

Ładowarka z wymiennym osprzętem do frezowania skał spągowych

W artykule przedstawiono prototypowe rozwiązanie ładowarki z wymiennym osprzętem do frezowania skał spągowych, skonstruowanej na bazie ładowarki LBT 700-EH. Przedmiotowy osprzęt, wraz z modernizacją ładowarki bocznie sypiącej, opracowano w Katedrze Maszyn Górniczych, Przeróbczych i Transportowych AGH Kraków, we współpracy z firmą VACAT Sp. z o.o. w Rybniku.

1. WPROWADZENIE

W wielu kopalniach węgla kamiennego już po kilku tygodniach od wykonania korytarzowych wyrobisk udostępniających i przygotowawczych, na skutek dużego ciśnienia górotworu i niekorzystnych warunków górniczo-geologicznych, zaczynają występować problemy związane z pęcznieniem i wypiętrzaniem spągu, co w konsekwencji powoduje ograniczenie gabarytów i przekroju poprzecznego wyrobiska. Występują wtedy trudności związane z prawidłową eksploatacją środków odstawy, transportu materiałów oraz ograniczeniem wolnego przekroju wyrobiska dla przepływu powietrza do przodków. Dla zapewnienia prawidłowego funkcjonowania takiego wyrobiska niezbędnym jest wykonanie pobierki spągu, czyli urobienie i usunięcie skał spągowych, wypiętrzonych i wtłoczonych w obręb wyrobiska korytarzowego. W przypadku spągów miękkich stosowane są niejednokrotnie specjalne wąskoprzodkowe ładowarki do pobierki spągu, których czerpaki wyposażone są często w dodatkowe młotki udarowe, ułatwiające i przyspieszające prace związane z urobieniem wypiętrzonych skał spągowych. Jednak przy skałach bardziej zwięzłych, o wytrzymałościach przekraczających 100 MPa, jedynym efektywnym do tej pory sposobem jest wcześniejsze wiercenie w spągu otworów strzałowych i strzelanie materiałem wybuchowym, mające na celu rozluźnianie warstw skał spągowych. Wymaga to konieczności wykonywania dodatkowych operacji, zastosowania dodatko-

wych maszyn lub urządzeń (wiertarki, wozy wiertnicze) oraz przerywania prac na czas strzelania i przewietrzania, jak też stwarza dodatkowe zagrożenie dla obsługi oraz środowiska naturalnego przez generowanie fali sejsmicznej po wybuchu oraz gazów postrzałowych. Przy takim sposobie urabiania, poza powyżej przedstawionymi wadami, może dochodzić również do poważnych uszkodzeń tras przenośników taśmowych przez duże bryły nierozkuszonych skał. Dlatego w Katedrze Maszyn Górniczych, Przeróbczych i Transportowych, we współpracy z firmą VACAT Sp. z o.o. w Rybniku, zaproponowano opracowanie rozwiązania maszyny pozwalającej na mechaniczne urabianie i ładowanie skał spągowych o zwiększonej wytrzymałości, czyli takich, które nie mogą być urabiane ładowarkami do przybierki spągu. Poniżej przedstawiono przebieg prac nad powstaniem tej maszyny.

2. OKREŚLENIE MOŻLIWOŚCI MECHANICZNEGO URABIANIA SKAŁ SPĄGOWYCH W WARUNKACH POLSKICH KOPALŃ WĘGLA KAMIENNEGO

W pierwszym etapie prac koniecznym było określenie możliwości mechanicznego urabiania skał spągowych w warunkach polskich kopalń węgla kamiennego. W tym celu wymagane było wyznaczenie wartości wskaźnika skrawalności tych skał A oraz wartości kąta bocznego rozkruszania ψ , w celu okre-

