

## Koncepcja wymiennego osprzętu do wiercenia dla ładowarki bocznie wysypującej

*W procesie drążenia kamiennych wyrobisk chodnikowych przy użyciu materiałów wybuchowych stosuje się zwykle dwie niezależne maszyny – wóz wiertniczy oraz ładowarkę. W przypadku, gdy wprowadzenie do wyrobiska ww. maszyn jest niemożliwe lub nieuzasadnione ekonomicznie, proponuje się stosowanie alternatywnych rozwiązań, umożliwiających realizację procesu drążenia. Uwzględniając wymagania przedsiębiorstw robót górniczych, w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG opracowano koncepcję wymiennego osprzętu do wiercenia przewidzianego do zabudowy na wysięgniku teleskopowym ładowarki bocznie wysypującej ŁBT-1200M. W trakcie prac projektowych zwrócono szczególną uwagę na zagadnienia związane z bezpieczeństwem stosowania tego osprzętu, zwłaszcza w aspekcie stateczności ładowarki wyposażonej w przedmiotowe urządzenie.*

### 1. WSTĘP

---

Drążenie kamiennych wyrobisk korytarzowych przy użyciu materiałów wybuchowych wymaga zastosowania szeregu maszyn i urządzeń. Technologia drążenia wyrobiska materiałami wybuchowymi wiąże się z wykonaniem takich czynności, jak: urabianie, ładowanie i zabudowa wyrobiska [2]. Podstawowymi maszynami eksploatowanymi w drążonych wyrobiskach chodnikowych są wozy wiertnicze oraz ładowarki, przeznaczone do przemieszczania urobku na dalsze środki odstawy [1].

Korzystną cechą zastosowania dwóch niezależnych maszyn jest możliwość wymiennego ich stosowania w przodku, bez wykonywania czynności przygotowawczych. Zastosowanie tych maszyn uwarunkowane jest przede wszystkim gabarytami drążonego wyrobiska [2].

W przypadku, gdy wprowadzenie do wyrobiska dwóch maszyn (wozu wiertniczego i ładowarki) jest niemożliwe lub nieuzasadnione ekonomicznie, stosuje się inne alternatywne rozwiązania, które pozwalają na realizację procesu urabiania. Zmniejszenie liczby maszyn w przodku jest korzystne ze względu na

ograniczenie energochłonności procesu urabiania, a tym samym kosztów drążenia jednostkowej długości wyrobiska [4]. Rozwiązaniem problemu konieczności eksploatacji kilku maszyn jest stosowanie rozwiązań o budowie modułowej [3].

Mając na względzie przedstawione powyżej zastrzeżenia, jak również oczekiwania przedsiębiorstw robót górniczych, w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG opracowano koncepcję wymiennego osprzętu do wiercenia, którego głównym elementem jest „manipulator” umożliwiający wykonanie otworu. Osprzęt ten jest przystosowany do zabudowy na ładowarce bocznie wysypującej ŁBT-1200M.

### 2. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

---

Prace projektowe dotyczące zabudowy osprzętu do wiercenia na wysięgniku ładowarki bocznie wysypującej ŁBT-1200M miały na celu zapewnienie możliwości sprawnego wymiany czerpaka ładowarki na przedmiotowy osprzęt do wiercenia. Głównym zadaniem było zaprojektowanie układu automatyzującego proces wymiany ww. narzędzi roboczych.

Technologia drążenia wyrobisk korytarzowych z zastosowaniem materiałów wybuchowych wymaga wykonywania wierceń otworów strzałowych prostopadłych (lub nieznacznie skośnych) w czole przodka. Z kolei wykonywanie wierceń w ociosach, stropie i spągu jest sporadyczne. W związku z tym założono, że konstrukcja urządzenia do wiercenia będzie pozwalała przede wszystkim na wykonywanie otworów prostopadłych do czoła przodka. Ewentualny szerszy zakres ruchu manipulatora będzie uzależniony od sposobu zabudowy na wysięgniku ładowarki.

