

Jerzy ANTONIAK, Aleksander LUTYŃSKI
Wydział Górnictwa i Geologii, Politechnika Śląska
Józef R. CHŁECH
Główny Instytut Górnictwa
Antoni KOZIEŁ
Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG

BADANIA IDENTYFIKUJĄCE PROCESY OBCIĄŻEŃ MASZYN GÓRNICZYCH W ŚCIANACH WĘGLOWYCH

Streszczenie. Przedstawiono metodykę kompleksowych pomiarów obciążeń maszyn górniczych ścianowych - kombajnu węglowego i przenośników zgrzebłowych. Zaprezentowano zestaw pomiarowy oraz, przykładowo, uzyskany wykres poboru mocy przez kombajn. Uzasadniono celowość podejmowania pomiarów przemysłowych dla potrzeb modelowania i projektowania maszyn górniczych.

RESEARCHES IDENTIFICATING MINING MACHINES LOADING PROCESSES IN COAL LONG WALLS

Summary. In the paper has presented a complex method of measuring of shearer's and face conveyor's exploitation loads. Measurment unit and a chosen at random exemplary shearer's power diagram has been shown. The aim of making industry test for the purpose of modernizing of mining machines has been justified.

ИСПИТАНИЯ НАГРУЗОК ГОРНЫХ ЗАБОЙНЫХ МАШИН

Резюме. В докладе описано метод комплексных измерении нагрузок которым подвергнуты угольные комбайны и скребковые конвейера. Представлено измерительную систему и пример полученных результатов измерения гистограмма мощности привода комбайна. Подчеркнуто целесообразность проведения промышленных испытаний для моделирования и проектирования горных машин.

1. WSTĘP

Zagadnienie odpowiedniego doboru maszyn górniczych, stanowiących wyposażenie nowoczesnej ściany węglowej jest niezwykle istotne, a do czynników wpływających na podejmowane w tym zakresie decyzje zaliczyć można: warunki górniczo-geologiczne wybieranego pokładu, zakładane wydobywanie, parametry techniczne dobieranych maszyn, parametry istniejących urządzeń transportowych oraz aspekt ekonomiczny przedsięwzięcia. Ten ostatni z wymienionych czynników wpływowych, szczególnie w świetle sytuacji obecnej, gdzie koszt wyposażenia ściany o przeciętnej długości około 200 metrów szacować można na ok. 400 mld. złotych, a moce instalowanych w przodku węglowym maszyn osiągają wielkość 3 MW, jest czynnikiem jednym z najistotniejszych. Podjęcie więc decyzji o maszynowym wyposażeniu ściany węglowej jest zagadnieniem odpowiedzialnym i powinno być oparte na bardzo dobrym rozpoznaniu wszystkich elementów wpływających na tę decyzję. W tym też celu prowadzone są szczegółowe badania z zakresu identyfikacji obciążeń maszyn w warunkach normalnej eksploatacji. Badania laboratoryjne nie oddają bowiem złożoności procesów związanych z urabianiem calizny węglowej czy transportem urobku w rejonie ściany. Wyniki badań przemysłowych stanowią podstawę projektowania maszyn nowej generacji i modelowania procesów w badaniach o węższym zakresie.

Zaprezentowany w poniższym referacie opis oraz prezentowane wyniki dotyczą badań, które przeprowadzone zostały po raz pierwszy w takim zakresie w warunkach normalnej eksploatacji. Pozwala to na poznanie wzajemnych wpływów maszyn na siebie. Niektóre z wyników, dotyczące przenośników zgrzeblowych, prezentowano w [1],[2]. Ponadto prowadzone są także badania prądowe bardziej odpowiednie dla stanów rozruchu maszyn.

2. WYNIKI BADAŃ PROCESOWYCH JAKO PODSTAWA MODELOWANIA OBCIĄŻEŃ MASZYN GÓRNICZYCH

W kopalniach podziemnych węgla kamiennego wydobywanie jest głównie systemem ścianowym. Ta technologia eksploatacji, preferowana od dłuższego okresu czasu, wpłynęła na rozwój krajowych maszyn wydobywczych, jakimi są kombajny węglowe i transportujące w rejonie ściany przenośniki zgrzeblowe. Aktualnie w zakresie nowoczesności rozwiązań technicznych polskie maszyny górnicze są porównywalne z poziomem światowym, przy wykorzystaniu jednak w niektórych przypadkach zespołów czy podzespołów importowanych. Wiele rozwiązań charakteryzuje się jednak niższą trwałością i wyższą awaryjnością w porównaniu z wyrobami przodujących producentów zagranicznych. Stan ten, w aspekcie bardzo poważnych zadań wydobywczych, stawianych górnictwu przy jednoczesnym wymogu konkurencyjności ceny wydobycia w stosunku do innych producentów, wymusza konieczność:

- poszukiwania nowych technologii wydobywania,
- poszukiwania nowych rozwiązań systemów maszynowych dla obecnie stosowanych technologii,
- doskonalenia dotychczasowych rozwiązań maszyn górniczych w celu poprawy ich parametrów technicznych i użytkowych,

- optymalizacji doboru wysoko wydajnych maszyn w celu obniżenia materiałochłonności, energochłonności, poprawy efektywności pracy i obniżenia kosztów eksploatacji.

Ten szeroki zestaw przedstawionych zagadnień, które są podejmowane przez konstruktorów, projektantów i producentów maszyn, przy istniejących obecnie możliwościach komputerowego projektowania i badań symulacyjnych sprawia, że modelowanie stanów obciążeń maszyn, ich elementów i zespołów nabiera istotnego znaczenia. Wydaje się, że niekwestionowaną podstawą w tych zabiegach są tutaj wyniki badań procesów zachodzących w normalnej eksploatacji [3]. Identyfikują one bowiem szereg właściwości statycznych, dynamicznych i ruchowych różnych typów maszyn w konkretnych, choć często powtarzalnych warunkach górniczo-geologicznych.

Wyniki uzyskiwane z przeprowadzanych pomiarów przemysłowych są wykorzystywane:

- w procedurach doboru mocy silników napędowych organów urabiających w kombajnach i silnikach napędowych ciągników kombajnowych,
- w procedurach doboru mocy silników napędowych przenośników zgrzeblowych,
- w ocenie charakterystyk mechanicznych zastosowanych silników napędowych maszyn,
- w ocenie zastosowanych elementów sterowania rozruchem i pracą maszyn,
- w ocenie własności skał, w których zastosowano maszyny np. wskaźnika energochłonności urabiania, jednostkowych oporów ruchu przenośnika itp.,
- w ocenie dynamiki pracy maszyn,
- w ocenie wzajemnego oddziaływania maszyn na swoje jednostki napędowe np. w układzie kruszarka-przenośnik, kombajn-przenośnik,
- w ocenie jakości (stopnia zużycia) łańcucha i jakości (stopnia zużycia) gwiazdy napędowej,
- w określeniu nierównomierności obciążenia poszczególnych napędów w maszynach wielonapędowych,
- w ocenie poprawności doboru przenośnika do maszyny urabiającej i przenośników ścianowego i podścianowego względem siebie.

Wydaje się, że identyfikacja właściwości górniczych procesów roboczych na podstawie pomiarów eksploatacyjnych jest niezbędna dla racjonalnej eksploatacji jak i dla potrzeb budowy niezawodnych i trwałych oraz energooszczędnych maszyn i urządzeń nowej generacji o dużej mocy. Jest to istotne w świetle obserwowanych trendów rozwojowych tych maszyn [4].

3. BADANIA PROCESOWE MASZYN GÓRNICZYCH

Uznając wagę zagadnień opisanych w powyższym rozdziale, podjęto badania procesowe maszyn stanowiących wyposażenie nowoczesnych, wysoko wydajnych ścian węglowych, cechujących się bardzo wysokimi wskaźnikami urabialności węgla. Badania takie przeprowadzono po raz pierwszy w Europie. Objęto nimi kompleks ściany 330 KWK PIAST. Maszynami tego kompleksu były kombajn bębnowy budowy heavy-duty oraz przenośniki zgrzeblowe ścianowy i podścianowy wraz z kruszarką. Wszystkie z wymienionych tu maszyn są najnowszymi wytworami polskiego przemysłu.

Podobne badania prowadzone były wcześniej, lecz dotyczyły każdej z tych maszyn oddzielnie. Taki sposób badania nie uwzględniał wzajemnego oddziaływania maszyn.

Opracowany program przewidywał kilkadziesiąt serii pomiarowych obejmujących różne stany pracy maszyn. Czas trwania pomiarów w poszczególnych seriach był zróżnicowany. Warto zaznaczyć, że jedynie w kopalniach Australii były prowadzone podobne badania.

