

Rozwój wozów strzelniczych – pracować bezpieczniej i szybciej

Ireneusz Marcinowicz, Jerzy Górniak

Prace nad zabezpieczeniem kabin, w których przebywają operatorzy, modernizacja układów hamulcowych, poprawa jakości obsługi – maszyny produkowane w KGHM ZANAM S.A. podlegają ciągłym zmianom służącym zwiększeniu bezpieczeństwa.

Zapewnienie możliwie wysokiego poziomu bezpieczeństwa operatorom samojedznych maszyn górniczych jest dla Spółki KGHM ZANAM jednym z zasadniczych założeń przy ich projektowaniu i modernizacji. Szczególnie narażeni na trudne warunki pracy są górnicy wykonujący roboty strzałowe, które w kopalniach rudy miedzi KGHM POLSKA MIEDŹ S.A. przeprowadzane są głównie za pomocą wozów strzelniczych produkcji KGHM ZANAM. Duże doświadczenie Spółki w produkcji samojedznych maszyn górniczych oraz wysokie zdolności rozwojowe pozwoliły wejść na rynek robót strzałowych z parkiem maszynowym własnej produkcji.

Od 2013 roku zaczęły powstawać prototypy pierwszych wozów strzelniczych WS-150 i WS-170, których seria liczyła wówczas 12 maszyn. Wyposażone były w urządzenia mieszalniczo-załadowcze MUP produkcji NITROERG SA, zasilane z sieci kopalnianej 500 V lub awaryjnie z silnika spalinowego maszyny.

Głównym ich przeznaczeniem było dostarczenie do przodka materiałów (półproduktów), wytwarzanie i mechaniczne ładowanie do otworów strzałowych emulsyjnego materiału wybuchowego, ręcznego załadunku materiałów wybuchowych nabojoyanych oraz środków strzałowych. Ponadto wozy przystosowane zostały do przewozu trzech osób: operatora wozu i dwóch górników strzałowych w przedziale osobowym na platformie. Ładowanie przodków realizowane było z poziomu spągu (WS-150) oraz z poziomu spągu i podestu koszowego (WS-170).

Konstrukcje maszyn były oparte na podwoziu oponowym złożonym z dwóch ram połączonych przegubem skrętnym,

natomiast dwa siłowniki hydrauliczne przemieszczały kątowo obie ramy względem siebie, zapewniając realizację skretu maszyny. Wozy wyposażono w wysoko- i czterosuwowy silnik spalinowy o mocy 95 kW (2300 obr./min). Przeniesienie napędu na koła zrealizowano poprzez zmiennik momentu zamocowany na silniku spalinowym, skrzynię biegów i mosty napędowe sprzęgnięte wałami przegubowymi. W wozach wprowadzono wiele udogodnień, takich jak: klimatyzowana kabina operatora z systemem wizyjnym umożliwiającym obserwację pola w kierunku jazdy na ciągnik i na platformę (obraz z wybranej kamery wyświetlany na kolorowym monitorze), ponadto kabina została wyposażona

w konstrukcję zapewniającą ochronę przed zgnieceniem przy uderzeniu pionowym z energią do 60 kJ. Oprócz silnika spalinowego na maszynie zabudowano silnik elektryczny o mocy 15 kW, który stanowił podstawowe źródło napędu urządzenia mieszalniczo-załadowczego oraz podestu koszowego. Pracę tego silnika umożliwiało podpięcie maszyny do sieci kopalnianej 500 V przewodem elektrycznym o długości 80 m, nawiniętym na zwijacz. Zabudowane na zmienniku momentu i silniku elektrycznym hydrauliczne pompy zębate zapewniały pracę funkcjonalnych układów maszyny (MUP, podest koszowy, klimatyzacja) zasilanych z sieci kopalnianej 500 V albo awaryjnie z silnika spalinowego.



Wóz strzelniczy WS-151 (wysokość przejazdu: 1500 mm)



Wóz strzelniczy WS-171 (wysokość przejazdu: 1700 mm, wyposażony w podest koszowy o wysokości podnoszenia: 2200 mm)

Doświadczenia z pierwszego okresu eksploatacji wozów strzelniczych, analiza uwag jakościowych oraz sugestii usprawnień konstrukcji pod względem poprawy ergonomii, bezpieczeństwa i trwałości pozwoliły na rozwój tego typu maszyn.