W celu ograniczenia konieczności przemieszczania maszyny w przodku założono, że kinematyka manipulatora wiertniczego będzie umożliwiawała wykonywanie otworów strzałowych w przodku o przekroju poprzecznym odpowiadającym obudowie łukowej ŁP12. Wykonanie otworów w tak dużym przekroju wyrobiska wymagało zastosowania szeregu węzłów ruchomych, których masa własna mogłaby niekorzystnie wpływać na stateczność maszyny. Założono zatem, że kinematyka manipulatora wiertniczego będzie umożliwiawała wykonanie otworów na maksymalnej wysokości stosowanej obudowy ŁP 12, a szerokość wiercenia (z jednego ustawienia) będzie wynikowa.

Przeprowadzona analiza możliwości ruchowych osprzętu do wiercenia w zakresie jego zabudowy na wysięgniku ładowarki górniczej pozwoliła na ustalenie następujących parametrów technicznych projektowanego urządzenia:

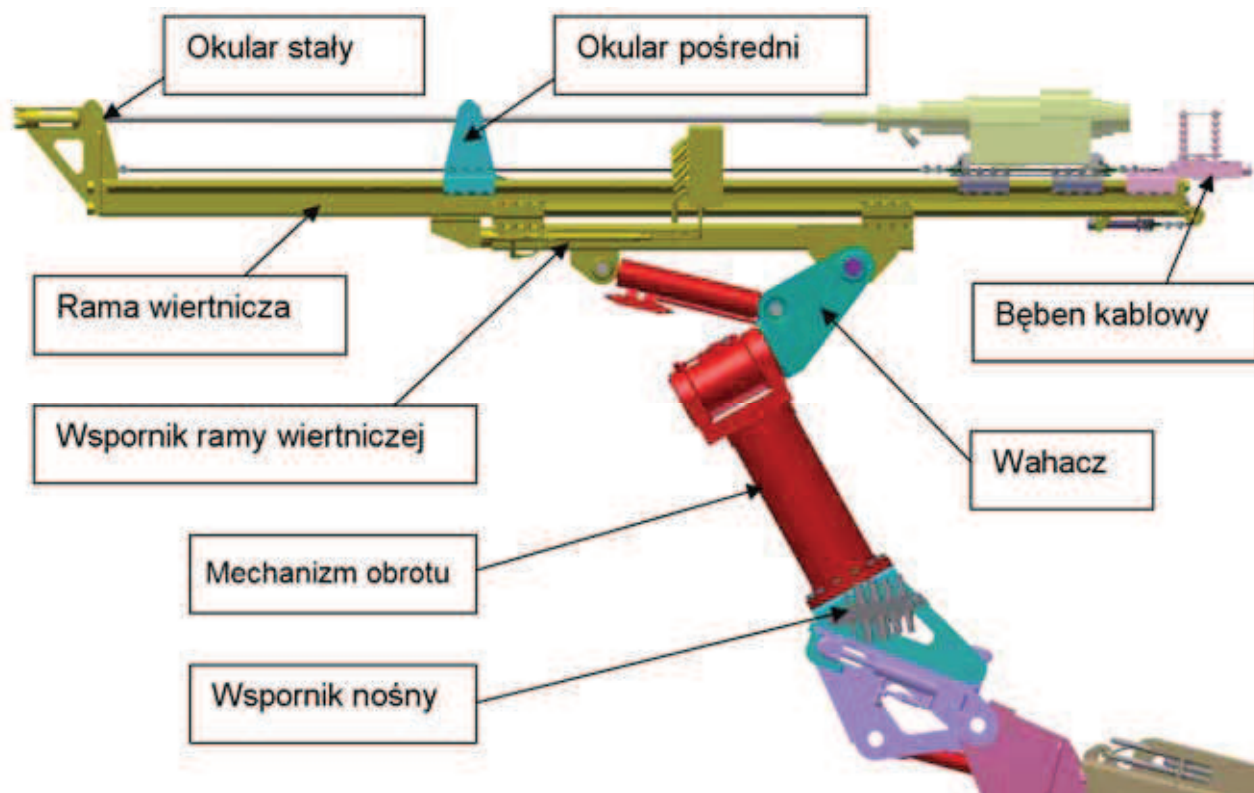
- masa własna – nie większa niż 2000 kg,
- maksymalna wysokość wiercenia – nie mniejsza niż 4200 mm,
- maksymalna szerokość wiercenia z jednego ustawienia maszyny – do 6100 mm,
- kąt obrotu lawety wiertniczej –  $\pm 180^\circ$ ,
- skok wiertarki – około 2400 mm,
- dosuw ramy wiertniczej do czoła przodka – 500 mm.