Powstały na podstawie wcześniejszych doświadczeń układ pomiarowy pozwala na rejestrację następujących parametrów elektrycznych charakteryzujących stany pracy silników napędowych maszyn górniczych: mocy czynnej, mocy biernej, mocy pozornej, napięcia, prądu i cosinusa φ .

W niniejszym opracowaniu pomiary iniektóre ich wyniki zaprezentowano na przykładzie kombajnu węglowego. W analizie wyników pominięto zagadnienia rozruchu silników. Analiza rozruchu silników prowadzona jest na podstawie pomiarów prądów i napięć w innym układzie pomiarowym.

Pomiary mocy czynnej pobieranej przez napędy elektryczne maszyny ścianowej zrealizowano w układzie pomiarowym przedstawionym na rys.1. Układ składa się z dwóch części:

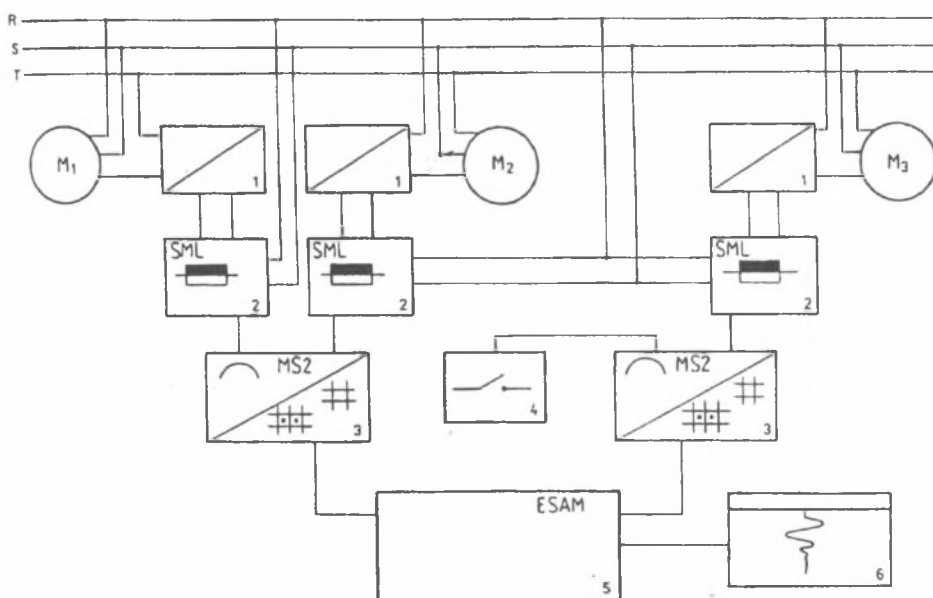
- synchronicznej rejestracji mocy napędów elektrycznych oraz położenia maszyny urabiającej w ścianie - bloki 1,2,3 oraz 4,
- przetwarzania danych w warunkach laboratoryjnych - bloki 3,5 oraz 6.

Odpowiedni dobór aparatury pomiarowej zapewniał:

- niezawodność i dużą dokładność pomiarów /uwzględniono warunki panujące na stanowisku badawczym takie, jak: temperatura, wilgotność, zapylenie/,
- szeroki zakres przenoszenia częstotliwości,
- możliwość dokonywania wielokrotnej transformacji czasowej,
- możliwość przeprowadzania szybkiej analizy wyników i uzyskiwania informacji z badań.

Sygnaly analogowe po przetworzeniu AC/DC zapisywane są na rejestratorze cyfrowym lub mogą być podawane bezpośrednio do systemu pomiarowo-analizującego ESAM pracującego w systemie on-line.

System analizy wyników pomiarów ESAM firmy VISHAY umożliwia szybkie podanie wartości średnich, wartości maksymalnych i minimalnych, odchylenia standardowego σ wskaźnika zmienności przebiegu v oraz innych parametrów statystycznych. W systemie tym istnieje możliwość wydruku tabelarycznego wszystkich danych lub danych wybranych. W przypadku zasadniczego wykorzystania wyników badań uzyskiwane są wykresy w różnej skali i dla różnych fragmentów przebiegów analizowanych parametrów. Istnieje też możliwość pełnej i wielokrotnej analizy oraz obróbki statystycznej wybranych fragmentów przebiegów, tak by uzyskać dla nich parametry statystyczne jak w przypadku przebiegów pełnych. Daje to możliwość szczegółowej i dogłębnej analizy stanów interesujących prowadzącego badanie.