ślenia struktury tej skały (zwięzła/krucha). Dotychczas stosowany w Katedrze Maszyn Górniczych, Przeróbczych i Transportowych sposób polegający na pomiarze tych parametrów bezpośrednio w miejscu urabiania był jednak dla pomiaru w płaszczyźnie skał spągowych mało przydatny. Dlatego zaproponowano pomiar na stanowisku zlokalizowanym w Katedrze. Stanowisko to, wykonane w oparciu o strugarkę poprzeczną, przedstawiono na rysunku 1. Umożliwia ono bezpośredni pomiar wartości sił składowych działających na nóż skrawający – siły skrawania (stycznej) P_s , docisku P_d i bocznej P_b . Wartości tych sił są mierzone i rejestrowane za pomocą przenośnego komputera pomiarowego Toshiba typ Laptop Highscreen 386-DX33 z oprogramowaniem ESAM 3000.



Rys. 1. Widok specjalnego laboratoryjnego stanowiska do badania oporów skrawania

Do przeprowadzenia pomiarów niezbędne było przygotowanie odpowiednich próbek skalnych w kształcie prostopadłościanu, celem zamocowania ich na stanowisku. Ze względu na trudności z uzyskaniem takich próbek bezpośrednio w wybranych wyrobiskach korytarzowych, zaproponowano inny sposób ich przygotowania. Możliwie jak największy (minimum 20 cm długości, 10 cm szerokości i 6 cm wysokości) odłam skały pobrany ze spągu, po wcześniejszym zidentyfikowaniu rodzaju skał spągowych został zabetonowany w prostopadłościennej formie tak, aby ponad jej powierzchnie wystawał o co najmniej 2 cm. Po uzyskaniu przez beton gwarantowanej wytrzymałości, próbka była zamocowana na stole stanowiska badawczego i poddana próbom skrawania.

Pomiar wartości wskaźnika skrawalności A i kąta bocznego rozkruszania ψ przeprowadzono dla próbek pobranych ze spągu, z wybranych wyrobisk korytarzowych, z wytypowanych kopalń węgla ka-

miennego. Do pobrania próbek wybrano następujące kopalnie, w których występują problemy z wypiętrzaniem spągu: KWK Wieczorek, KWK Bogdanka, KWK Marcel, ZG Sobieski-Jaworzno III, KWK Śląsk, KWK Murcki, KWK Wesoła, KWK Zofiówka, ZG Piekary, ZG Janina. Pobrano ogółem 48 próbek skalnych. Po wyrównaniu powierzchni, ustawiano założoną głębokość skrawania (~ 5 mm) i wykonano pomiary. Widok jednej z próbek podczas wykonywania skrawu przedstawiono na rysunku 2. Pomiary wykonywano w miarę możliwości, w co najmniej 5 reprezentatywnych miejscach wykonanego skrawu. Następne skrawy wykonywano w odległości co najmniej 25–30 mm od wcześniej wykonanego. Jeżeli pozwalała na to powierzchnia próbki, wykonywano co najmniej 3 skrawy.



Rys. 2. Widok próbki skalnej podczas wykonywania skrawu pomiarowego

Procedurę taką wykonywano dla wszystkich pobranych i zabetonowanych próbek. Po przeprowadzonych pomiarach dla każdej z próbek i dla każdego ze skrawów opracowywano i analizowano zarejestrowane wyniki. W oparciu o nie wykonywano obliczenia i wyznaczano wartości wskaźnika skrawalności A oraz kąta bocznego rozkruszania ψ .

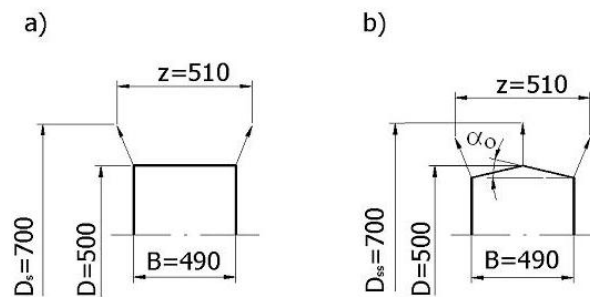
Analizując otrzymane wyniki można zauważyć, że zanotowano najwięcej badanych próbek skalnych o wskaźniku zwięzłości z przedziału od 1 do 20 kN/cm. Tylko dla około 15% próbek wartość tego wskaźnika mieści się w przedziale 20-40 kN/cm i więcej. Uzyskane wyniki pozwalają na konkluzję, że jest możliwe mechaniczne urabianie skał zalegających w spągach wytypowanych polskich kopalń węgla kamiennego. Przy projektowaniu rozwiązania organu urabiającego do frezowania spągów należy, dla określenia wymaganej mocy silnika napędowego, zakładać wartość wskaźnika skrawalności A na poziomie co najmniej 20 kN/cm.

