

WYKORZYSTANIE HURTOWNI DANYCH DO ANALIZY EFEKTYWNOŚCI PRACY WYBRANYCH MASZYN GÓRNICZYCH

Kinga STECUŁA, Jarosław BRODNY, Marcin DĄBROWSKI, Dorota PALKA

Streszczenie: Efektywność wykorzystania posiadanych przez przedsiębiorstwa środków technicznych jest jednym z ważniejszych czynników decydujących o rentowności tych przedsiębiorstw. Ma to szczególnie istotne znaczenie w przypadku, gdy koszty tych środków są znaczne. Z takim przypadkiem mamy do czynienia w przedsiębiorstwach górniczych zajmujących się podziemną eksploatacją węgla kamiennego. Urządzenia techniczne, a w szczególności maszyny górnicze wykorzystywane w tym procesie są bardzo zaawansowane technicznie i jednocześnie bardzo kosztowne. Dlatego bardzo istotne dla tych przedsiębiorstw jest jak najbardziej efektywne wykorzystanie posiadanych maszyn. Koszty związane z użytkowaniem maszyn mogą bowiem mieć bardzo istotny wpływ na kondycję finansową tych firm. W artykule przedstawiono problematykę wykorzystania hurtowni danych, zbudowanej w oparciu o zarejestrowane przez systemy automatyki przemysłowej parametry pracy maszyn, do analizy efektywności wykorzystania tych maszyn. Badaniom poddano kombajn i przenośnik ścianowy wchodzące w skład zmechanizowanego kompleksu ścianowego. Scharakteryzowano także hurtownię i bazę danych oraz przedstawiono przykładowe wyniki przeprowadzonej analizy. Koncepcja wykorzystania hurtowni danych do analizy parametrów pracy maszyn stwarza duże możliwości praktycznego wykorzystania rejestrowanych danych.

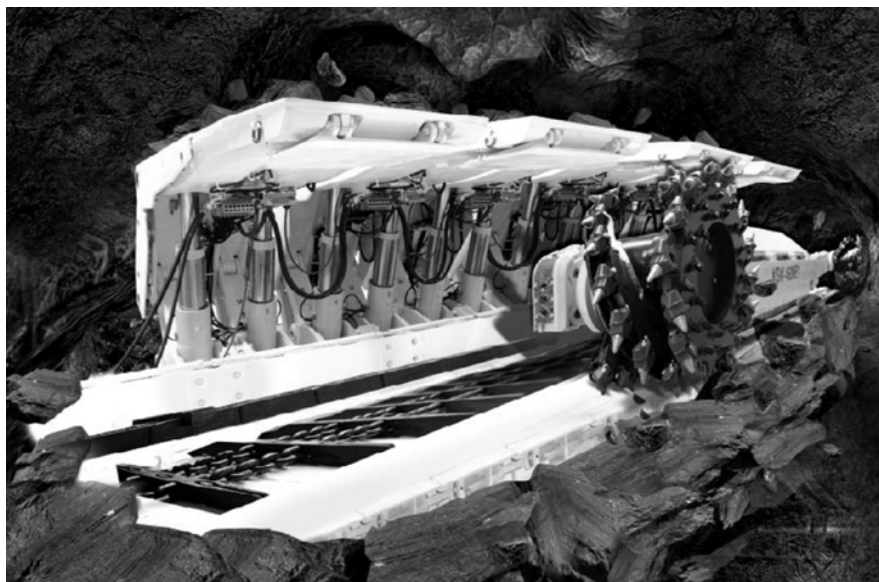
Słowa kluczowe: hurtownia danych, maszyny górnicze, efektywność.

1. Wstęp

W ostatnich latach w przemyśle wydobywczym zajmującym się wydobywaniem węgla kamiennego wykorzystuje się coraz bardziej zaawansowane technicznie maszyny, które charakteryzują się bardzo dobrymi parametrami technicznymi, w tym wysoką wydajnością i dużą niezawodnością. Cechy te powodują, iż maszyny te są bardzo kosztowne. Wysokie koszty zakupu lub dzierżawy niektórych z tych maszyn powodują, że przedsiębiorstwa górnicze starają się jak najlepiej wykorzystać potencjał tych maszyn.

