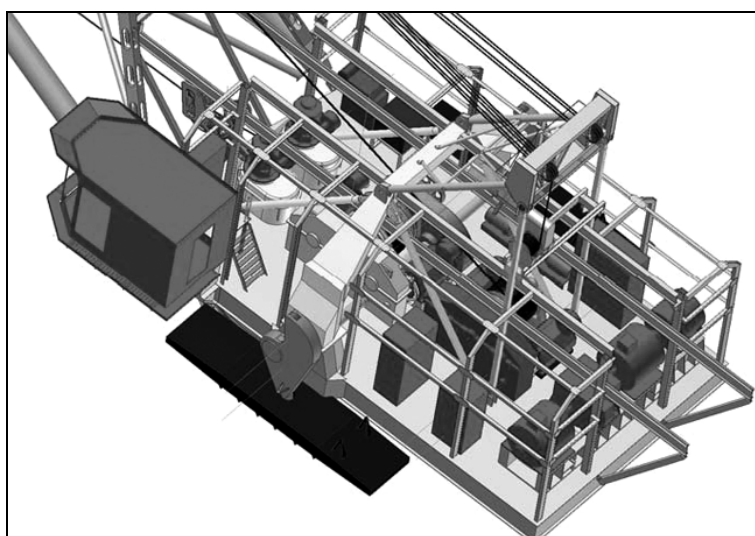
3. Opracowanie projektu wstępnego dla części mechanicznej zmian w koparkach Esz 6/45 nr 2 i 3

W ramach pierwszego etapu prac należało wykonać projekt wstępny dla części mechanicznej zmian w koparkach Esz 6/45 nr 2 i 3. Ze względu na brak w KWB Bełchatów SA pełnej dokumentacji konstrukcyjno-montażowej tych maszyn, w pierwszej kolejności wymagane było przeprowadzenie identyfikacji poszczególnych podzespołów koparek Esz 6/45 nr 2 i 3 wraz z aktualizacją ich podstawowych wymiarów gabarytowych oraz mas i ewentualnych różnic. Umożliwiło to, przy zastosowaniu programu do inżynierskiego wspomaganie projektowania INVENTOR, wykonanie modeli przestrzennych tych koparek oraz rysunków płaskich w wymaganych widokach lub przekrojach [1]. Widok jednego z takich modeli koparki Esz 6/45 w wersji obecnie stosowanej przedstawiono na rysunku 2. Podczas identyfikacji wykonano pełną dokumentację fotograficzną dla obydwu koparek Esz nr 2 i 3 z wykorzystaniem między innymi znaczników liniowych, ułatwiających późniejszą interpretację zdjęć. Przeprowadzono również pomiary wymiarów gabarytowych podzespołów koparek oraz dla wybranych podzespołów, głównie silników elektrycznych, przeprowadzono pomiary ich mas. W oparciu o przeprowadzoną identyfikację oraz sporządzone modele opracowane zostały w następnej kolejności propozycje zmian mechanicznych w koparkach Esz nr 2 i 3 związane z: kabiną operatora, napędem zgarniaka, napędem kroczenia, napędem obrotu, układem smarowania, przyłączem elektrycznym oraz układem pneumatycznym. Opracowane modele zostały także wykorzystane do wstępnego sprawdzenia stateczności obydwu koparek. Na podstawie przedstawionych propozycji zmian mechanicznych opracowano i zaproponowano najkorzystniejszą, zdaniem wykonawców niniejszego opracowania, wersję wariantu tych zmian.



Rys. 2. Widok modelu przestrzennego koparki zgarniakowej Esz 6/45 (bez olinowania) [1]