3. OKREŚLENIE ZAŁOŻEŃ KONSTRUKCYJNYCH DLA ZESPOŁU URABIAJĄCEGO I ŁADUJĄCEGO ORAZ UKŁADU ZASILANIA HYDRAULICZNEGO

Realizacja postawionego zadania polegać będzie na opracowaniu i wykonaniu zespołu urabiającego i ładującego, umożliwiającego mechaniczne urabianie spągów o wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie do 120 MPa za pomocą frezowania z wykorzystaniem noży stycznych obrotowych, mocowanych na bębnowym organie urabiającym, a następnie ich ładowanie na środek odstawy. Zespół ładujący powinien być montowany jako dodatkowy osprzęt na istniejących wąsko przodkowych ładowarkach gaśnicowych, co wydatnie obniży nakłady konieczne na wykonanie całego urządzenia, pozwalającego na mechaniczne urabianie, ładowanie i odstawę urabianych skał.

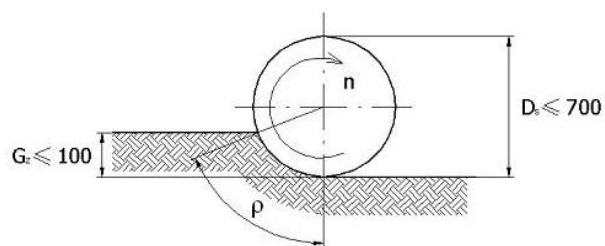
Według wstępnych koncepcji, opracowanych na podstawie uzyskanych wyników badań, zastosowany zespół urabiający, mocowany z przodu maszyny, będzie skrawać spąg warstwami na głębokość do 25 cm i szerokość nawet do 120 cm. Ze względu na konieczność wykonywania przybierki spągu, np. pod przenośnikiem taśmowym przyjęto, że średnica zewnętrzna organu mierzona po wierzchołkach narzędzi skrawających nie powinna przekraczać $D_s = 700$ mm, natomiast średnica bębna organu $D \cong 500$ mm. Szerokość organu ograniczana jest nie tylko przez miejsce jego pracy, ale również przez możliwość jego napędu (moc i moment silnika napędowego i jego wymiary zewnętrzne umożliwiające jego zamocowanie wewnątrz organu). Większa szerokość organu to więcej narzędzi w kontakcie z calizną i większe opory urabiania, a w konsekwencji konieczność zastosowania większej jednostki napędowej (we wstępnych rozważaniach przyjęto, że wymagana moc nie będzie większa niż 40 kW). Dlatego wstępnie przyjęto szerokość organu $B \cong 500$ mm. Ze względu na prostsze wykonanie organ można wykonać jak cylindryczny, lub alternatywnie jako stożkowy. Wersje takich organów, wraz z podstawowymi wymiarami, przedstawiono na rysunku 3.

Ze względu na sposób urabiania warstwy spągowej ustalono kierunek obrotów organu urabiającego oraz wielkość jego zagłębienia. Najkorzystniejsze są obroty nadsiębierne. Natomiast maksymalne zagłębienie organu w spąg wyrobiska określono na $G_z \leq 100$ mm w przypadku organu cylindrycznego, a w przypadku organu stożkowego na $G_{zs} \leq 100$ mm po bokach organu oraz $G_{zc} \leq 150$ mm w jego części środkowej. Schematycznie sposób urabiania warstwy spągowej dla organu cylindrycznego pokazano na rysunku 4.