Spośród maszyn wykorzystywanych w procesie podziemnej eksploatacji węgla kamiennego szczególne istotne znaczenie mają maszyny pracujące bezpośrednio przy urabianiu skały. Zestaw tych maszyn pracujących w strefie bezpośredniej eksploatacji (tzw. strefie przodkowej) nazywany jest zmechanizowanym kompleksem ścianowym (rys. 1) [12]. W skład kompleksu wchodzi kombajn ścianowy, przenośnik ścianowy i podścianowy, kruszarki, sekcje obudowy oraz szereg urządzeń dodatkowych. Praca tego zastawu ma fundamentalne znaczenie dla efektywności eksploatacji danej ściany, a w dalszej kolejności także dla całego zakładu górniczego. Obecnie bowiem, bardzo często w kopalniach eksploatację prowadzi się tylko w jednej lub dwóch ścianach. Powoduje to dużą presję dla załogi oraz spore wymagania, co do niezawodności i wydajności

użytkowanych maszyn. Bardzo często bowiem od efektywności eksploatacji takiej ściany zależy byt całej kopalni. W interesie pracowników i władz przedsiębiorstwa jest jak najbardziej efektywne wykorzystanie posiadanych maszyn [8, 11].



Rys. 1. Widok kompleksu ścianowego przeznaczony do podziemnej eksploatacji węgla kamiennego [12]

Istotnym czynnikiem, który również wpływa na konieczność podnoszenia efektywności wykorzystania posiadanych przez przedsiębiorstwa górnicze maszyn jest rosnąca na rynku surowców energetycznych konkurencja. Powoduje ona, iż każde przedsiębiorstwo dąży do minimalizacji kosztów jednostkowych swoich produktów. W przypadku przedsiębiorstw górniczych zajmujących się wydobyciem węgla kamiennego, których sytuacja ekonomiczna w ostatnich latach jest bardzo trudna, proces ten nabiera jeszcze większego znaczenia.

W celu poprawy efektywności wykorzystania posiadanych urządzeń, a w szczególności maszyn, konieczne jest przeprowadzenie oceny obecnego stanu ich wykorzystania. Przeprowadzenie wiarygodnej analizy stopnia wykorzystania posiadanych przez przedsiębiorstwo maszyn wymaga pozyskania odpowiednich danych o parametrach pracy tych maszyn. Bardzo ważną cechą pozyskiwanych danych musi być odpowiedni poziom ich wiarygodności, co wynika z faktu, iż wyniki prowadzonych analiz będą wykorzystywane do podejmowania określonych decyzji związanych z eksploatacją badanych maszyn. Wymagana jest więc wysoka odporność pozyskiwanych danych na działanie subiektywnych czynników. Z tego względu w procesie pozyskiwania danych do analizy konieczne jest ograniczenie wpływu czynnika ludzkiego. W prezentowanej pracy cel ten osiągnięto poprzez wykorzystanie systemów automatyki przemysłowej do rejestracji danych o parametrach pracy badanych maszyn oraz światłowodowej sieci przesyłowej gwarantującej wysoką jakość transmisji danych.

Badaniom poddano kombajn ścianowy i przenośnik ścianowy, czyli maszyny, których praca jest ze sobą bezpośrednio związana. Dla obu badanych maszyn rejestrowano szereg

parametrów diagnostycznych, które stały się podstawą do wyznaczenia efektywności ich wykorzystania. W przypadku przenośnika ścianowego rejestracja objęła czasowe przebiegi zmienności natężeń prądów pobieranych przez jego trzy silniki, natomiast liczba rejestrowanych parametrów kombajnu była znacznie większa i objęła w sumie 32 wielkości. W praktyce do wyznaczania dostępności kombajnu wykorzystano tylko część tych danych, obejmujących czasowe przebiegi natężeń prądów silników kombajnu, napięcia zasilającego, położenia w ścianie, prędkości posuwu oraz częstotliwości napięcia zasilania silników posuwu kombajnu. Zestawienie wybranych parametrów pracy kombajnu, które były rejestrowane w czasie jego pracy przedstawiono w tabeli 1.

Parametry były rejestrowane z częstotliwością 1 Hz przez 24 godziny, co spowodowało, iż powstały bardzo duże ilości danych. Jednocześnie obie badane maszyny były różnych producentów co powodowało dodatkowo konieczność synchronizacji tych danych w funkcji czasu.

Tak obszerne ilości danych wymagały zastosowania odpowiedniego narzędzia informatycznego do ich archiwizacji i analizy. Narzędziem takim okazała się zbudowana specjalnie do tego celu hurtownia danych, skupiająca dane także z pozostałych maszyn kompleksu ścianowego. Celem tej hurtowni była archiwizacja bardzo dużej ilości danych pozyskiwanych z różnych maszyn (ujętych w bazach danych), zintegrowanie tych danych oraz ukierunkowanie ich do analitycznej obróbki celem wyznaczenia określonych wielkości.