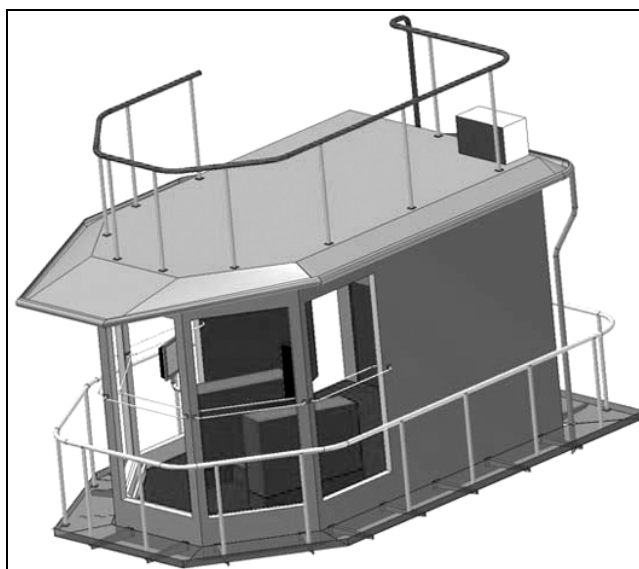
Na podstawie wykonanych rysunków obecnego stanu technicznego koparek Esz nr 2 i 3 oraz przeprowadzonej analizy, zaproponowano zmiany mechaniczne w wybranych zespołach przedmiotowych koparek. Zmiany dotyczyły kabiny operatora, zespołów napędowych oraz zasilania i sterowania układu kroczenia, obrotu, bębnow linowych podnoszenia i ciągnięcia czerpaka, układu smarowania, układu pneumatycznego oraz głównego przyłącza 6 kV. Rozmieszczenie przewidzianych do wymiany podzespołów koparki Esz 6/45 (kabina operatora, elektryczne silniki napędowe, układy Leonarda oraz elektryczne szafy zasilająco-sterownicze) przedstawiono na rysunku 3 kolorem ciemnoszarym [1].



Rys. 3. Rozmieszczenie przewidzianych do wymiany podzespołów koparki Esz 6/45 w pomieszczeniu maszynowni (kolor ciemnoszary) [1]

Zgodnie z wymogami inwestora, kabina operatora powinna być klimatyzowana oraz zapewnić pracownikowi obsługi koparki odpowiedni komfort pracy, to znaczy powinna być wyposażona w nowoczesny układ sterowania i kontroli pracy maszyny. Obecny stan kabiny operatora nie umożliwia uzyskania takich parametrów, dlatego też zaproponowano zastosowanie nowej kabiny operatora, wyposażonej w instalację klimatyzacyjną i zainstalowanie w niej wymaganych układów sterowania koparki. Dla takiego wariantu wymagane jest, aby nowa konstrukcja kabiny operator była tego samego kształtu i wymiarów zewnętrznych. Pozwoli to na bardzo proste i mało kosztowne przełożenie nowej kabiny w miejsce istniejącej. Przy opracowywaniu nowego rozwiązania kabiny przyjęto, że przy jej konstruowaniu zastosowane zostaną w jak największym stopniu typowe elementy i podzespoły stosowane przez wytwórców kabin. Podstawowe zmiany w stosunku do starej wersji kabiny, jakie przyjęto przy opracowywaniu nowego rozwiązania to: zastosowanie okien nieotwieranych o takich samych wymiarach, wykonanych ze szkła wzmocnionego, hartowanego i klejonego, odpor-

nego na uderzenia odłamków skalnych, zastosowanie izolacji termicznej i dźwiękowej zarówno ścian kabiny, jak i drzwi wejściowych, zastosowanie klimatyzacji i ogrzewania w kabynie oraz nawiewu na okna, zastosowanie przykręcanego podestu wokół kabiny wyposażonego w barierkę ochronną oraz barierki ochronne na dachu kabiny, wykonanie daszka osłaniającego operatora przed słońcem oraz zabezpieczający górną część okien przed deszczem. W oparciu o posiadane informacje wymiarowe i konstrukcyjne, opracowano przy zastosowaniu programu do inżynierskiego wspomagania projektowania INVENTOR, projekt techniczny nowego rozwiązania kabiny operatora [2]. Opracowany przestrzenny model nowego rozwiązania kabiny przedstawiono na rysunku 4. Ze względu na ograniczenie drgań przenoszonych z maszynowni, nowa kabina operatora powinna zostać zamocowana na podeście z wykorzystaniem wibroizolatorów.