Rys. 3. Schemat proponowanych organów urabiających wraz z podstawowymi wymiarami:
a) organ cylindryczny, b) organ stożkowy

Wartość tej głębokości jest ograniczona przez liczbę noży pozostających równocześnie w kontakcie ze skałą, a tym samym oporami urabiania. Liczbę tych noży można oszacować znając liczbę noży na organie oraz wartość kąta styku organu z calizną ρ . Dla określenia sumarycznej liczby noży na organie niezbędnym było również opracowanie, dla powyżej założonych parametrów organu, układu nożowego.



Rys. 4. Schemat sposobu urabiania warstwy spągowej dla organu cylindrycznego

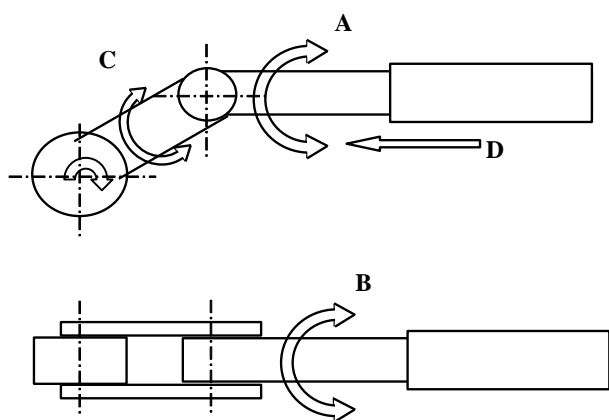
W następnej kolejności określono przybliżone wartości parametrów kinematycznych pracy nowego rozwiązania organu urabiającego – liczbę obrotów oraz prędkość posuwu (przemieszczania się) organu w płaszczyźnie pionowej i poziomej.

Dla uzbrojenia organu, jako najbardziej korzystne wybrano noże styczno-obrotowe tzw. ołówkowe serii RL (Long Retainer) o średnicy części skrawającej 26,9 mm i średnicy części chwytowej 19,4 mm oraz uchwyty do ich mocowania z serii C10 typ C10H Block oferowane przez firmę Kennametal Inc. Mining and Construction Division.

Równoczesne urabianie spągu i ładowanie urobku jest operacją skomplikowaną, dlatego w opracowywanym rozwiązaniu maszyny zaproponowano załadunek i odstawę urobku dopiero po urobieniu partii skał spągowych. Zespół urabiający po operacji urabiania jest demontowany, a na jego miejsce mocowany jest zespół ładujący – łyżka czerpaka, montowana podobnie jak głowica przegubowo na końcu ramie-

nia. Konstrukcja elementu ładującego dla potrzeb zastosowania w wyrobiskach korytarzowych, przy pobierze spągu, powinna umożliwić alternatywny wyładunek do przodu lub na bok.

Nowe rozwiązanie organu urabiającego do frezowania spągów, według założeń projektowych, będzie zamocowane na ramieniu (wysięgniku), zabudowanym na samojezdnym nośniku. Ze względu na warunki górnictwo-geologiczne, klimatyczne oraz spągowe panujące w podziemnych kopalniach węgla kamiennego, gdzie będzie wykorzystywana projektowana maszyna, pod uwagę należy brać wyłącznie nośnik gąsienicowy o napędzie elektrohydraulicznym. Ze względu na charakter pracy organu wymagane jest zagwarantowanie co najmniej trzech podstawowych ruchów ramienia – podnoszenie i opuszczanie, obrót w lewo i prawo oraz wysuw do przodu. Ze względu na zaproponowane rozwiązanie układu do załadunku i odstawy urobku (wymieniana z organem urabiającym łyżka czerpaka) korzystnym będzie, aby łyżka czerpaka, jak też organ urabiający, miały możliwość opuszczania i podnoszenia względem wysuwanego do przodu końca ramienia. Możliwości ruchowe ramienia, na którym będzie mocowany organ urabiający lub łyżka czerpaka, przedstawiono schematycznie na rysunku 5.