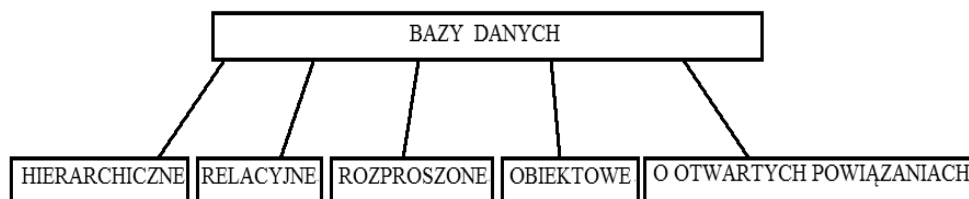
W artykule wykorzystano opracowaną hurtownię danych do analizy efektywności pracy dwóch maszyn górniczych. Przedstawione w artykule wyniki stanowią tylko niewielką część rezultatów analizy przeprowadzonej z wykorzystaniem opracowanych hurtowni danych. Koncepcja wykorzystania hurtowni danych do analizy parametrów pracy maszyn umożliwiła szybkie i skuteczne prowadzenie analiz z uwzględnieniem różnorodności opracowanych algorytmów. Uniwersalność opracowanej hurtowni pozwala także na szybką obróbkę danych w zależności od wymagań np. kadry kierowniczej przedsiębiorstwa.

2. Baza danych a hurtownia danych

Obecnie w trakcie pracy maszyn rejestruje się coraz więcej parametrów charakteryzujących ich stan z coraz większą częstotliwością próbkowania. Fakt ten powoduje, że otrzymuje się bardzo duże ilości danych, które wymagają archiwizacji oraz dalszej obróbki. Dotyczy to także analizowanego przypadku, badania maszyn górniczych. Problem ten można rozwiązać wykorzystując narzędzia informatyczne umożliwiające szybkie i efektywne wykonanie tych czynności. Takimi narzędziami są bazy danych i hurtownie danych.

Omawiając pojęcie bazy danych należy najpierw zdefiniować termin *dane*. Dane są konkretnymi wartościami, np. liczbą czy tekstem, reprezentującymi nieustrukturyzowane fakty w przeciwieństwie do informacji, która powstaje z wyselekcjonowanych danych prezentowanych w sposób zrozumiały dla odbiorcy [1]. Dane przechowuje się w bazach danych, które stanowią blok funkcjonalny bazy wiedzy systemu ekspertowego. Bazę danych (BD) można zdefiniować jako zbiór danych i obiektów, które są związane z danym tematem lub zadaniem [5]. Uporządkowany, skończony zbiór danych nosi nazwę *struktury danych*. Do identyfikacji danej służy jej nazwa, która ponadto określa jej miejsce w strukturze. Pomiędzy danymi występują określone powiązania (relacje) i to właśnie dane oraz relacje między nimi tworzą strukturę danych. Elementy baz danych stanowią rekordy, które są ciągami danych posiadającymi swój opis w BD. Nazwy poszczególnych rekordów

są atrybutami danych, natomiast wartości danych, które są stanowią rekordy, nazywane są wartościami atrybutów. W celu skutecznego wyszukiwania oraz przetwarzania danych stosuje się oprogramowanie, które będzie stanowiło system zarządzania bazami danych (DBMS), czyli *Data Base Management System* [4]. Wyróżnia się kilka rodzajów baz danych. Na rysunku 2 przedstawiona jest klasyfikacja baz danych, które dzielą się na hierarchiczne, rozproszone, relacyjne, o otwartych powiązaniach oraz obiektowe.



Rys. 2. Klasyfikacja baz danych [4]

Wszystkie dane w hierarchicznych bazach danych są ze sobą powiązane. Dany rekord zawiera wskaźnik do kolejnego rekordu, dzięki czemu struktura bazy danych przypomina graf, którego węzły odpowiadają rekordom. W rozproszonej bazie danych wykorzystuje się różne komputery połączone ze sobą łączami komunikacyjnymi. Tego typu baza złożona jest z modułów, z których każdy posiada system obsługi tzw. transakcji, czyli pojedynczych wykonań programu odnoszących się do zawartości bazy danych. Należą do nich zapytanie (w języku zapytań) lub program w języku Data Base Management System z odwołaniem do języka zapytań. Dane w relacyjnych bazach danych są uporządkowane i przechowywane w tabelach, które połączone są logicznymi zależnościami, czyli relacjami. Podstawową relacją jest wspólne pole tabel (parametr). Bazy danych o otwartych powiązaniach (ODBC) posiadają standardowy protokół dostępu do danych. Sterowniki protokołu umożliwiają łatwą wymianę danych pomiędzy obsługującymi je programami. Polecenie dowolnego programu wykonującego pewną operację związaną z dowolną bazą danych jest przekształcane przez sterownik ODBC na rozkaz, który będzie zrozumiały dla danej bazy danych i taki wynik dzięki sterownikowi ODBC dociera do programu realizującego daną operację. Przykładowo, różne programy pakietu Microsoft Office np. Word, Excel, Access oferują sterowniki tego typu. Obiektowe bazy danych przechowują informacje w postaci obiektów, które składają się z kombinacji danych i skojarzonych z nimi procedur. Zatem przechowywanie danych nie zawsze musi przybierać formy dwuwymiarowej – tabelarycznej. Struktury obiektów mogą być złożone, zagnieżdżone, hierarchicznie uporządkowane lub przybierać formę grafu [4].

