

Podwieszony ciągnik akumulatorowy PCA-1

Rafał Konsek, Krzysztof Kaczmarczyk, Zdzisław Budzyński, Bartosz Polnik

W artykule zaprezentowano podwieszony ciągnik akumulatorowy PCA-1 przeznaczony do prac transportowych w chodnikowych wyrobiskach górniczych, poruszający się po trasach podwieszonych. Zaprezentowano budowę ciągnika oraz zakres jego zastosowania. Omówiono wpływ rozwiązania na poprawę warunków pracy załóg górniczych w aspekcie bezpieczeństwa pracy i ergonomii.

Abstract: The paper presents PCA-1 suspended battery drivetrain, designed for transportation operations in mine roadways, which travels along the suspended routes. Design of the drivetrain and its possible use are given. Impact of the design solution on improvement of work safety and ergonomics is discussed.

1. Wstęp

Oczekiwanie kopalń węgla kamiennego w zakresie coraz większych postępów drążenia przodków chodnikowych wymusza doskonalenie i wdrażanie innowacyjnych rozwiązań technicznych, pozwalających na spełnienie wymagań jakościowych, wydajnościowych i ekonomicznych. Prowadzone analizy wskazują na ciągłą konieczność usprawniania prac transportowych. Wprowadzenie bezprzewodowych i zeroemisyjnych napędów urządzeń do transportu materiałów może w zdecydowany sposób poprawić warunki klimatyczne w wyrobiskach o ograniczonych możliwościach wentylacyjnych oraz zwiększyć bezpieczeństwo pracy. Obecnie w wyrobiskach korytarzowych stosuje się różnego rodzaju środki dostawy materiałów i elementów obudowy chodnikowej, począwszy od zestawów transportowych z napędem ręcznym, przeciąganych po szynie podwieszonej, poprzez ciągniki podwieszane z napędem hydraulicznym lub elektrycznym, a skończywszy na ciągnikach podwieszonych z napędem spalinowym. Środki te ułatwiają prace związane z dostawą materiałów i elementów do przodku, mają jednak wiele wad:

- zestawy transportowe przeciągane ręcznie wymagają fizycznej siły pracowników, co stanowi dużą uciążliwość podczas prac transportowych;
- ciągniki z napędem hydraulicznym mają ograniczony zasięg stosowania oraz narażone są na awarie związane z uszkodzeniem się przewodów hydraulicznych;

- ciągniki transportowe z napędem spalinowym emitują hałas, ciepło i toksyczne związki do atmosfery kopalnianej. Wymagają również cyklicznego uzupełniania paliwa w stacjach tankowania.

Uwzględniając oczekiwania użytkowników, w wyniku współpracy Instytutu Techniki Górniczej oraz firmy Hellfeier opracowano i wdrożono zatem rozwiązanie podwieszoności ciągnika manewrowego z napędem akumulatorowym, przeznaczonego głównie do prac manewrowych w przodkach chodnikowych, którego możliwości zaprezentowano w niniejszym artykule.

2. Napędy stosowane w górniczych ciągnikach transportowych

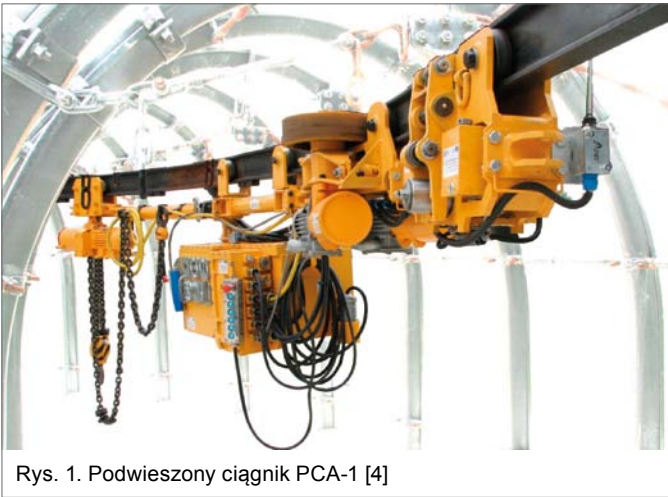
W ofercie dla polskiego górnictwa węglowego znajduje się kilka rozwiązań podwieszonych ciągników manewrowych. Rozwiązania te ze względu na sposób rozwiązania napędu dzieli się na:

- elektryczne;
- hydrauliczne;
- elektrohydrauliczne;
- spalinowo-hydrauliczne.

Przykładem ciągnika z napędem elektrycznym zasilanym z sieci kopalnianej jest ciągnik ECM-LEMUR [7]. W ciągniku zastosowano jedno koło napędowe zasilane silnikiem elektrycznym poprzez przekładnię ślimakową. Silnik zasilany

Tabela 1. Parametry techniczne podwieszoności ciągnika PCA-1

| | | |
|----|-------------------------------|---|
| 1. | Moc zainstalowana | 2,2 kW (2 × 1,1 kW) |
| 2. | Siła uciągu | 3,7 kN |
| 3. | Typ silnika | Silnik indukcyjny samohamowny |
| 4. | Napięcie zasilania silnika | 3 × 230 V |
| 5. | Średnica koła napędowego | 340 mm |
| 6. | Profil jezdni | I 155 |
| 7. | Realizacja zasilania | Zasilanie z baterii akumulatorowych poprzez przekształtnik energoelektroniczny (falownik) |
| 8. | Sposób ładowania akumulatorów | Doładowywanie baterii bezpośrednio z zespołu transformatorowego |
| 9. | Dopuszczalne nachylenia trasy | Do 12° (od 4° wymagana komplectacja z wózkiem hamującym) |



Rys. 1. Podwieszony ciągnik PCA-1 [4]

ny jest poprzez przewód zawieszony na wózkach jezdnych za ciągnikiem.

W ofercie ciągników manewrowych z napędem hydraulicznym oferowany jest ciągnik manewrowy CMH-15 [9]. Ciągnik zasilany jest przewodem hydraulicznym z agregatu umieszczonego w jego pobliżu, co podobnie jak w przypadku zasilania przewodem elektrycznym ogranicza zasięg urządzenia.

Kolejną ofertą jest elektrohydrauliczne urządzenie manewrowe typu SZAMAN-01 [8]. Ciągnik ten zasilany jest przewodem elektrycznym, a umieszczony w jego konstrukcji agregat hydrauliczny zasila silniki hydrauliczne.

Omówione konstrukcje charakteryzują się ograniczonym zasięgiem działania i wymagają stosowania przewodu zasilającego

jącego ciągnionego za ciągnikiem, co stwarza duże zagrożenie dla operatorów oraz osób znajdujących się w jego pobliżu. W skrajnych przypadkach może dojść do zerwania przewodu i bezpośredniego zagrożenia zdrowia lub życia ludzi pracujących w jego pobliżu. Zaletą tych rozwiązań są jednak małe gabaryty zespołów poruszających się po podwieszanej trasie.