Rys. 5. Schemat możliwości ruchowych ramienia (wysięgnika) organu urabiającego i łyżki czerpaka

Ruch **A** to opuszczanie i podnoszenie ramienia. Zakres ruchu ramienia w płaszczyźnie pionowej powinien pozwolić na zawrębie organu w spąg do głębokości 150 mm i podnoszenie łyżki czerpaka na wysokość związaną z wyładunkiem urobku (wysokość środka odstawy – wóz kopalniany, przenośnik zgrzeblowy lub taśmowy). Przyjmując największą wartość wysokości środka odstawy – wozu kopalnianego, można założyć, że krawędź łyżki czerpaka na czas wyładunku powinna być podniesiona na wysokość co najmniej 1500 mm. Ruch **B** to obrót ramienia na boki, pozwalający na urobienie z jednego usta-

wienia nośnika gąsienicowego szerokości wyrobiska wykonywanego w obudowie co najmniej ŁP8 do minimum 4 m szerokości. Ruch **C** to opuszczanie i podnoszenie organu, a głównie opuszczanie i podnoszenie łyżki czerpaka w czasie załadunku i wyładunku urobku. Jest to dodatkowy ruch pomocniczy do ruchu opuszczania i podnoszenia ramienia, pozwalający na lepszy załadunek i wyładunek urobku. Ruch ten jest wymagany przy wymiennym montowaniu na ramieniu organu urabiającego i łyżki czerpaka. Ostatni ruch **D** to wysuw ramienia do przodu. W tym celu wymagana jest teleskopowa konstrukcja wysięgnika. Wartość wysuwu minimum to 0,35 m i jest ona związana ze średnicą organu urabiającego. Wszystkie ruchy ramienia będą wykonywane szeregowo, to znaczy że nie można równocześnie np. podnosić i obracać ramienia. Wymaga tego kinematyka pracy organu urabiającego oraz możliwości jednoczesnego zasilania z agregatu hydraulicznego co najwyżej dwóch odbiorników (np. silnika organu i jednego z zespołu siłownika/siłowników).

W założeniach przedstawionych na początku określono, że pod uwagę brany jest wyłącznie nośnik gąsienicowy o napędzie elektrohydraulicznym. Można opracować rozwiązanie takiego nośnika, jednak dla badań bardziej ekonomiczna jest modernizacja jednej z już istniejących wersji ładowarek chodnikowych. Jej układ hydrauliczny musi być zatem przewidziany do zasilania silników hydraulicznych podwozia gąsienicowego, silnika napędowego organu urabiającego oraz siłowników hydraulicznych do przemieszczania ramienia z organem. Na podstawie parametrów znanych maszyn górniczych, pracujących w górnictwie podziemnym, przyjęto wartość ciśnienia zasilania agregatu hydraulicznego $p_z = 16$ MPa. Jest to wartość zapewniająca pożądane i założone parametry pracy organu – głównie moment obrotowy oraz siłę posuwu organu podczas urabiania. Natomiast w nawiązaniu do założeń dla konstrukcji ramienia organu urabiającego i możliwości wykonywania tylko szeregowo jednego wybranego ruchu ramienia można stwierdzić, że dla wybranego typu silnika napędowego organu wymagany będzie wydatek agregatu hydraulicznego na poziomie 145 dm³/min.