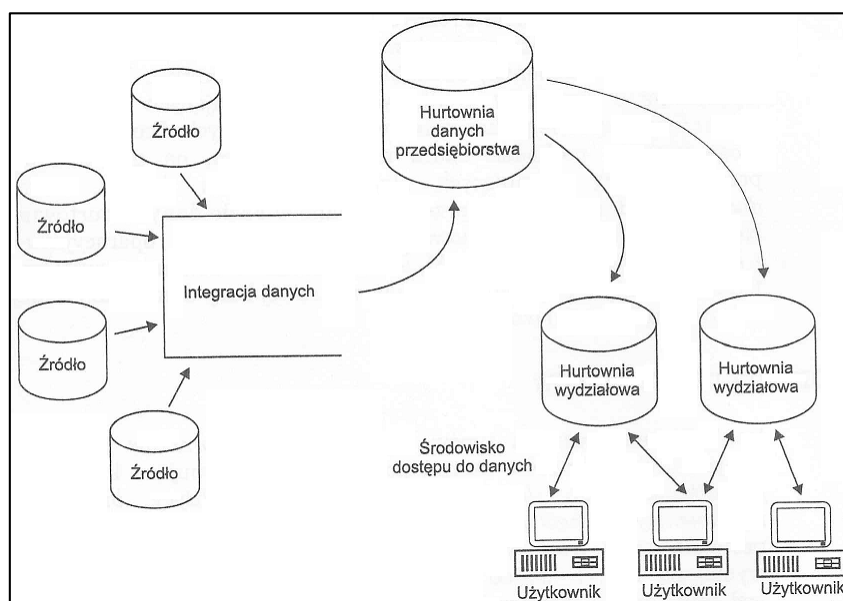
Wyróżnia się wiele programów będących elektronicznym systemem zarządzania bazami danych. Dzięki wykorzystaniu takich programów możliwe jest [5]:

- przechowywanie danych,
- dostęp do potrzebnych w danym momencie danych,
- porządkowanie danych według wybranych kryteriów,
- szybka zmiana formy prezentacji danych,
- pozyskanie oryginalnych zestawów danych,
- grupowanie danych,
- dokonywanie obliczeń.

Ewolucyjną formę bazy danych stanowi hurtownia danych. Hurtownia danych jest tematycznie zorientowaną, spójną, chronologiczną i niezmienną kolekcją danych, która tworzona jest w celu wspomagania procesów podejmowania decyzji kierowniczych. Tematyka wiąże się z celem, w jakim budowana jest hurtownia danych, czyli zapoznaniem się z danym aspektem zagadnienia, do którego należy np. sprzedaż w przekroju asortymentowym czy terytorialnym, czy zidentyfikowanie jej trendu. Ponadto hurtownia, która ma przyczynić się do rozwiązania problemu decyzyjnego składa się tylko z danych poddawanych analizie, czyli z danych filtrowanych. Ponadto dane są zintegrowane, dostępne w konkretnym miejscu, nieulotne oraz podlegają zmianom, czyli dopisywane są kolejne rekordy, gdyż hurtownia danych staje się obszerniejsza w miarę upływu czasu [3].

Hurtownia danych jest również definiowana jako analityczna baza danych, która jest podstawą systemu wspomagającego podejmowanie decyzji. Projektuje się ją dla dużej liczby danych o charakterze stałym. Hurtownia danych rozwija się stale zapewniając właściwym użytkownikom właściwe dane we właściwym czasie. Umożliwia dostęp do danych, które będą mogły być wykorzystane w procesie podejmowania decyzji [10].

Omawiając pojęcie *hurtowni danych* należy odnieść się do terminu *architektury danych*. Architektura stanowi zbiór zasad i struktur, które tworzą szkielet ogólnego projektu systemu lub produktu. Można wyróżnić architektury sieciowe, klient-serwer, dla konkretnych produktów oraz inne. Natomiast architekturę danych należy rozumieć jako rozpoznanie oraz zrozumienie sposobu, w jaki dane będą przepływały w systemie i jak będzie się je wykorzystywać wewnątrz przedsiębiorstwa. Fundamentem architektury danych jest stała baza danych. Na rysunku 3 przedstawiono przykład architektury danych dla hurtowni danych [10].