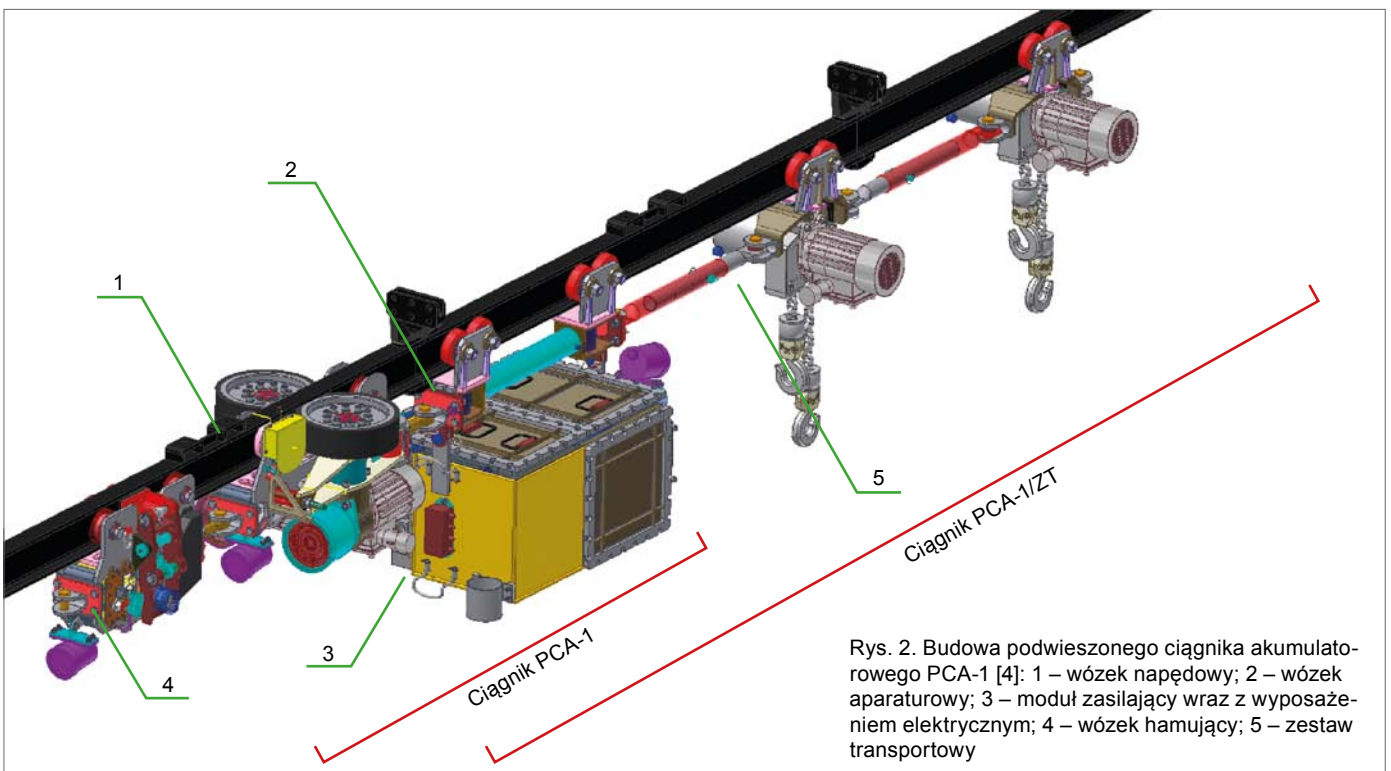
Oferowany jest również ciągnik manewrowy z zasilaniem spalinowo-hydraulicznym (DMZ50F [8]). W tym przypadku nie stosuje się przewodu zasilającego, występują jednak niedogodności związane z pracą silnika spalinowego, który emituje do atmosfery kopalnianej duże ilości ciepła oraz substancje toksyczne.