4. OPRACOWANIE PROJEKTU I WYKONANIE ZESPOŁU URABIAJĄCEGO I ŁADUJĄCEGO ORAZ MODERNIZACJI NOŚNIKA GĄSIENICOWEGO

Na podstawie analizy dostępnych rozwiązań górniczych ładowarek chodnikowych dostępnych na rynku



Rys. 6. Widok ładowarki dołowej bocznie sypiącej typ LBT 700-EH, produkowanej przez Hutę Bumar Łabędy w Gliwicach

polskim wybrano jako najbardziej odpowiednie do adaptacji i modernizacji jako nośnik gąsienicowy, rozwiązanie ładowarki typ LBT 700-EH produkowanej przez Hutę Bumar Łabędy w Gliwicach. Jest ona ładowarką z napędem agregatu o mocy 37 kW i łyżką czerpaka o pojemności 700 dm³. Rozwiązanie konstrukcyjne ramienia, na którym mocowana jest łyżka czerpaka ma możliwość jej podnoszenia na wysokość 1750 mm, opuszczania do poziomu spągu oraz obracania na boki o kąt 20°. Dodatkowo posiada ona przegubowe mocowanie łyżki, pozwalające na jej podnoszenie (tzw. zamykanie czerpaka) i opuszczanie za pomocą siłownika hydraulicznego łyżki poniżej poziomu spągu na głębokość 260 mm. Teleskopowa konstrukcja ramienia pozwala ponadto na wysuw łyżki czerpaka na odległość do 900 mm. Prędkość jazdy takiej ładowarki to 0,7 m/s, a masa całkowita to 11000 kg. Widok takiej ładowarki przedstawiono na rysunku 6.

Po przeprowadzeniu oględzin pozyskanego egzemplarza ładowarki okazało się, że konieczne jest opracowanie projektu modernizacji i wykonanie nowego agregatu hydraulicznego, dostosowanego do opisanych powyżej parametrów pracy, wymiana niesprawnych lub uszkodzonych elementów konstrukcyjnych i hydraulicznych, wykonanie kompleksowego przeglądu i konserwacji oraz wykonanie przeróbek końca ramienia pod kątem dostosowania do szybkiej wymiany organu urabiającego na łyżkę czerpaka i odwrotnie.

Na podstawie opracowanych parametrów nowego rozwiązania organu urabiającego, zaproponowanych typów narzędzi skrawających i ich uchwytów oraz silnika hydraulicznego i przedstawionych założeń i wytycznych dotyczących ramienia organu urabiającego, opracowano projekty organu urabiającego i zespołu ładującego dla prototypowego zespołu do

frezowania spągów. Zdecydowano się wykorzystać ten sam układ do mocowania elementu ładującego na ramieniu nośnika, jak dla organu urabiającego. Pozwoli to na prostą i szybką wymianę, w zależności od potrzeb, jednego z zespołów na drugi (organu urabiającego na łyżkę czerpaka). Równocześnie w przedstawionym projekcie założono zastosowanie rozwiązania łyżki czerpaka z wysypem urobku za pomocą wysuwnej tylnej ścianki lub z możliwością wysypu alternatywnie na lewy lub prawy ocios.

Przeprowadzono również dla opracowanych projektów organu urabiającego i zespołu ładującego oraz zmodernizowanego nośnika gąsienicowego symulacje ich możliwości kinematycznych oraz stateczności. Wyniki tych symulacji były pozytywne, w zaplanowanym zakresie pracy maszyny.

Na podstawie opracowanych projektów, w firmie VACAT Sp. z o.o. w Rybniku wykonano modernizację ładowarki LBT 700-EH jako nośnika gąsienicowego oraz wykonano nowe rozwiązania organu urabiającego i zespołu ładującego. Widok wykonanej prototypowej ładowarki z zamontowanym organem urabiającym przedstawiono na rysunku 7, natomiast widok maszyny z zespołem ładującym wykonanym jako czerpak z wysuwną tylną ścianką, pokazano na rysunku 8.

5. BADANIA STANOWISKOWE PROTOTYPOWEJ ŁADOWARKI Z WYMIENNYM OSPRZĘTEM DO FREZOWANIA SKAŁ SPĄGOWYCH

Wykonany prototypowy egzemplarz ładowarki z wymiennym osprzętem do frezowania skał spągowych został poddany badaniom stanowiskowym na



Rys. 7. Widok prototypowej ładowarki z zamontowanym organem urabiającym



Rys. 8. Widok prototypowej ładowarki z zamontowanym zespołem ładującym wykonanym jako czerpak z wysuwną tylną ścianką

terenie firmy VACAT Sp. z o.o. Sprawdzone poprawność funkcjonowania poszczególnych podzespołów oraz wykonano pomiary parametrów kinematycznych maszyny. Wartości podstawowych z nich zamieszczono poniżej.