Rys. 3. Przykład architektury hurtowni danych [10]

Hurtownia danych jest specjalistycznym narzędziem wykorzystywanym w procesie analizy danych. Pełni więcej funkcji i zadań niż baza danych, mianowicie oferuje między innymi [9]:

- fizyczne oddzielenie przetwarzania analitycznego od transakcyjnego,
- postać danych, która umożliwi przeprowadzanie analiz pod względem zawartości i organizacji,
- wstępne przetworzenie posiadanych danych, np. podsumowania dla wybranych kolumn,
- model przechowywania danych odpowiedni dla wykonywanej analizy, który umożliwia sprawny wybór i filtrowanie danych,
- przeprowadzanie nowych analiz w oparciu o uzyskane obliczenia oraz specjalny zestaw funkcji i operatorów,
- odpytywanie danych dzięki rozszerzeniu języka SQL,
- wizualizację danych otrzymanych po dokonanych analizach.

Podsumowując należy stwierdzić, że w przypadku budowania hurtowni danych bardzo istotne znaczenie ma precyzyjne zdefiniowanie oczekiwanych wymagań oraz określenie jej użytkowników. Obsługa hurtowni powinna być czytelna i jasna oraz charakteryzować się łatwo przyswajalnym interfejsem. W prezentowanym przypadku zbudowana hurtownia danych jest dedykowana do konkretnych potrzeb i przeznaczona do analizy pracy maszyn górniczych. Budowa hurtowni jest jednak na tyle uniwersalna, że jej użyteczność może zostać bardzo szybko poszerzona o nowe funkcje. Niewątpliwą zaletą tego typu narzędzia jest także łatwość obsługi. Ma to istotne praktyczne znaczenie, gdyż niewłaściwie zbudowana i użytkowana hurtownia danych może spowodować, iż podejmowane, na podstawie uzyskanych wyników decyzji będzie utrudnione i rozciągnięte w czasie [9].

3. Charakterystyka pozyskiwanych danych o pracy maszyn

Jak już wspomiano, dane diagnostyczne o pracy maszyn pozyskiwane były z systemów automatyki przemysłowej. Celem zbierania tych danych było wiarygodne wyznaczenie efektywności pracy badanych maszyn w procesie podziemnego urabiania górotworu.

W tabeli 1 zestawiono wybrane parametry rejestrowane w trakcie pracy kombajnu ścianowego z ich oryginalnymi oznaczeniami wykorzystywanymi w skryptach hurtowni danych. Liczba rejestrowanych danych w przypadku tego kombajnu wynosiła 32, natomiast opracowana hurtownia danych nie ma praktycznie ograniczeń w zakresie ilości rejestrowanych danych.

Przy wyznaczaniu efektywności pracy badanych maszyn nie wykorzystywano wszystkich rejestrowanych danych, lecz skupiono się na najważniejszych spośród nich. Do grupy tej należały parametry pracy silników kombajnu, a w szczególności natężenia prądów pobieranych przez te silniki, prędkość posuwu kombajnu oraz położenie w ścianie. Bardzo istotne znaczenie miało także ustalenie wartości znamionowych poszczególnych parametrów pracy silników kombajnu. Wartości te odniesione do wartości rejestrowanych w czasie pracy umożliwiały określenie stopnia przeciążenia lub niedociążenia danego silnika. Zestawienie tych wartości dla badanego kombajnu ścianowego przedstawiono w tabeli 2.

W przypadku przenośnika ścianowego rejestrowano czasowe przebiegi natężeń prądów pobieranych przez trzy jego silniki, a mianowicie dwa silniki napędu głównego

i silnik napędu pomocniczego. Wszystkie dane z kombajnu i przenośnika były synchronizowane i zintegrowane czasowo oraz archiwizowane w hurtowni danych.

Tab. 1. Zestawienie i oznaczenie wybranych parametrów rejestrowanych w czasie pracy kombajnu ścianowego

Parametr	Oznaczenie	Parametr	Oznaczenie
Prąd prawego silnika posuwu	RHaulage Current	Pozycja kombajnu	Mach_shield pos
Temperatura lewego silnika posuwu	LHaulage Temp	Temperatura lewego silnika pompy hydraulicznej	LPumpTemp
Temperatura transformatora mocy	Power Transformer Temp	Napięcie zasilania	Voltage Transducer
Temperatura prawego silnika posuwu	RHaulageTemp	Temperatura lewego silnika pompy hydraulicznej	LPumpTemp
Temperatura prawego silnika urabiania	RCutterTemp	Prąd lewego silnika pompy hydraulicznej	LPump Current
Prąd prawego silnika urabiania	RCutterCurrent	Temperatura lewego silnika posuwu	LHaulage Temp
Prąd prawego silnika pompy hydraulicznej	RPumpCurrent	Prąd lewego silnika urabiania	LCutter Current
Temperatura prawego silnika pompy hydraulicznej	RPumpTemp	Częstotliwość aktualna przemiennika	VFD_Actual frequency
Prąd lewego silnika posuwu	LHaulage Current	Częstotliwość zadana do przemiennika	VFD_Reference frequency