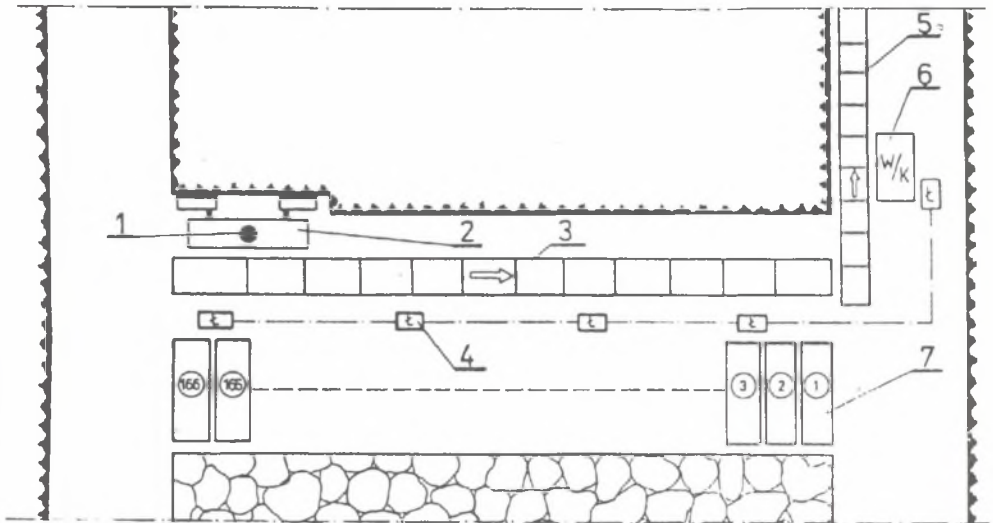


Rys.1. Schemat blokowy systemu rejestracji i odtwarzania poboru mocy silników kombajnu ścianowego

1-przekładniki prądowe, 2-przetworniki mocy, 3-rejestratory cyfrowe, 4-impulsator (znacznik położenia kombajnu w ścianie), 5-system pomiarowo-analizujący, 6-rejestrator

Fig.1. Block diagram of register and reproduction system of electric parameters of longwall shearer

Ogromną zaletą systemu ESAM jest bogata grafika, przy użyciu której przedstawić można uzyskane wyniki pomiarów i przeprowadzonej analizy. System umożliwia komunikowanie się z innymi komputerami oraz magazynowanie informacji na nośnikach różnych typów. Bez bogatej struktury systemu ESAM wykorzystanie wyników tak szerokiego programu badań przemysłowych nie byłoby możliwe. Szkic sytuacyjny ściany z obiektem badań (kombajn ścianowy) przedstawiono na rys.2. Stanowisko pomiarowe (1) zlokalizowano na kombajnie ścianowym (2) pod zespołem osłon. Rejestrowano synchronicznie moce czynne pobierane przez silniki elektryczne napędu organu lewego P_I , organu prawego P_{II} , moc całkowitą pobieraną przez napędy kombajnu P_{III} oraz znacznik położenia kombajnu w ścianie (w odniesieniu do numerowanych sekcji obudowy ścianowej). Położenie kombajnu w ścianie rejestrowano co 3 m, w całkowitym czasie jego pracy. Równocześnie w komentarzu pomiarowym podawano wraz z rejestrowanymi parametrami wariant pracy kombajnu (zabior, kierunek jazdy) oraz opis warunków górniczo-geologicznych.



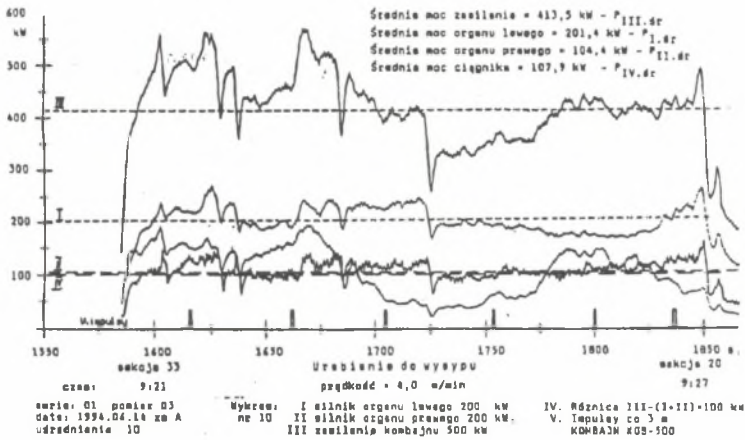
Rys.2. Szkic sytuacyjny stanowiska badawczego