### 3. KONCEPCJA OSPRZĘTU DO WIERCENIA

Pierwszym etapem prac projektowych dotyczących wymiennego osprzętu do wiercenia było ustalenie kinematyki ruchów manipulatora wiertniczego. Określenie kątów wychylenia oraz zakresu ruchu urządzenia dokonano w oparciu o model przestrzenny osprzętu do wiercenia zabudowanego na ładowarce bocznie wysypującej ŁBT-1200M (rys. 1).



Rys. 1. Model przestrzenny wymiennego osprzętu do wiercenia zabudowanego na ładowarce ŁBT-1200M (opracowanie własne)



Rys. 2. Wymienny osprzęt do wiercenia – główne zespoły (opracowanie własne)

Wymiana narzędzi roboczych (czerpaka z wahaczem i urządzenia do wiercenia) na wysięgniku ładowarki realizowana będzie za pomocą elementu przejściowego (chwytaka), umożliwiającego zmianę narzędzia z pozycji (stanowiska) operatora maszyny.

Zabudowany na ramieniu wewnętrznym wysięgnika teleskopowego ładowarki chwytak wyposażony będzie w haki umożliwiające podchwyt narzędzia oraz unieruchomienie go względem wysięgnika. Obrót chwytaka wokół punktu jego mocowania będzie realizowany za pomocą siłownika hydraulicznego, standardowo zabudowanego na ładowarce.

Wymienny osprzęt do wiercenia (rys. 2) składa się z następujących zespołów:

- wspornik nośny,
- mechanizm obrotu,
- wahacz,
- wspornik ramy wiertniczej,
- rama wiertnicza,
- bęben kablowy,
- okulary: stały i pośredni.

Wspornik nośny umożliwi zamontowanie manipulatora wiertniczego na chwytaku. W górnej części wspornika zabudowany będzie sworzeń, poprzez podchwyt którego realizowany będzie montaż i demontaż układu wiertniczego. Konstrukcja wspornika pozwoli na zamontowanie do niego mechanizmu obrotu manipulatora wiertniczego.

Mechanizm obrotu pozwala na obracanie manipulatora wiertniczego w prawą bądź lewą stronę wokół osi będącej przedłużeniem osi maszyny. Umożliwia on ustawienie manipulatora wiertniczego, począwszy od położenia górnego, poprzez obrót na boki, aż do całkowitego obrócenia go do pozycji pod wysięgnikiem ładowarki.

Kolejnym zespołem manipulatora wiertniczego jest wahacz zabudowany bezpośrednio na mechanizmie obrotu. W górnej części wahacza znajdują się ucha umożliwiające montaż wspornika ramy wiertniczej oraz siłownika hydraulicznego. Zamontowany do wahacza i do wspornika ramy wiertniczej siłownik hydrauliczny umożliwi pochylanie ramy wiertniczej w płaszczyźnie podłużnej.

Do wahacza i siłownika hydraulicznego przymocowany będzie wspornik ramy wiertniczej. W górnej części wspornika zabudowano dwa elementy ślizgowe (przedni i tylny), za pomocą których realizowany będzie przesuw ramy wiertniczej do przodu i do tyłu. Ruch ten w zakresie  $0 \div 500$  mm służyć będzie stabilizacji ramy wiertniczej względem obwiercanego przodka. Zabudowany wewnątrz wspornika siłownik hydrauliczny poprzez wysuw do przodu lub wycofanie ramy wiertniczej będzie dociskał lub zwalniał docisk elementu rozporowego ramy wiertniczej.

Ostatnim zespołem prezentowanego manipulatora jest rama wiertnicza. Na jej bocznych płaszczyznach zabudowano dwie powierzchnie ślizgowe (tory).

Dolny tor ślizgowy umożliwi montaż ramy wiertniczej do wspornika ramy i przesuwanie jej do przodu i do tyłu za pomocą siłownika hydraulicznego, którego ucho przymocowane będzie do wspornika umieszczonego w przedniej dolnej części ramy wiertniczej. Drugi, górny tor ślizgowy zabudowany będzie na całej długości ramy wiertniczej. Po tym torze przemieszczane będą (na elementach ślizgowych): laweta z wiertarką, bęben kablowy oraz okular pośredni. Okular stały, przykręcany w przedniej części ramy wiertniczej, wyposażony będzie w kolec stabilizujący ramę wiertniczą względem czoła przodku, a tym samym pozwalający na utrzymywanie ustalonej osi wiercenia.