Rys. 4. Przestrzenny model nowego rozwiązania kabiny koparki Esz 6/45 [2]

W napędzie bębna podnoszenia zgarniaka oraz układu kroczenia i bębna ciągnięcia zgarniaka, jak również napędzie układu obrotu zaproponowano pozostawienie bez zmian części mechanicznych zespołów napędu bębna podnoszenia zgarniaka i napędu układu kroczenia i bębna ciągnięcia zgarniaka i zespołu obrotu koparki (tj. kół zębatych przekładni obrotu, sprzęgieł oraz hamulca itp.) natomiast zastąpienie występujących w tych zespołach napędowych silników elektrycznych prądu stałego o mocy odpowiednio 190 i 100 kW, silnikami elektrycznymi prądu zmiennego o mocy 200 i 110 kW. Silniki powinny posiadać zewnętrzne chłodzenie, najkorzystniej wentylator promieniowy a przyłączyć do mocowania wentylatora powinno mieć kształt kwadratu, umożliwiając ustawienie wentylatora w dowolnej konfiguracji. Silniki powinny posiadać końcówkę wału stożkową, co powinno pozwolić

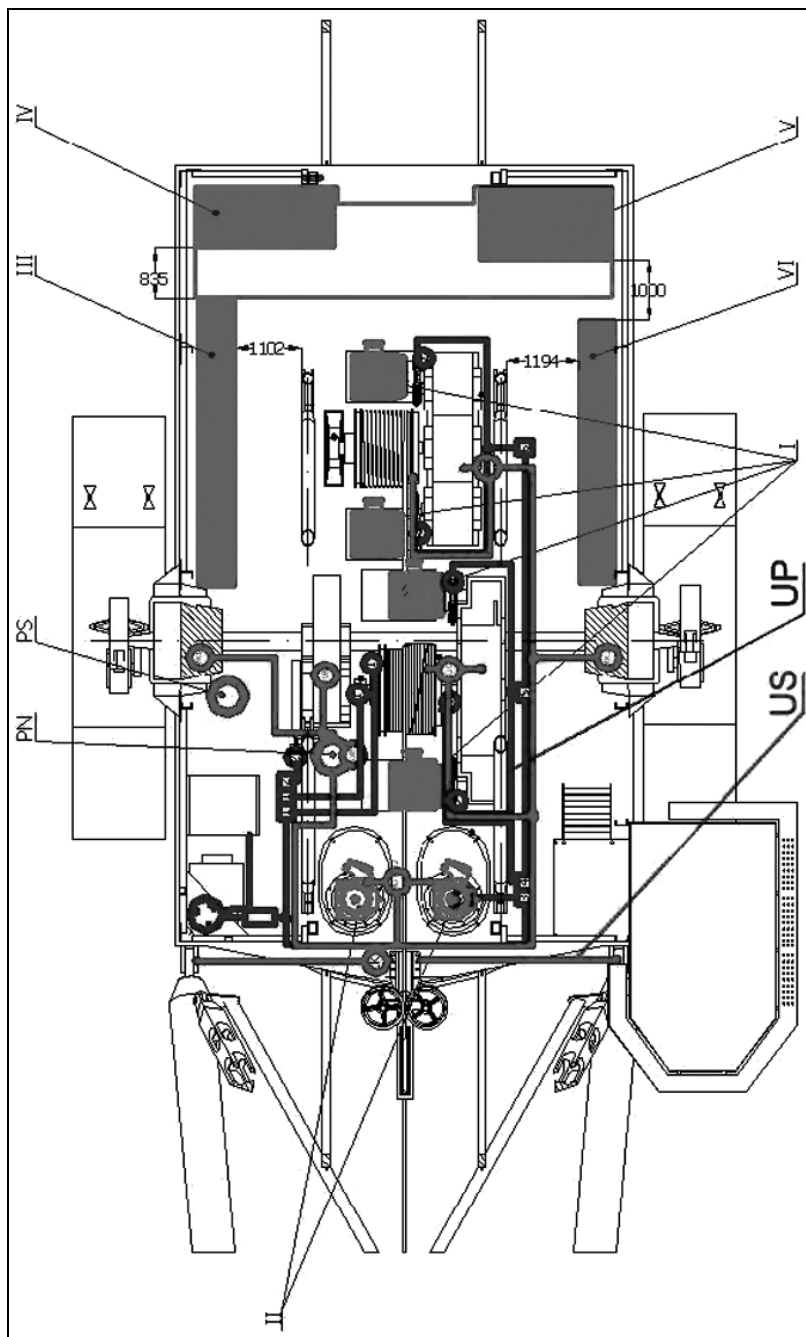
na bezproblemowe zamontowanie już istniejących hamulców pneumatycznych. Ponadto przyłącze elektryczne (skrzynka) powinno pozwolić na podłączenie zasilania do silnika dowolnie, z lewej lub prawej strony. Wykonane silniki będą posadowione na podstawie pozwalającej na prawidłowe i bezproblemowe przekazanie obrotów przez sprzęgło kłowe na wał przekładni zębatej [2].