3. Podwieszony ciągnik akumulatorowy PCA-1

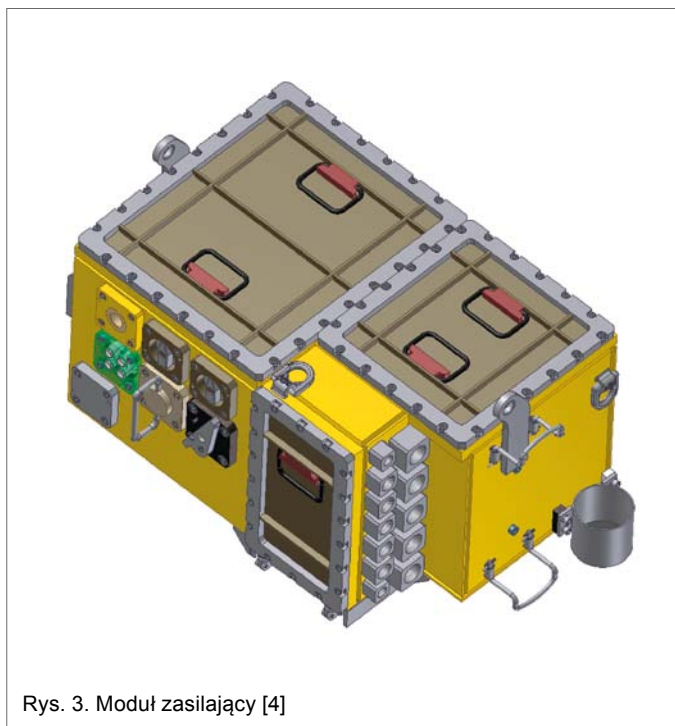
W Instytucie Techniki Górniczej KOMAG opracowano innowacyjne rozwiązanie ciągnika podwieszanego typu PCA-1 z napędem akumulatorowym nowej generacji, przedstawione na rys. 1. Ciągnik PCA-1 jest urządzeniem do transportu ładunków do dwóch ton w warunkach niewielkich nachyleń do 12° w przodkach chodnikowych. Porusza się on po podwieszanej trasie jednoszynowej o profilu trasy jezdnej I 155 z prędkością do 1 m/s oraz charakteryzuje się siłą pociągową do 3,7 kN. Podstawowe parametry techniczne ciągnika podano w tabeli 1.

Ciągnik oferowany jest w dwóch podstawowych wersjach (rys. 2):

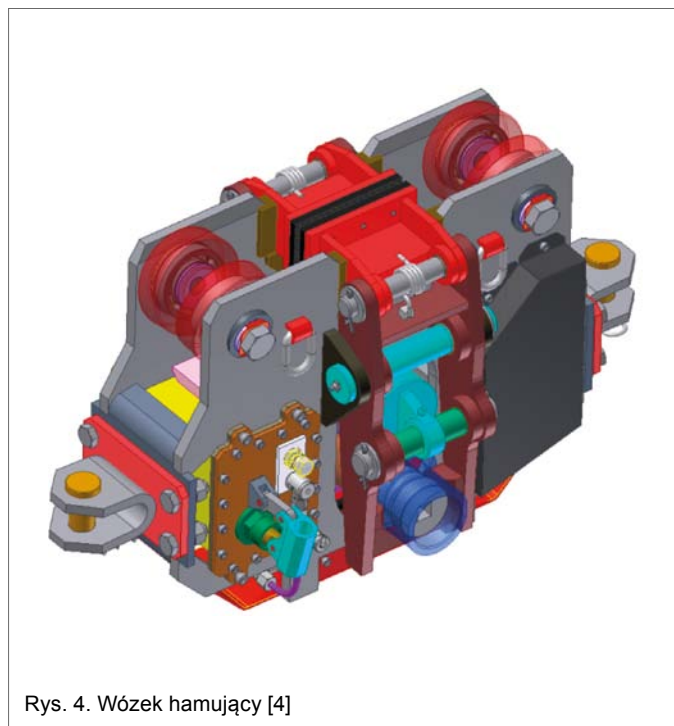
- PCA-1 – ciągnik współpracuje tylko z zestawem transportowym wyposażonym we wciągarki ręczne;
- PCA-1/ZT – ciągnik może współpracować z zestawem transportowym z zabudowanymi wciągarkami elektrycznymi.