1-stanowisko pomiarowe, 2-kombajn ścianowy, 3-przeñośnik zgrzeblowy ścianowy, 4-łaczność głośnomówiąca, 5 -przeñośnik zgrzeblowy podścianowy, 6-wyłącznik, 7 -obudowa ścianowa

Fig.2. Situational diagram of longwall test station

Wstępna analiza obciążeń napędów kombajnu prowadzona była na bieżąco ze wskazań przetwornika mocy. Zarejestrowane synchroniczne przebiegi mocy czynnej P_I , P_{II} i P_{III} oraz mocy ciągnika $P_{IV} = [P_m - (P_I + P_{II})]$ w funkcji czasu i położenia kombajnu w ścianie dla poszczególnych wariantów pracy przedstawiono w postaci kolorowych oscylogramów. Przykład takiego oscylogramu przedstawiony jest na rys.3.

Przebiegi zmierzonych parametrów zostały odtworzone na ploterze po obróbce komputerowej. Na oscylogramie podano czas odcinka pomiarowego, znacznik położenia kombajnu w ścianie, czas rozpoczęcia i zakończenia próby, numery sekcji obudowy, prędkość jazdy kombajnu oraz średnie wartości poszczególnych zmierzonych parametrów. Dane statystyczne wyznaczonych parametrów podane są przykładowo na rys.4.



Rys.3. Wykresy mocy napędów kombajnu
 I - silnik organu lewego, II - silnik organu prawego, III - wszystkie silniki,
 IV - silnik ciągnika

Fig.3. Diagram of shearer's drives power

Uzyskane wyniki badań kombajnu identyfikują zakres obciążenia jego napędów w funkcji prędkości jazdy, kierunku urabiania, zabioru, zmiennych warunków górnico-geologicznych (charakteryzowanych wskaźnikiem urabialności węgla) oraz w funkcji zabiegów technologicznych zmniejszających opory urabiania calizny węglowej.

4. PODSUMOWANIE

Procesy obciążeń maszyn górniczych związane z urabianiem calizny węglowej i transportem urobku w rejonie ściany cechuje wysoki poziom złożoności. Identyfikacja więc własności tych procesów na podstawie pomiarów eksploatacyjnych jest niezbędna dla racjonalnego projektowania maszyn i modelowania obciążeń w badaniach symulacyjnych, jak również dla właściwego ich doboru do warunków górnico-geologicznych i racjonalnej eksploatacji. Jest to możliwe dzięki osiągnięciom współczesnej techniki pomiarowej oraz oprogramowaniom systemów pomiarowo - analizujących. Przedstawiony w sposób skrótowy w niniejszym referacie system pomiarowy cechuje się stosunkowo małymi wymiarami gabarytowymi. Cecha ta jest ogromną zaletą ze względu na warunki, w jakich prowadzone są badania w podziemiach kopalń. Oprócz tego prezentowany system wyróżnia się wysokim poziomem niezawodności pracy i możliwością realizacji szeregu dodatkowych funkcji diagnostycznych, rejestracyjnych i analizujących. Umożliwia uzyskiwanie danych niezbędnych przy opracowywaniu nowych rozwiązań maszyn, weryfikację konstrukcji już istniejących i funkcjonujących oraz diagnozowanie maszyn i optymalizację warunków ich pracy.