Wewnątrz ramy wiertniczej zabudowany będzie linowy mechanizm posuwu wiertarki, bębna kablowego oraz okularu pośredniego, którego ruch realizowany będzie za pomocą siłownika hydraulicznego. Przesuwane za pomocą siłownika okular pośredni oraz bęben kablowy wymuszają ruch wiertarki.

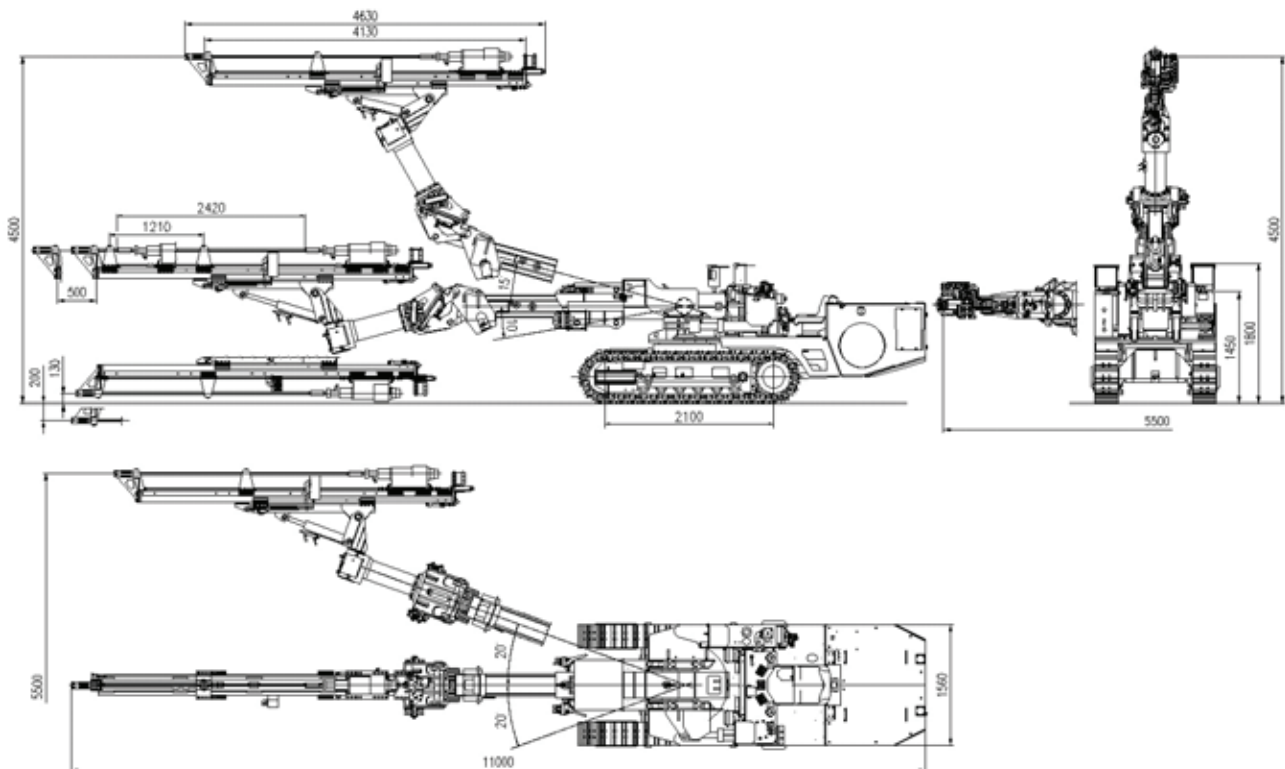
#### 4. KINEMATYKA OSPRZĘTU DO WIERCENIA

Jednym z podstawowych założeń, jakie sformułowano przed przystąpieniem do projektowania wymiennego osprzętu do wiercenia, było umożliwienie

wykonania otworów w przodku o przekroju odpowiadającym obudowie łukowej ŁP 12. Szczególnie istotnym było zapewnienie możliwości wykonania otworów na wysokości 4225 mm (wysokość obudowy ŁP 12). W celu spełnienia tego warunku poddano analizie możliwości ruchowe wysięgnika teleskopowego ładowarki ŁBT-1200M (wysuw, podnoszenie góra-dół oraz wychylenie prawo-lewo). Ze względu na stateczność poprzeczną ładowarki wychylenie manipulatora wiertniczego na boki ograniczono do 20°.