Tab. 2. Zestawienie wartości znamionowych parametrów silników kombajnu

Wartości znamionowe silników elektrycznych wykorzystywanych w kombajnie ścianowym							
L.p.	Przeznaczenie silnika	Moc, kW	Napięcie, V	Prąd, A	Prędkość, obr/min	Częstotliwość zasilania Hz	Moment znamionowy Nm
1	Silnik pompy hydraulicznej	13	950	12	1415	50	87
2	Silnik posuwu	60	950	54	2210	75	n/a
3	Silnik urabiania	375	3300	81	1475	50	2400
4	Silnik pompy hydraulicznej	13	950	12	1415	50	87
5	Silnik posuwu	60	950	54	2210	75	n/a
6	Silnik urabiania	375	3300	81	1475	50	2400

Na rysunku 4 przedstawiono przykładowy skrypt hurtowni danych dotyczący zakresu parametrów pomiarowych badanych maszyn.

Table Name	WOOEADM.WOEF_ZAKRES_PARAM_POM									
Functional Name										
Abbreviation										
Classification Type Name										
Object Type Name										
Description	zakresy dla parametru technicznego									
Notes										
Number Of Columns	4									
Number Of Rows Min.	0									
Number Of Rows Max.	9999999									
Expected Number Of Rows	0									
Expected Growth	0									
Growth Interval	Year									
Columns										
No	Column Name	PK	FK	M	Data Type	DT kind	Domain Name	Formula (Default Value)	Security	Abbreviation
1	PPTY_ID	P	F	Y	NUMERIC (22)	LT				
2	RZPP_KOD	P	F	Y	VARCHAR (16 CHAR)	LT				
3	ZAPP_OD			Y	NUMERIC (8,3)	LT				
4	ZAPP_DO			Y	NUMERIC (8,3)	LT				
Columns Comments										
No	Column Name	Description	Notes							
2	RZPP_KOD	unikalny identyfikator rodzaju zakresu parametru pomiarowego								
3	ZAPP_OD	dolna granica zakresu								
4	ZAPP_DO	gorna granica zakresu								
Indexes										
Index Name	State	Functional	Spatial	Expression	Column Name	Sort Order				
FK_PPTY_ZAPP					PPTY_ID	ASC				
FK_RZPP_ZAPP					RZPP_KOD	ASC				
FK_ZAPP	UN				RZPP_KOD	ASC				