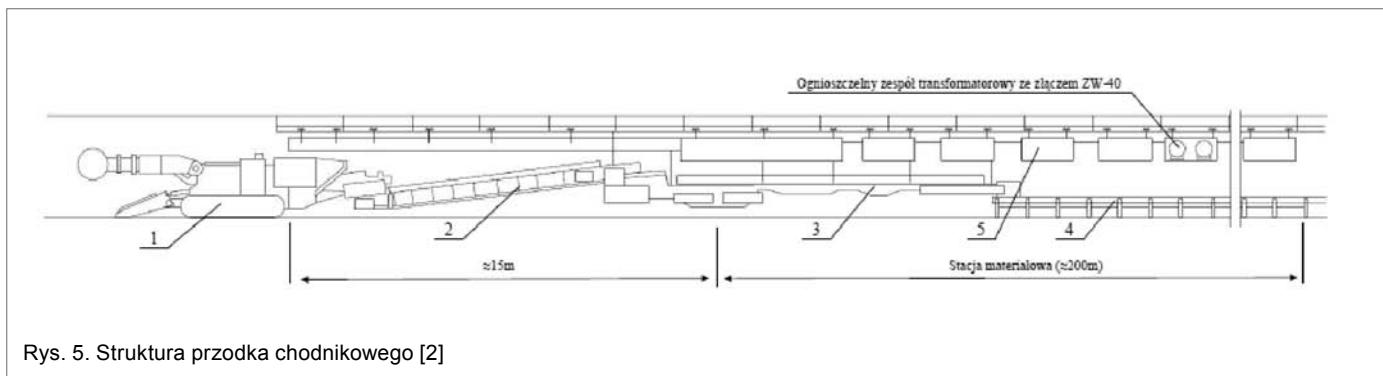
Rys. 2. Budowa podwieszanego ciągnika akumulatorowego PCA-1 [4]: 1 – wózek napędowy; 2 – wózek aparaturowy; 3 – moduł zasilający wraz z wyposażeniem elektrycznym; 4 – wózek hamujący; 5 – zestaw transportowy



Rys. 3. Moduł zasilający [4]



Rys. 4. Wózek hamujący [4]



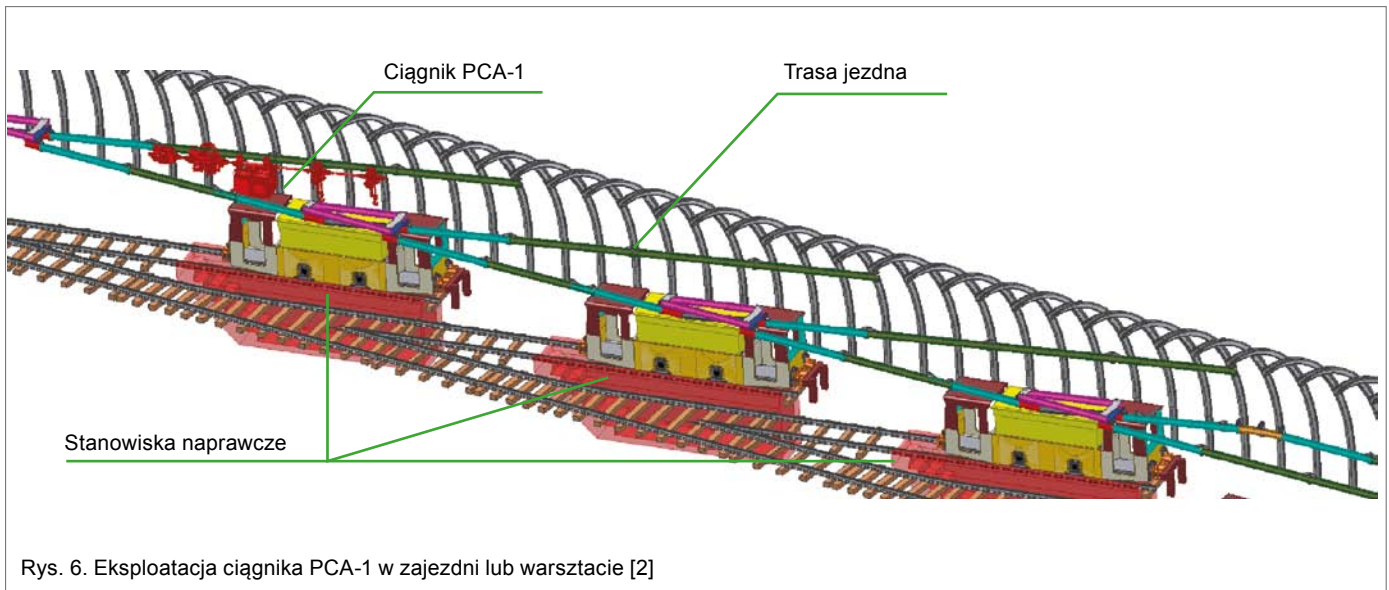
Rys. 5. Struktura przodka chodnikowego [2]