Ze względu na zastosowanie nowoczesnych silników elektrycznych wystąpiła konieczność zlikwidowania obecnie wykorzystywanych układów Leonarda — dużego i małego. W ich miejsce, na podstawie projektu części elektrycznej, opracowanego przez Poltegor-Institut Wrocław, zastosowano tyrystorowe układy sterowania wraz z układem zasilania — rozdzielnica 6 kV, rozdzielnica 380 V, rozdzielnica 500 V wraz z falownikami oraz transformator 6/0,5 kV 800 kVA [2]. Rozmieszczenie nowych silników elektrycznych jak i podzespołów układu zasilania i sterowania przedstawiono kolorem ciemnoszarym na rysunku 5.

Zaproponowano również zastosowanie do wprowadzenia wysokonapięciowego przewodu elektrycznego 6kV przez podstawę podporową specjalnego złącza. Dla parametrów i typu przewodu zasilającego stosowanego w koparkach Esz zaproponowano rozwiązanie firmy Cavotec Connectors w wersji wtyczka — gniazdo. Rozwiązanie to pozwoli na szybkie rozłączenie przewodu zasilającego i łatwą jego wymianę. Ze względu na wymiary całkowite wtyczki i gniazda opracowano specjalną zabudowę przyłącza w korpusie stopy podporowej, w której będzie się znajdowało złącze [2].

Stosowane obecnie rozwiązanie układu smarowania w przypadku wysięgnika koparki zostało zmienione, natomiast dla pozostałych podzespołów zostało zmodernizowane, z wykorzystaniem nowoczesnych i niezawodnych elementów smarowniczych [2]. W zespole wysięgnika usunięto smarowane ślizgowe rolki podporowe prowadzenia liny podnośnej czerpaka, a w ich miejsce zabudowano rolki toczne, z łożyskami kulkowymi w monoblokach, niewymagającymi smarowania. Zaproponowano standardowe krążniki gładkie $\varnothing 108 \varnothing 20$, wykorzystywane w przenośnikach taśmowych, mocowane w specjalnych uchwytach. Dla zespołu wielokrążków liny podnoszenia wysięgnika (3 punkty smarne na szczycie wysięgnika) i mechanizmu podnoszenia wysięgnika wraz z zespołem wielokrążków (14 punktów smarnych na dachu maszynowni) przewidziano zastosowanie odrębnego układu automatycznego smarowania. Pozostałe punkty smarne istniejące w obecnym rozwiązaniu koparki ulegną pewnym modyfikacjom. Znikną punkty smarne układów Leonarda — dużego i małego jak również punkty smarne silników elektrycznych. Nowe rozwiązania silników nie wymagają smarowania. Punkty smarne zostały podzielone na dwie grupy — przewidziane do smarowania centralnego automatycznego oraz smarowania ręcznego.

Do smarowania centralnego automatycznego z jednego układu pompowego przewidziano 33 punkty smarne — układu podnoszenia liny, ciągnięcia liny i kroczenia, obrotu, płóz podporowych, zblocza kierującego linę pociągową i sworzni przegubów wysięgnika. Pozostałe punkty smarne — płóz podporowych i stopy podporowej będą smarowane ręcznie, z wykorzystaniem przewodu elastycznego. Zostanie do tego wykorzystany obecnie stosowany zespół centralnego smarowania. Zespół ten wykorzystany zostanie również do smarowania 13 punktów smarnych suwnicy.