Rys. 4. Skrypt ewidencji zakresu parametrów badanych maszyn

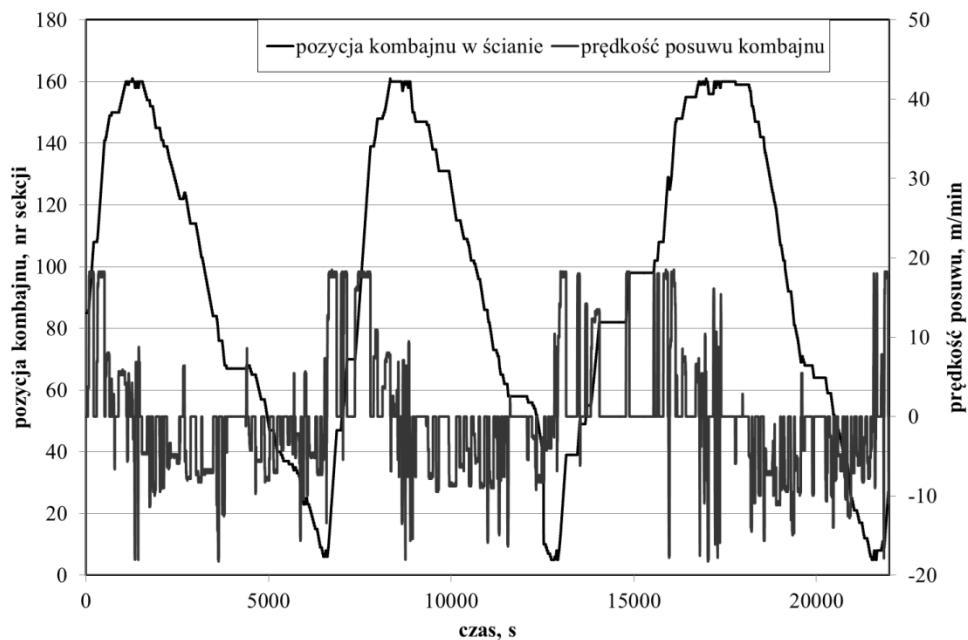
4. Wyniki analizy

W oparciu o zarejestrowane parametry badanych maszyn w czasie ich pracy oraz wykorzystując możliwości analityczne opracowanej hurtowni danych dokonano analizy efektywności pracy tych maszyn. W artykule, pod pojęciem efektywności pracy rozumie się iloczyn dostępności maszyny jej wydajności i jakości urobku [2, 6, 7]. Dostępność maszyny została określona jako stosunek rzeczywistego czasu jej pracy do czasu normatywnego. Wydajność wyznaczono, jako stosunek rzeczywistej masy urobionej skały do normatywnej masy dla każdej ze zmian roboczych. W prezentowanym przykładzie jakość urobku w badanym okresie była stabilna i w niewielkim stopniu odbiegała od wartości założonej w planie technicznym ściany. Na tej podstawie przyjęto stałą wartość współczynnika jakości wynoszącą 0,92.

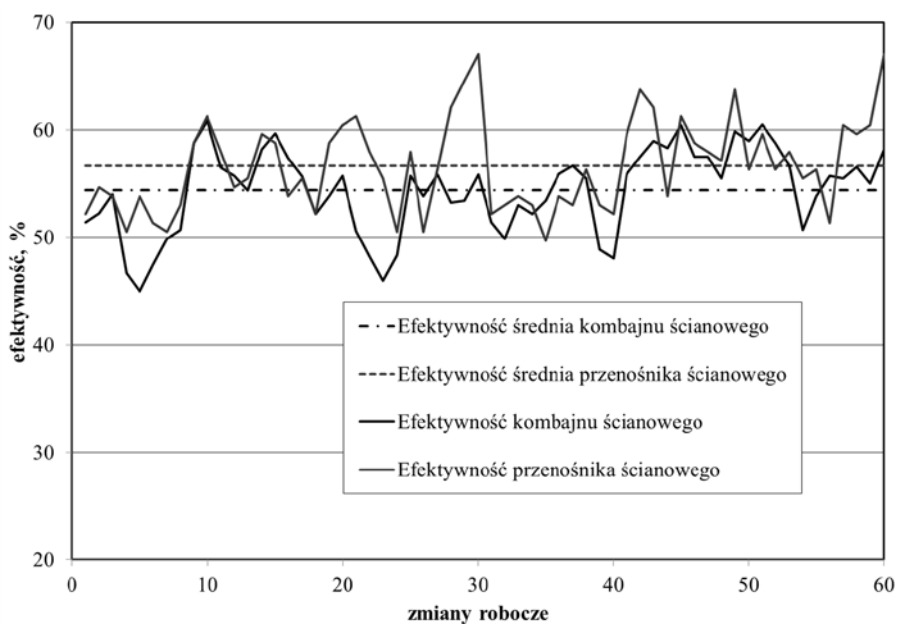
Na rysunku 5 przedstawiono przykładowy przebieg prędkości posuwu kombajnu oraz jego przemieszczenia dla jednej zmiany roboczej. W czasie tej zmiany kombajn wykonał prawie trzy pełne cykle urabiania. Przy czym w badanym przypadku prowadzono urabianie jednostronne. Można więc przyjąć, że w trakcie tej zmiany kombajn wykonał trzy skrawy robocze.

Analiza przedstawionych na rysunku 5 przebiegów wskazuje, że w trakcie tej zmiany nie wystąpiły istotne przerwy w pracy kombajnu. Na 21600 sekund normatywnej pracy, kombajn pracował 15872 sekund, z czego wynika, że jego dostępność wyniosła 73,48%. Jest to dobry najlepszy wynik w kontekście analizowanych w artykule zmian roboczych. Na podstawie zarejestrowanych przebiegów wyznaczono bowiem efektywność pracy obu

badanych maszyn dla czterech tygodni pracy, czyli 60 zmian roboczych. Wyniki tej analizy przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 5. Czasowy przebieg prędkości kombajnu i jego położenia w wyrobisku ścianowym



Rys. 6. Wartości efektywności pracy badanych maszyn

Uzyskane wyniki wskazują, iż efektywność obu badanych maszyn jest bardzo zróżnicowana. Zdecydowanie większa efektywność, w badanym okresie zanotowano dla przenośnika ścianowego. Średnia wartość efektywności kombajnu ścianowego dla badanego okresu wyniosła $54,39\% \pm 3,91\%$, a dla przenośnika ścianowego $56,66\% \pm 4,27\%$.