Elementy wyposażenia elektrycznego wraz z baterią akumulatorową zabudowane są w module zasilającym (rys. 3). Moduł składa się z trzech komór: aparaturowej, akumulatorowej oraz przyłączeniowej, połączonych elektrycznie za pośrednictwem izolatorów przepustowych. Na ścianie bocznej modułu znajduje się odłącznik – oraz panel uruchamiania ciągnika, wyboru trybu pracy i sygnalizacyjny.

Hamowanie manewrowe ciągnika realizowane jest poprzez zmianę prędkości obrotowej silnika napędowego. Silniki napędowe są dodatkowo wyposażone w hamulce elektromagnetyczne tarczowe zabudowane na osi silnika. Hamulce pełnią funkcję hamulca postojowego, który uruchamia się automatycznie po zatrzymaniu ciągnika lub zaniku napięcia zasilania. Hamulec może być uruchamiany awaryjnie w przypadku użycia wyłącznika awaryjnego. Moment statyczny hamulca wynosi 20 Nm przy maksymalnym czasie zadziałania 0,08 s. Zastosowanie ciągnika na trasach o nachyleniu powyżej 4° wymaga kompletacji ciągnika z urządzeniem awaryjnego hamowania, którym jest wózek hamujący (rys. 4).

Zakres zastosowania ciągnika PCA-1

Podwieszony ciągnik akumulatorowy PCA-1 może przemieszczać się po profilu trasy jezdnej I 155. Ciągnik PCA-1 posiada zasilanie akumulatorowe, stąd też jego czas pracy jest ograniczony tylko pojemnością ogniw. Urządzenie przewidziane jest do prac manewrowych (załadowcze, wyładownicze) prowadzonych w wyrobiskach zagrożonych atmosferą wybuchową, w szczególności gazu i/lub pyłu węglowego, co uprawnia go do stosowania w miejscach takich, jak: koksownie, rafinerie, wytwórnie paliw, farb i lakierów oraz w kopalniach soli, rud oraz węgla. W zakładach górniczych główne zastosowanie przewidywane jest w pracach transportowych na odcinku stacja materiałowa – przodek wyrobiska korytarzowego (rys. 5). Podczas drażenia przodka kombajnem chodnikowym znajduje się za nim stacja materiałowa z rozmieszczonymi elementami niezbędnymi do zabudowy wyrobiska chodnikowego. Stacja taka rozciąga się wzdłuż wyrobiska na długości dochodzącej do 200 m [2].



Rys. 6. Eksploatacja ciągnika PCA-1 w zajezdni lub warsztacie [2]