Rys. 5. Rozmieszczenie nowych podzespołów oraz rozmieszczenie elementów układu smarowania i pneumatycznego w pomieszczeniu maszynowym [2]: I — silnik elektryczny prądu zmiennego, 200 kW; II — silnik elektryczny prądu zmiennego, 110 kW;

III — rozdzielnica 500 V + falowniki; IV — rozdzielnica 6 kV; V — transformator 6/0,5 kV 800 kVA; VI — rozdzielnica 380 V;

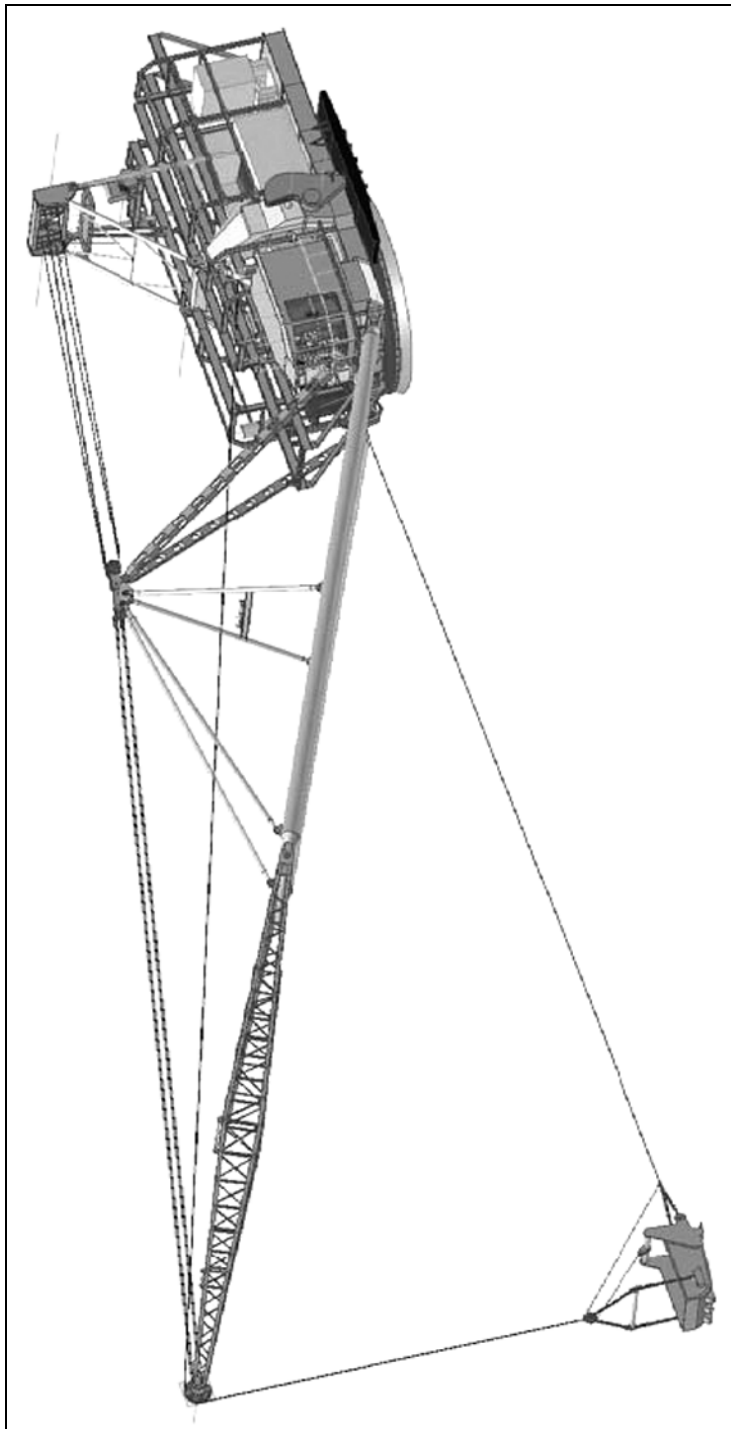
UP — rozmieszczenie i rozprowadzenie elementów układu pneumatycznego; US — rozmieszczenie i rozprowadzenie elementów układu smarowniczego; PS — stara pompa smarna; PN — nowa pompa smarna