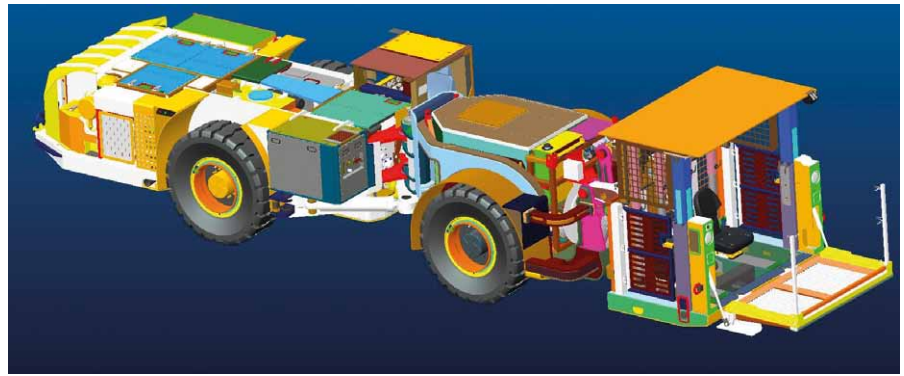
W roku 2014 powstały nowe wersje wozów: WS-151 i WS-171, będące nie tylko zamiennikami dotychczas pracujących, ale również uzupełnieniem produktowym firmy, skierowanym do szerszej grupy klientów. Otrzymały one wzmocnioną jednostkę napędową o mocy 100 kW (2300 obr./min) poprawiającą trakcję i sprawność poszczególnych układów. Dodatkowo zwiększono prześwit maszyn, a modyfikacje elementów ochronnych pozwoliły na zwiększenie odporności konstrukcji na trudne warunki eksploatacyjne. Zmiana hydraulicznych pomp zębatach na wielotłoczkowe uczyniła układ hydrauliczny prostszym i pobierającym mniej mocy. Wyposażenie wozów zostało wzbogacone o zwijacz przewodu elektrycznego ze złączem obrotowym. W przypadku WS-171 skręt maszyny odbywał się przy użyciu tylko jednego siłownika hydraulicznego.

Od 2015 roku zaczęto podejmować działania mające na celu przedstawienie koncepcji wozu strzelniczego o wyższym standardzie bezpieczeństwa w porównaniu z dotychczas eksploatowanymi wozami strzelniczymi w kopalniach KGHM PM SA. W założeniach miał to być wóz, który zapewni przyspieszenie prac przy uzbrajaniu przodków i zwiększy komfort pracy w środowisku o wysokim stopniu ryzyka wypadkowego dla górników strzałowców i operatorów maszyn.

Pojawiły się wówczas konkretne cele do osiągnięcia przy projektowaniu nowego wozu strzelniczego:

- skrócenie czasu pracy przy uzbrajaniu przodków;
- zwiększenie komfortu pracy w środowisku o wysokim stopniu ryzyka wypadkowego dla górników strzałowców i operatorów maszyn.

Jednocześnie określono cel nadrzędny: skrócenie czasu przebywania ludzi w obszarze najwyższego zagrożenia.



Wóz strzelniczy w fazie projektowania



Wóz strzelniczy WS-172 (wysokość przejazdu: 1800 mm, wyposażony w podest koszowy o wysokości podnoszenia: 2200 mm)

Tym wszystkim celom miały sprzyjać założenia techniczne nowego projektu:

- zasilanie bateryjne urządzenia mieszalniczo-załadowczego MUP i układu podnoszenia podestu koszowego, eliminujące konieczność uciążliwego i czasochłonnego rozwijania i zwijania kabla;
- podest koszowy roboczy ze stanowiskiem osłaniającym górników strzałowców przed odłamkami skalnymi (boczne i górne osłony), osłona zapewniająca ochronę przed zgnieceniem przy uderzeniu pionowym z energią do 60 kJ.

Realizacja powyższych założeń sprawiła, że czas przebywania wozu strzelniczego z pełną obsadą na przodku został ograniczony aż o 40%, a czas przebywania pracowników poza strefą chronioną w ciągu zmiany został ograniczony do niezbędnego minimum.

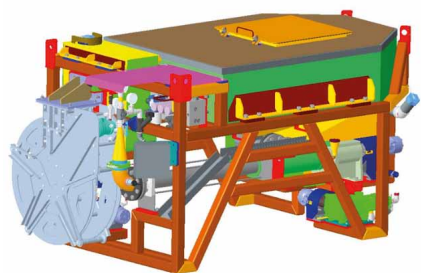
W 2017 roku, po 24 miesiącach intensywnych prac nad nowym projektem Spółka KGHM ZANAM mogła pochwalić się nowym, innowacyjnym produktem – Wozem Strzelniczym WS-172.