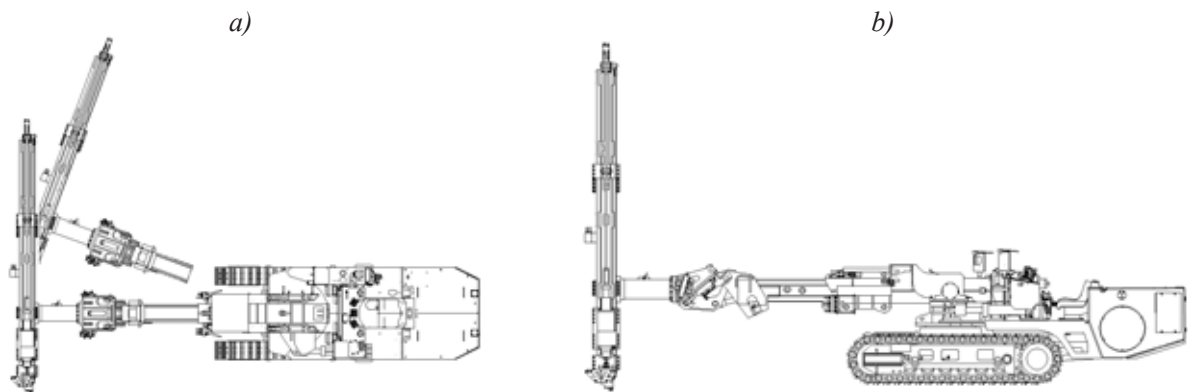
Działania projektowe pozwoliły na opracowanie manipulatora wiertniczego umożliwiającego wykonywanie otworów strzałowych o długości do 2420 mm, na maksymalnej wysokości 4500 mm i szerokości wyrobiska w zakresie  $\pm 2750$  mm.

Możliwości kinematyczne (ruchowe) zaproponowanego układu do wiercenia – pokazane na rys. 3. – nie ograniczają się jedynie do wykonywania otworów prostopadłych do czoła przodka. Zaprojektowany układ kinematyczny urządzenia pozwala, między innymi, na ustawienie wiertarki w położeniu górnym (nad wysięgnikiem) i dolnym (pod wysięgnikiem). Odpowiednie ustawienie wysięgnika ładowarki oraz poszczególnych mechanizmów manipulatora wiertniczego umożliwi wykonanie otworów na obwodzie elipsy o wysokości 4700 mm oraz szerokości 5500 mm. Ustawienie manipulatora wiertniczego



Rys. 3. Osprzęt do wiercenia zabudowany na ładowarce ŁBT-1200M – możliwości ruchowe (opracowanie własne)





Rys. 4. Wykonywanie otworów kotwowych:  
a) w ociosie, b) w stropie lub spągu (opracowanie własne)

prostopadle względem podwozia ładowarki pozwoli na wykonywanie otworów kotwowych w ociosie, stropie i spągu (rys. 4).