Przy opracowywaniu układów automatycznego smarowania wykorzystywano głównie elementy i podzespoły dostępne na rynku polskim. Zastosowano w nich w zależności od ich wielkości pompę typ EFPM-2 z 200 — litrowym zasobnikiem smaru lub pompę EP-1, z 8 kilogramowym zasobnikiem smaru. Z pomp tych przez rozdzielacz SXE-2-5 i lub rozdzielacze progresywne typ MX-F, smar rozprowadzany jest do poszczególnych odbiorników. Dla wszystkich opisanych układów smarnych rozprowadzenie smaru będzie realizowane przewodami elastycznymi o średnicy wewnętrznej $\varnothing 11$ mm. Pompy i rozdzielacze będą mocowane z wykorzystaniem fabrycznych elementów mocowań — płyt i uchwytów przyłącznych, dobieranych w zależności od usytuowania montowanych elementów względem konstrukcji koparki. W przypadku maszynowni przewody z nowego zespołu centralnego smarowania zostaną poprowadzone do odpowiednich rozdzielaczy w specjalnych korytkach, które w zależności od możliwości zabudowy zostaną wykonane jako wewnętrzne lub zewnętrzne. Rozprowadzenie przewodów i rozmieszczenie rozdzielaczy centralnego smarowania (US) w pomieszczeniu maszynowni przedstawiono na rysunku 5. Smarowanie pozostałych punktów przewidzianych do smarowania ręcznego będzie realizowane ze starej pompy, za pośrednictwem przewodu elastycznego. Każdy punkt smarny będzie smarowany niezależnie. Wyjątkiem będzie smarowanie suwnicy, gdzie przewidziano zabudowanie rozdzielacza progresywnego typ MX-F, zasilanego z pompy, z którego smarowane będą wszystkie punkty smarne suwnicy [2].

W przypadku układu pneumatycznego pozostawiono w nim podzespoły wykonawcze oraz zespół sprężarki z napędem elektrycznym, natomiast zastąpiono dotychczasowe przestarzałe elementy pneumatyczne współczesnymi elementami, łatwo dostępnymi w handlu. Dotyczy to głównie zastosowania nowych zaworów rozdzielających wyposażonych w elektromagnesy na 24 V DC oraz filtrów i odwadniaczy z automatycznym spustem wody w celu uproszczenia obsługi układu pneumatycznego. Ponadto zastąpiono zbiornik sprężonego powietrza nowym o znacznie większej pojemności i zastosowano przy otworach przyłączeniowych siłowników pneumatycznych zawory szybkiego spustu w celu skrócenia czasu opróżniania komór roboczych siłowników, a więc zwiększenia szybkości zadziałania hamulców lub przełączenia mechanizmu sprzęgła. Nie przewiduje się zastosowania zabezpieczenia hamulca mechanizmu obrotu [2].

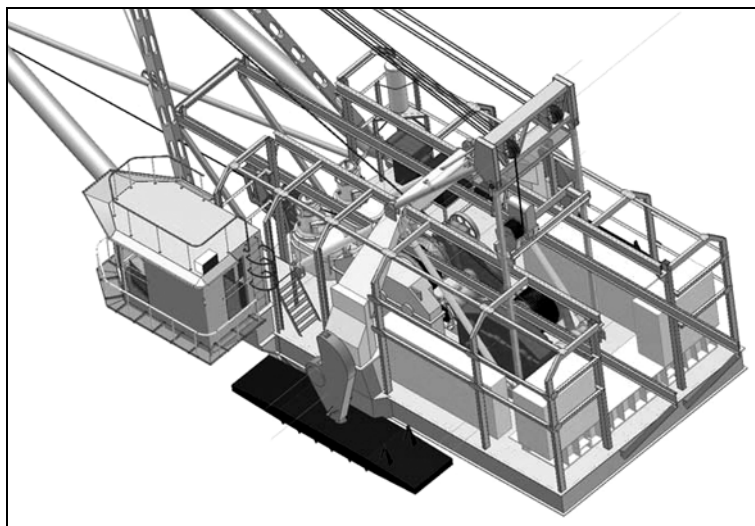
Rozmieszczenie podstawowych elementów układu pneumatycznego oraz poprowadzenie przewodów przedstawiono (UP) na rysunku 5. Przewody zostaną poprowadzone w specjalnych korytkach, które zostały tak wykonane, aby umożliwić poprowadzenie zarówno przewodów smarnych jak też pneumatycznych. Zabudowa zbiornika sprężonego powietrza, wraz z zespołem przygotowania powietrza, odwadniaczem i zaworem bezpieczeństwa, została przewidziana w bezpośredniej bliskości sprężarki. Rozdzielacze elektrohydrauliczne montowane są do specjalnie zaprojektowanych uchwytów. Do tego uchwytu mocowane są także przełączniki ciśnienia tzw. presostaty [2].