Przeznaczenie tego wozu pozostało niezmiennie, lecz główne zespoły funkcjo-

nalne zostały ukazane w nowej formule:

- brak zwijacza przewodu elektrycznego – zasilanie z sieci zastąpiono zestawem bateryjnym (150 V);
- brak przedziału osobowego – zastąpiony został nowym podestem koszowym, zapewniającym strefę chronioną pod daszkiem, przystosowanym do przewozu dwóch osób;
- nowy MUP wyposażony w hydrauliczny zwijacz przewodu ładującego.

Współpraca KGHM ZANAM S.A. z NITROERG S.A. oraz z Instytutem Techniki Górniczej KOMAG przyniosła odpowiednio rezultaty: nowe rozwiązania w konstrukcji urządzenia mieszalniczo-załadowczego MUP oraz nowy zestaw bateryjny, przeznaczony do napędu powyższego MUP-a oraz układu podnoszenia podestu koszowego. Zestaw bateryjny zaprojektowany został na podstawie analizy energetycznej wozów strzelniczych będących w eksploatacji. Wyniki poboru mocy maszyny podczas zbrojenia przodków materiałem wybuchowym wskazały, że odpowiedni do tego typu zadań będzie zestaw bateryjny złożony z ogniw litowo-żelazowo-fosforanowych o pojemności 32 kWh.

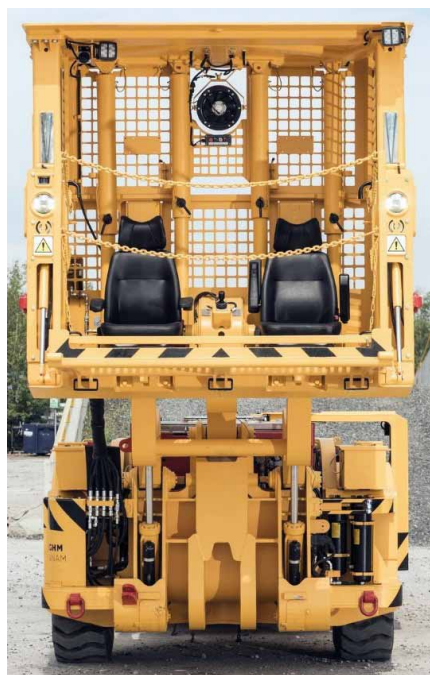


Urządzenie mieszalniczo-załadowcze MUP (NITROERG)



Zestaw bateryjny (KOMAG)

Zastosowanie nowatorskiego rozwiązania w postaci podestu koszowego ze stanowiskiem osłaniającym górników strzałowych przed odłamkami skalnymi podczas pracy w przodku i podczas jazdy pomiędzy przodkami zapewniło ochronę przy uderzeniu pionowym z energią 60 kJ.



Wóz strzałniczy WS-172 – widok z podniesionym podestem koszowym

Zaobserwowane zalety nowych rozwiązań po pierwszych próbach ruchowych maszyny:

- brak czynności rozwijania kabla elektrycznego;
- niezależnienie od sieci kopalnianej 500 V;
- łatwiejsze zwijanie i rozwijanie przewodu ładującego materiał wybuchowy;
- brak konieczności wysiadania operatora z kabiny;
- czynności przygotowawcze górników strzałowych wykonywane w strefie chronionej;
- skrócenie czasu przebywania w przodku;
- poprawa jakości powietrza dzięki zastosowaniu napędu bateryjnego.

Wyposażenie w jeszcze mocniejszy silnik spalinowy o mocy 115 kW (2300 obr./min) oraz zastosowanie mostów napędowych z ograniczonym poślizgiem zapewniły mobilność w skrajnych warunkach kopalnianych. Maszyna ze względu na swoją wytrzymałość

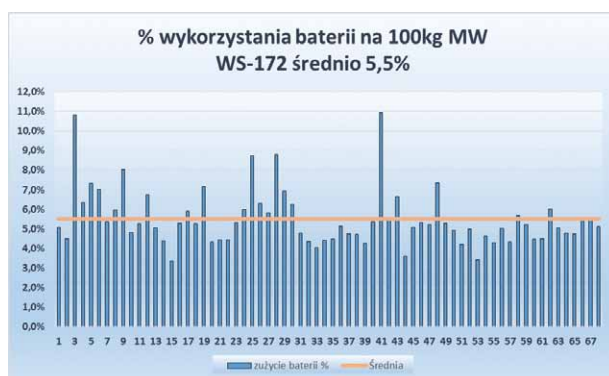
została skierowana do pracy na szczególnie trudnym oddziale wydobywczym, tzw. tapaniowym, gdzie poddana próbie w skrajnych warunkach sprawdziła się doskonale, co potwierdziło słuszność założeń obranego kierunku rozwoju linii wozów strzałniczych w KGHM ZANAM.