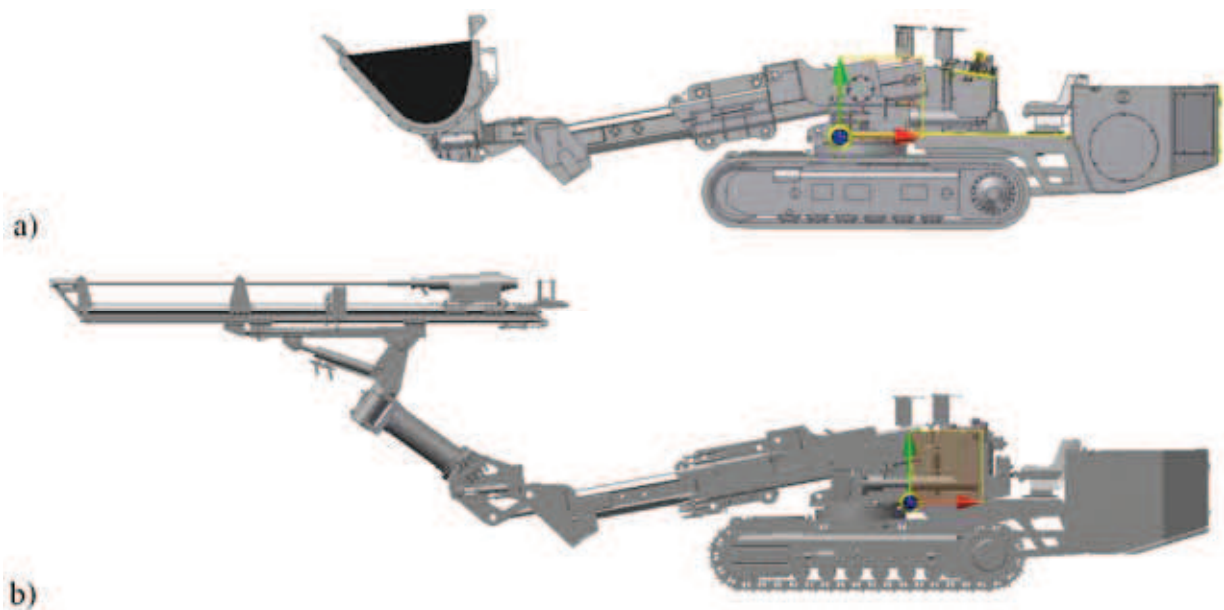
## 5. STATECZNOŚĆ ŁADOWARKI Z ZABUDOWANYM OSPRZĘTEM DO WIERCENIA

Podczas projektowania osprzętu do wiercenia współpracującego z ładowarką ŁBT-1200M przeprowadzono również analizę wpływu jego zabudowy na stateczność całej maszyny. Z uwagi na fakt, że ładowarka ŁBT-1200M jest przeznaczona do pracy na nachyleniach podłużnych w zakresie  $\pm 20^\circ$  oraz poprzecznych  $\pm 8^\circ$ , wymienny osprzęt do wiercenia stosowany zamiennie z czerpakiem i wahaczem ładowarki nie powinien pogarszać warunków stateczności urządzenia.

W celu określenia położenia środka ciężkości całej maszyny wykorzystano model przestrzenny osprzętu do wiercenia oraz ładowarki ŁBT-1200M. Po przypisaniu własności materiałowych poszczególnym elementom wyznaczono położenie środka ciężkości w płaszczyźnie podłużnej oraz poprzecznej.

Przeprowadzona analiza położenia środka ciężkości maszyny pozwoliła stwierdzić, że stateczność podłużna i poprzeczna w wyniku zabudowy na wysięgniku ładowarki osprzętu do wiercenia nie została pogorszona. Potwierdzeniem tego może być również fakt, iż masa całkowita osprzętu do wiercenia, szacowana na 1800 kg, jest mniejsza od masy czerpaka wypełnionego urobkiem (ok. 3400 kg).

Położenie środka ciężkości dla ładowarki ŁBT-1200M z czerpakiem wypełnionym urobkiem oraz z zamontowanym osprzętem do wiercenia przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Położenie środka ciężkości ładowarki w płaszczyźnie podłużnej:  
a) z czerpakiem wypełnionym urobkiem, b) z osprzętem do wiercenia (opracowanie własne)

Porównując położenie środka ciężkości dla obydwu przypadków, można stwierdzić, że dla ładowarki z zabudowanym osprzętem do wiercenia środek ciężkości jest odsunięty do tyłu od krawędzi wyrotu o około 500 mm w odniesieniu do jego położenia dla ładowarki z czerpakiem wypełnionym urobkiem, a więc nie pogarsza stateczności ładowarki na nachyleniach podłużnych w zakresie  $\pm 20^\circ$  oraz poprzecznych w zakresie  $\pm 8^\circ$ .

## 6. PODSUMOWANIE

Efektywne drążenie kamiennych wyrobisk korytarzowych z użyciem materiałów wybuchowych wymaga zastosowania w przodku wozu wiertniczego oraz ładowarki górniczej. Maszyny te, w celu wykonania czynności podstawowych, muszą wymiennie dojeżdżać do przodka i wycofywać się z niego. W przypadku, gdy przekrój poprzeczny wyrobiska nie jest wystarczający do wymijania się dwóch maszyn lub też, gdy stosowanie dwóch maszyn nie jest ekonomicznie uzasadnione, rozwiązaniem może być zastosowanie jednej maszyny z wymiennym osprzętem roboczym.