- 1) Prędkość jazdy do przodu v_p – 0,45 m/s,
do tyłu v_t – 0,50 m/s,
- 2) Kąt podnoszenia/opuszczania (obrotu) organu i czerpaka względem ramienia γ – 72° ,
- 3) Kąt podnoszenia/opuszczania ramienia β – $25,2^\circ$,
- 4) Kąt obrotu w lewo/prawo ramienia α – $38,4^\circ$,

- 5) Maksymalna wysokość podnoszenia nad spąg przedniej krawędzi czerpaka H_{cm} – 2390 mm,
- 6) Maksymalna wielkość przybierki spągu przednią krawędzią czerpaka H_{cp} – 340 mm,
- 7) Długość wysuwu ramienia W_r – 90 cm,
- 8) Długość wysuwu tylnej ścianki czerpaka D_{wc} – 45 cm.

Przeprowadzono również pomiary współrzędnych środka ciężkości oraz wartości pobieranej przez agregat hydrauliczny mocy elektrycznej, momentów w silnikach hydraulicznych i sił działających w siłownikach hydraulicznych podczas wykonywania poszczególnych operacji, takich jak



Rys. 9. Widok ładowarki z organem frezującym podczas prób urabiania bloku betonowego

np.: jazda, skręt lub podnoszenie ramienia, urabianie organem na luzie i pod obciążeniem. Próby urabiania przeprowadzono na specjalnie wykonanym bloku betonowym. Widok maszyny podczas jednej z prób urabiania bloku betonowego przedstawiono na rysunku 9.

Wyniki przeprowadzonych pomiarów były zadowalające. Nie przekroczone zalecanych wartości obciążenia agregatu i silnika hydraulicznego organu urabiającego oraz sił w siłownikach. Uzyskano pełną stabilność maszyny podczas pracy. Jedyną uwagą wynikającą z przeprowadzonych prób było ograniczenie głębokości jednej warstwy skrawanej organem do 5-7 cm.

Ostatnią przeprowadzoną próbą stanowiskową była przekładka organu urabiającego na zespół ładujący oraz operacja odwrotna. Sprawdzano łatwość oraz mierzone czas ich wykonania. Przy zastosowaniu urządzeń pomocniczych, takich jak np. suwnica, demontaż organu urabiającego zajął około 20 minut. Natomiast montaż zespołu ładującego był o kilka minut dłuższy i wyniósł 25 minut. Zatem sumaryczny czas przekładki nie przekraczał 45 minut. Czas trwania operacji odwrotnej był porównywalny.

6. PODSUMOWANIE

Zaproponowane rozwiązanie ładowarki z wymiennym osprzętem do frezowania skał spągowych

zostało sprawdzone w warunkach stanowiskowych i wykazało przydatność do zaplanowanych operacji związanych z mechanicznym urabianiem skał spągowych i ich ładowaniem. Jednak pełną odpowiedź można będzie uzyskać po przeprowadzeniu prób w warunkach dołowych, w jednej z kopalń węgla kamiennego. Próby te zostaną przeprowadzone w najbliższym czasie.

Literatura

1. Kotwica K., Krauze K., Wydro T.: Możliwości mechanicznego urabiania spągu w warunkach polskich kopalń węgla kamiennego. Monografia „Nowoczesne metody eksploatacji węgla i skał zwięzłych”. Konferencja TUR 2007, AGH Kraków, 2007.
2. Sprawozdanie z pracy naukowo-badawczej pt. „Górnictwo zespół urabiający do frezowania spągów”. AGH Kraków 2008, (niepublikowane).

Recenzent: dr hab. inż. Marek Jaszczuk, prof. nzw. Pol. Śl.