Występujące nagminnie przypadki, w których materiały ze stacji materiałowej (nierzadko elementy o masie przekraczającym 100 kg) donoszone są do przodka ręcznie przez górników, wymagają znacznego zaangażowania fizycznego i są przyczyną urazów oraz stwarzają zagrożenia dla bezpieczeństwa i zdrowia. Wyrobisko górnicze w strefie przyprzodkowej to środowisko o szczególnie ciężkich warunkach pracy, gdzie występuje podwyższona temperatura, ograniczona przestrzeń oraz duże zapylenie. Zastosowanie urządzenia, jakim jest ciągnik PCA-1 w zdecydowany sposób może poprawić warunki klimatyczne i przyczynić się do zwiększenia komfortu pracy. Możliwość ładowania baterii ciągnika w miejscu pracy eliminuje stratę czasu związaną z przejazdem urządzenia do zajezdni w celu doładowania baterii akumulatorowych. Zastosowanie ciągnika wymaga jednak nabycia przez operatorów nowych umiejętności polegających m.in. na każdorazowym podłączeniu ciągnika do źródła ładowania podczas dłuższych postojów. Ciągnik z powodzeniem może być również zastosowany w warsztatach naprawczych. W takich miejscach nie przewiduje się trudności związanych z ładowaniem akumulatorów. Pełne wykorzystanie możliwości, jakie daje ciągnik PCA-1, będzie miało miejsce, gdy ciągnik będzie przemieszczał się w obrębie całego warsztatu po zawieszanej trasie jednoszynowej. Przykładowe zastosowanie ciągnika w warsztacie pokazano na rys. 6.

Podsumowanie

Podwieszony ciągnik akumulatorowy PCA-1 jest innowacyjną konstrukcją. Posiada własne źródło zasilania, co eliminuje stosowanie przewodów zasilania elektrycznego bądź hydraulicznego, ograniczających zasięg jego stosowania oraz wprowadzających dodatkowe zagrożenia. Nowatorskim rozwiązaniem jest sposób ładowania baterii w czasie postoju, za pośrednictwem ogólnodostępnych zespołów transformatorowych. Źródło energii, jakim są akumulatory, nie ma negatywnego wpływu na środowisko. Wdrożenie rozwiązania przyczyni się do zwiększenia efektywności wykonywanych prac oraz wpłynie na poprawę bezpieczeństwa pracy załóg górniczych i ergonomii pracy.

Literatura

- [1] KONSEK R.: *Nowoczesny napęd akumulatorowy ciągnika PCA-1 jako alternatywa dla obecnie stosowanych napędów w ciągnikach transportowych*. „Masz. Elektr.,” Zesz. Probl. 95/2012, s. 1–5.
- [2] KACZMARCZYK K.: *Podwieszony ciągnik PCA-1 – nowatorskie rozwiązanie do prac transportowych w przodkach chodnikowych. Bezpieczeństwo pracy urządzeń transportowych w górnictwie*. Monografia, redakcja naukowa: Andrzej Tytko, Marian Wójcik, Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego Sp. z o.o., Łędziny 2012, s. 205–210.
- [3] KACZMARCZYK K., BUDZYŃSKI Z.: *Ciągnik akumulatorowy PCA-1 do prac transportowych w wyrobiskach korytarzowych*. „Masz. Gór.” 3/2011, s. 48–52.
- [4] BUDZYŃSKI Z., KACZMARCZYK K., PIECZORA E.: *Akumulatory nowej generacji w górniczych systemach transportowych na przykładzie ciągnika PCA-1*. „Napędy Sterow.” 2/2012, s. 108–111.
- [5] PIECZORA E.: *Prognoza rozwoju szynowych systemów transportowych stosowanych w podziemiach kopalń węgla kamiennego. Gospodarka surowcami mineralnymi*. Tom 24. Zeszyt 1/2. IGSMiE, Kraków 2008.
- [6] MROWIEC H., RASZKA W.: *Współczesne systemy transportu w górnictwie węglowym*. Materiały na konferencję: Polski Kongres Górniczy 2010, Górnictwo podziemne, t. 2, Gliwice, 9–10 września 2010, s. 305–316.
- [7] www.sigmasa.pl.
- [8] www.ferrit.cz.
- [9] Fama Sp. z o. o., Katalog wyrobów.

Rafał Konsek, Krzysztof Kaczmarczyk, Zdzisław Budzyński, Bartosz Polnik – ITG KOMAG