Przyporządkowanie : kanał		Sposób opracowania wyników : kilka kanałów Y		
Numer : 8		Liczba danych : 2808		
Nazwa kanału : Y-CUT		Przeliczenie danych : nie określono		
Komentarz kanału : organ lewy				
Suma	suma wartości zmierzonych	: 564688,780	suma kwadratów	: 116360117,3
Min, Max	wartość minimalna	: 74,048	wartość maksymalna	: 272,213
Wartość średnia,	arytmetyczna	: 201,243	kwadratowa	: 203,637
	geometryczna	: 198,555	harmoniczna	: 195,441
Kwantyl	kwantyl - 0,25	: 180,398	mediana	: 198,939
			kwantyl - 0,75	: 228,211
Miary dyspersji	wielkość odchylenia	: 198,188	standardowe odchylenie	: 31,141
	wariancja	: 989,789	współczynnik zmienności	: 0,155
	skłonność	: -0,54	względny współ.zmien.	: 0,292
			wypukłość	: 0,818
Przyporządkowanie : kanał		Sposób opracowania wyników : kilka kanałów Y		
Numer : 9		Liczba danych : 2808		
Nazwa kanału : Y-CUT		Przeliczenie danych : nie określono		
Komentarz kanału : organ prawy				
Suma	suma wartości zmierzonych	: 292904,927	suma kwadratów	: 36875222,5
Min, Max	wartość minimalna	: 22,291	wartość maksymalna	: 198,486
Wartość średnia,	arytmetyczna	: 104,385	kwadratowa	: 114,636
	geometryczna	: 81,407	harmoniczna	: 77,400
Kwantyl	kwantyl - 0,25	: 58,280	mediana	: 114,008
			kwantyl - 0,75	: 144,990
Miary dyspersji	wielkość odchylenia	: 174,196	standardowe odchylenie	: 47,392
	wariancja	: 2246,088	współczynnik zmienności	: 0,454
	skłonność	: -0,108	względny współ.zmien.	: 0,857
			wypukłość	: -1,334
Przyporządkowanie : kanał		Sposób opracowania wyników : kilka kanałów Y		
Numer : 10		Liczba danych : 2808		
Nazwa kanału : Y-CUT		Przeliczenie danych : nie określono		
Komentarz kanału : zasilanie (suma)				
Suma	suma wartości zmierzonych	: 1160312,5	suma kwadratów	: 495459453,1
Min, Max	wartość minimalna	: 141,372	wartość maksymalna	: 572,208
Wartość średnia,	arytmetyczna	: 413,511	kwadratowa	: 420,204
	geometryczna	: 405,698	harmoniczna	: 396,261
Kwantyl	kwantyl - 0,25	: 369,088	mediana	: 417,913
			kwantyl - 0,75	: 454,355
Miary dyspersji	wielkość odchylenia	: 430,838	standardowe odchylenie	: 74,712
	wariancja	: 5581,888	współczynnik zmienności	: 0,18
	skłonność	: -0,6	względny współ.zmien.	: 0,341
			wypukłość	: 0,988
Przyporządkowanie : kanał		Sposób opracowania wyników : kilka kanałów Y		
Numer : 11		Liczba danych : 2808		
Nazwa kanału : Y-CUT		Przeliczenie danych : nie określono		
Komentarz kanału : celnik				
Suma	suma wartości zmierzonych	: 302718,7	suma kwadratów	: 33759493,8
Min, Max	wartość minimalna	: 22,549	wartość maksymalna	: 184,051
Wartość średnia,	arytmetyczna	: 107,882	kwadratowa	: 109,888
	geometryczna	: 105,454	harmoniczna	: 101,845
Kwantyl	kwantyl - 0,25	: 88,986	mediana	: 109,847
			kwantyl - 0,75	: 121,083
Miary dyspersji	wielkość odchylenia	: 141,501	standardowe odchylenie	: 19,815
	wariancja	: 392,648	współczynnik zmienności	: 0,183
	skłonność	: -1,243	względny współ.zmien.	: 0,347
			wypukłość	: 2,826

Rys.4. Dane statystyczne zmierzonych parametrów kombajnu ścianowego
Fig.4. Statistical data of shearer's measured parameters

LITERATURA

- [1] Antoniak J., Lutyński A.: Możliwości weryfikacji nowoczesnych przenośników zgrzeblowych z wykorzystaniem badań przemysłowych. Konferencja naukowo-techniczna Rybnickiej Fabryki Maszyn Górniczych "Ryfama" - RYFAMEX 94, Rybnik 8-10.11.1994,
- [2] Antoniak J., Lutyński A., Chlęch J.R., Kozieł A.: Zabiegi podwyższające trwałość wysoko wydajnych górniczych przenośników zgrzeblowych. Materiały III Konferencji Naukowo-Technicznej "Trwałość elementów i węzłów konstrukcyjnych maszyn górniczych", Ustroń, 9-10.11.1994,
- [3] Kozieł A.: Badania nad wyznaczaniem wskaźnika energochłonności urabiania w zależności od parametrów fizycznych i mechanicznych skał. Maszyny Górnicze, CMG KOMAG 1994,
- [4] Antoniak J., Świtoński E.: Tendencje rozwojowe w napędach kombajnów węglowych. Ż.N. Politechniki Śląskiej, s. Mechanika z. 116, Gliwice 1994.

Recenzent: prof. dr hab. inż. J. Maryniak

Wpłynęło do Redakcji w grudniu 1994 r.