Badania certyfikacyjne zostały zakończone sukcesem, a decyzją Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego WS-172 został dopuszczony do pracy w podziemiach kopalń. Po okresie wdrożeniowo-rozruchowym, trwającym ponad 2 miesiące, rozpoczęła się jego eksploatacja.

Dla konstruktorów z KGHM ZANAM ważną kwestią w projekcie było zachowanie zestawu bateryjnego podczas zbrojenia przodków materiałem wybuchowym: przede wszystkim zużycie energii oraz temperatura podczas pracy. Pełne ładowanie baterii odbywa się po wycofaniu wozów z przodków na tzw. międzymianach i podczas przestojów technicznych, a czas jego trwania to ok. 2,5 godziny. Przewidziano, że zestaw bateryjny zapewni niezawodną pracę



Dzięki panelowi wyświetlacza operator maszyny ma stały podgląd na parametry zespołu baterii. Wyświetlane dane pozwalają na dokładny monitoring podstawowych danych



Zespół bateryjny jest wyjątkowo efektywny: 5,5% wykorzystania baterii na 100 kg materiału wybuchowego. Oznacza to, że na opróżnienie pełnego zbiornika materiału wybuchowego (1000 kg) potrzeba ok. 55% pojemności zestawu baterii. Większe zużycie energii (ponad średnią) wynika z częstszego korzystania z podestu koszowego i jego pozycjonowania (wysokie przodki)

w całym zakładanym 7-letnim okresie „życia” wozu.

Istotnym zagadnieniem eksploatacji WS-172 było grzanie zestawu bateryjnego podczas pracy w środowisku kopalnianym. Wpływ poboru mocy urządzenia mieszalniczo-załadowczego oraz układu podnoszenia podestu koszowego na temperaturę zestawu baterii okazał się znikomy – przeprowadzone pomiary podczas pracy na przodku wykazały, że temperatura konstrukcji zestawu wzrasta zaledwie o 1 stopień Celsjusza.

Ogólne wnioski z eksploatacji WS-172 po 16 miesiącach od pełnego wdrożenia:

- dwa niezależne źródła napędu układu roboczego zwiększają elastyczność działania;
- brak zależności od sieci 500 V – zwiększona mobilność;
- ograniczenie emisji spalin w przodku;
- znikomy wpływ grzania zestawu bateryjnego na warunki pracy;
- minimalny hałas;
- podwyższony komfort pracy operatora i górników strzałowych;
- wysoki stopień bezpieczeństwa operatora i górników strzałowych;
- przystosowanie do najtrudniejszych warunków kopalnianych;
- wysoki stopień wykorzystania maszyny w eksploatacji;

Tabela 1

	WS-172	WS-150, WS-151, WS-170 WS-171
Czas łączny zbrojenia jednego przodka	40 min	60 min
Czas zbrojenia na jednej zmianie (~4 przodki)	160 min	240 min
Przebywanie załogi poza strefą chronioną:		
Operator	4 min/zmianę	22 min/zmianę
Górnicy strzałowi	12 min/zmianę	37 min/zmianę
% czasu załogi poza strefą chronioną:		
Operator	2,5%	9%
Górnicy strzałowi	8%	15,5%


- dyspozycyjność na wysokim akceptowalnym poziomie 90%;
- bezawaryjność układów maszyny.

Zestawienie czasów przebywania poza strefą chronioną załogi nowego wozu strzelniczego WS-172 z czasami załóg wozów strzelniczych starszej generacji oraz zestawienie czasów łącznych zbrojenia jednego przodka wypada imponująco (tabela 1).

Zastosowanie innowacyjnych rozwiązań przełożyło się bezpośrednio na bezpieczeństwo pracy obsady wozu strzelniczego, a wyniki eksploatacyjne WS-172 niezaprzeczalnie wskazują na dobry kierunek rozwoju. Od przyszłego roku KGHM ZANAM SA ma w planach wprowadzenie do eksploatacji kolejnych wozów strzelniczych z nowego typoszeregu: WS-153 i WS-173. Ich

konstrukcja i wyposażenie będą bazować na najlepszych wzorcach zastosowanych w WS-172, z dodatkowymi innowacjami wpisującymi się w aktualne światowe trendy z zakresu podnoszenia bezpieczeństwa, ergonomii i ekologii. ■

Fragmenty niniejszego artykułu zostały przedstawione podczas XXVIII Szkoły Eksploatacji Podziemnej 25–27.02.2019 w sesji: Nowe techniki i technologie w podziemnej eksploatacji złóż, cz. I pt. „Wóz Strzelniczy WS-172 – wyższy standard bezpieczeństwa. Doświadczenia w eksploatacji”.

 mgr inż. Ireneusz Marcinowicz
mgr inż. Jerzy Górniak

Opracowanie: Martyna Dziuba