ITG KOMAG opracował koncepcję osprzętu do wiercenia przewidzianego do zabudowy (zamiennie z jej czerpakiem) na wysięgniku teleskopowym ładowarki bocznie wysypującej ŁBT-1200M.

Prace projektowe zostały poprzedzone analizą wymagań oraz kinematyki ruchu projektowanego osprzętu do wiercenia pod kątem możliwości zastosowania w wyrobisku o przekroju poprzecznym odpowiadającym obudowie łukowej ŁP 12. Ze względu na znaczące oddalenie środka ciężkości osprzętu do wiercenia od podwozia gąsienicowego ładowarki i ewentualny niekorzystny wpływ tego faktu na stateczność maszyny założono, że układ kinematyczny osprzętu do wiercenia powinien zapewniać możliwość wiercenia otworów na wysokości co najmniej 4200 mm. Ze względu na stateczność poprzeczną ładowarki szerokość obwiercenia przodka z jednego ustawienia maszyny ograniczono do 5500 mm.

W wyniku podjętych prac projektowych, uwzględniających ww. ograniczenia, stworzono model przestrzenny osprzętu do wiercenia możliwy do zabudowy na wysięgniku ładowarki ŁBT-1200M. Zaproponowano również rozwiązanie dotyczące wymiany narzędzi roboczych, którego głównym elementem jest chwytak sterowany hydraulicznie ze stanowiska operatora.

Zaprojektowany osprzęt do wiercenia składa się z podzespołów połączonych ze sobą przegubowo,

umożliwiających ustawienie osi wiertarki prostopadłe względem czoła przodka, ociosu, stropu i spągu. Jego zakres kinematyczny dorównuje możliwościom, jakie oferują producenci (przede wszystkim zagraniczni) analogicznego osprzętu roboczego, jak również manipulatorom wiertniczym zabudowywanym na samojedznych wozach wiertniczych.

Podczas prowadzenia prac projektowych zwrócono szczególną uwagę na kwestię bezpieczeństwa użytkownika osprzętu do wiercenia zabudowanego na maszynie. Podstawowym zagadnieniem było w tym kontekście zapewnienie bezkolizyjności układu, zarówno w zakresie jego mechanizmów ruchowych, jak i wysięgnika oraz podwozia ładowarki. Wymaganą bezkolizyjną pracę proponowanego układu zapewniono poprzez zastosowanie siłowników hydraulicznych, mechanizmu obrotu oraz wsporników połączonych ze sobą obrotowo.

Istotnym aspektem bezpieczeństwa stosowania osprzętu do wiercenia było również zagadnienie stateczności maszyny. Opracowany model przestrzenny pozwolił na wyznaczenie środka ciężkości ładowarki wyposażonej w osprzęt do wiercenia oraz weryfikację jego położenia w odniesieniu do stateczności ładowarki z czerpakiem wypełnionym urobkiem. Przeprowadzona analiza stateczności wykazała, że zaprojektowany wymienny osprzęt do wiercenia nie pogarsza warunków stateczności podłużnej i poprzecznej ładowarki ŁBT-1200M.

Wymienne stosowanie opracowanego osprzętu do wiercenia z czerpakiem bocznie wysypującym ładowarki górniczej pozwoli na pełną mechanizację procesu wiercenia otworów strzałowych oraz przemieszczania odstrzelonego urobku z przodów wyrobisk korytarzowych.

### Literatura

1. Broen A.: *Górnice ładowarki chodnikowe*, Wydawnictwo Naukowe „Śląsk”, Katowice 1976.
2. *Maszyny i urządzenia dla inżynierii budownictwa podziemnego: wyrobiska korytarzowe i szybowe w górnictwie*, oprac. A. Klich, Wydawnictwo Naukowe „Śląsk”, Katowice 1999.
3. Kotwica K., Klich A.: *Maszyny i urządzenia do drążenia wyrobisk korytarzowych i tunelowych*, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2011.
4. Kotwica K.: *Perspektywy rozwoju technologii i technik mechanicznych do drążenia wyrobisk korytarzowych w warunkach polskich kopalń węgla kamiennego do roku 2020*. W: „Maszyny Górnicze”, 2007 nr 4.

Artykuł został zrecenzowany przez dwóch niezależnych recenzentów.