5. Wnioski

Przedstawiona w artykule problematyka dotyczy ważnego zagadnienia jakim jest efektywność wykorzystania maszyn przez przedsiębiorstwa górnicze. Trudna sytuacja ekonomiczna branży górniczej powoduje bowiem, iż przedsiębiorstwa te zmuszone są do szukania oszczędności w różnych obszarach swojej działalności. Zwiększenie efektywności wykorzystania posiadanych środków technicznych bardzo dobrze wpisuje się w działania mające na celu optymalizację kosztów tych przedsiębiorstw.

Przedstawione w artykule wyniki potwierdzają fakt, iż obecnie stopień wykorzystania, w tym przypadku maszyn przodkowych nie jest zadowalający. Można przypuszczać, że w przypadku pozostałych maszyn wskaźniki te też nie są zbyt wysokie.

W celu podjęcia decyzji mających na celu poprawę tej sytuacji, konieczne jest jednak posiadanie wiarygodnych danych o stopniu wykorzystania posiadanego sprzętu. Przedstawiona w artykule propozycja wykorzystania hurtowni danych do analizy tego stanu jest zasadna.

Obecnie w górnictwie wykorzystuje się maszyny wielu producentów, którzy dla każdej z nich stosują różne metody zapisu parametrów ich pracy. W celu wykorzystania tych danych konieczne jest posiadanie narzędzi informatycznych umożliwiających ich archiwizację i integrację czasową. Należy także podkreślić, że wiarygodna analiza danych wymaga odpowiedniego ich próbkowania, co z kolei powoduje, iż powstałe bazy danych są bardzo obszerne. Zatem również w tym przypadku zastosowanie proponowanej hurtowni danych jest bardzo dobrym rozwiązaniem.

Uzyskane wyniki jednoznacznie świadczą o tym, iż w branży górniczej w zakresie efektywności wykorzystania maszyn istnieją spore rezerwy, które mogą zauważalnie wpłynąć na poprawę efektów ekonomicznych tych przedsiębiorstw.

Niniejszy artykuł jest wynikiem realizacji projektu badawczego nr PBS3/B6/25/2015 pt. „Wykorzystanie metody efektywności całkowitej dla poprawy efektywności pracy maszynowych kompleksów ścianowych w procesie eksploatacji węgla kamiennego”, realizowanego w latach 2015-2017 i finansowanego przez NCBiR.

Literatura

1. Avison D. E., Fitzgerald G.: Information Systems Development: methodologies, technologies, tools. 2nd Ed. McGraw-Hill, London, 1995.
2. Elevli, S., Elevli, B.: Performance Measurement of Mining Equipments by Utilizing OEE. Acta Montanistica Slovaca t. 15, nr 2, 2010.
3. Inmon W. H.: Building the Data Warehouse, QED Information Sciences, Wellesley, MA, USA, 1992.
4. Jagielski J.: Inżynieria wiedzy, Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra 2005.
5. Kopertowska-Tomczak M., ECDL Bazy danych, Moduł 5, PWN, Warszawa 2009.
6. Mazurek W.: Wskaźnik OEE – Teoria i praktyka. wydanie II 2014 Neuron. www.neuron.com.pl

7. Nakajima S.: Introduction to TPM. Total Productive Maintenance. Productivity Press, Portland Oregon 1988.
8. Pawluk A.: Wskaźnik całkowitej efektywności wyposażenia jako miara skuteczności i narzędzie doskonalenia organizacji. „Studia i prace kolegium zarządzania i finansów SGH. Zeszyt Naukowy nr 134, str. 9-29. Warszawa 2014.
9. Pelikant A.: Hurtownie danych. Od przetwarzania analitycznego do raportowania, Helion, Gliwice 2000.
10. Poe V., Klauer P., Brobst S.: Tworzenie hurtowni danych. Wspomaganie podejmowania decyzji, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2000.
11. Szewczyk K.: Efektywność wyposażenia jako czynnik wzrostu wartości przedsiębiorstwa. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 685, Szczecin 2011.
12. http://www.kopex.com.pl/upload/user/file/OFERTA/kompleksy-ścianowe/kopex_pniowek_folder_ok.pdf- z dn. 04.01.2017.

Mgr Kinga STECUŁA

Dr hab. inż. Jarosław BRODNY, prof. nzw. Pol. Śl.

Dr inż. Marcin DĄBROWSKI

Mgr inż. Dorota PALKA

Instytut Inżynierii Produkcji, Politechnika Śląska

41-800 Zabrze, ul. Roosevelta 26-28

Tel. (032) 277 73 11, fax. (032) 277 73 62

e-mail: kinga.stecula@polsl.pl

jaroslaw.brodny@polsl.pl

marcin.dabrowski@polsl.pl

dorota.palka@polsl.pl