Dobór poszczególnych podzespołów układu napędowego, sterowania, zasilania, smarowania i pneumatycznego pozwolił na ich wprowadzenie do modelu przestrzennego koparki Esz i wykonanie modeli przestrzennych tych koparek oraz rysunków płaskich w wymaganych widokach lub przekrojach [2].



Rys. 6. Model przestrzenny koparki Esz 6/45 z nowymi podzespołami układu napędowego, sterowania, zasilania, smarowania i pneumatycznego oraz kabiną operatora [2]

Widok takiego modelu całej koparki pokazano na rysunku 6, natomiast rozmieszczenie nowych podzespołów w pomieszczeniu maszynowni na rysunku 7.



Rys. 7. Model przestrzenny maszynowni koparki Esz 6/45 z nowymi podzespołami układu napędowego, sterowania, zasilania, smarowania i pneumatycznego oraz kabiną operatora [2]

Likwidacja układów Leonarda oraz elektrycznych szaf sterowniczych i zastąpienie ich nowoczesnymi układami zasilającymi i systemami sterowania spowoduje nie tylko zmianę w ich usytuowaniu w maszynowni koparek, ale również dość znaczną zmianę lub redukcję ich mas. Na przykład wyeliminowanie układów Leonarda to odpowiednio redukcja masy koparki o 1250 kg w przypadku małego i około 16 000 kg w przypadku głównego układu Leonarda. Na podstawie informacji o gabarytach, masach i usytuowaniu nowych podzespołów w pomieszczeniu maszynowni i wykorzystując opracowany wcześniej model przestrzenny koparki Esz oraz metodykę obliczania współrzędnych środka masy przy wykorzystaniu pakietu Excell, przeprowadzono symulację dla starej i nowej konfiguracji elementów tej koparki [2].

Wyniki tej symulacji pozwoliły na stwierdzenie, że w porównaniu do pierwotnej wersji wyposażenia koparki Esz, masa koparki w nowym usytuowaniu uległa zmniejszeniu z 306 760 kg do 288 175 kg, natomiast wartości współrzędnej X_c środka masy zmniejszyły się o około 500 mm. Nie zauważono natomiast widocznych zmian w wartościach współrzędnych Y_c i Z_c . Dla zapewnienia porównywalnych jak obecnie warunków pracy koparek koniecznym jest zabudowanie w miejscu zlikwidowanego głównego układu Leonarda odpowiedniego przeciwcieżaru. Według opracowanego rozwiązania konstrukcja posadowienia tego układu zostanie uszczelniona blachami oraz wypełniona betonem. Masa betonu wykorzystanego do wypełnienia posadowienia będzie wynosiła około 11 500 kg. Masa posa-

dowienia po wspawaniu blach uszczelniających, wypełnieniu betonem i wspawaniu płyt przykrywających wyniesie około 24 000 kg. Powinno to skompensować ubytek masy po usunięciu zespołów układu Leonarda. Na posadowieniu tym zostaną zamontowane nowe podzespoły układu zasilania i sterowania [2].

4. Podsumowanie

Opracowany projekt modernizacji części mechanicznej koparki zgarniakowej Esz 6/45 na podwoziu kroczącym spełnia wszystkie wymagania postawione przez przyszłego użytkownika, KWB „Bełchatów” SA. Jest on identyczny dla obydwu koparek Esz nr 2 i 3. Zastosowano w nim nowoczesne i niezawodne podzespoły i elementy układu napędowego, zasilania, sterowania, smarowania i pneumatycznego, które powinny zwiększyć efektywność pracy koparki oraz jej dyspozycyjność. Określone teoretycznie wartości środka masy koparki muszą zostać zweryfikowane empirycznie poprzez ich pomiar przed oraz po zakończeniu jej modernizacji.

LITERATURA

- [1] Sprawozdanie z projektu pt. Projekt wstępny części mechanicznej koparek Esz 6/45 nr 2 i 3. BEA Wrocław — AGH Kraków 2008, (niepublikowane)
- [2] Sprawozdanie z projektu pt. Modernizacja części mechanicznej koparki Esz 6/45 — projekt wstępny. BEA Wrocław — AGH Kraków 2008, (niepublikowane)
- [3] Strona internetowa www.kwbbelchatow.bot.pl