

ANALIZA EFEKTYWNOŚCI WYKORZYSTANIA ZESTAWU MASZYN GÓRNICZYCH

Jarosław BRODNY, Kinga STECUŁA

Streszczenie: Duża konkurencja na rynku energetycznym wymusza ciągle unowocześnianie przez przedsiębiorstwa górnicze wydobywające węgiel kamienny posiadanego parku maszynowego oraz podejmowanie działań mających na celu ograniczanie kosztów jego eksploatacji. Poprawa efektywności wykorzystania posiadanych maszyn w obszarach ich dostępności i wydajności oraz jakości produktu staje się jednym z czynników mogących w sposób bezpośredni poprawić efektywność działania tych przedsiębiorstw. W artykule przedstawiono wyniki analizy efektywności wykorzystania zestawu maszyn górniczych wchodzących w skład kompleksu ścianowego będącego pierwszym, i zdaniem autorów najistotniejszym, ogniwem ciągu technologicznego produkcji węgla kamiennego. Analizę przeprowadzono wykorzystując często stosowaną w przedsiębiorstwach produkcyjnych strategię zarządzania TPM w zakresie ilościowej oceny całkowitej efektywności wykorzystania wyposażenia. Przedstawiono także podstawowe założenia strategii TPM oraz charakterystykę maszyn wchodzących w skład analizowanego systemu.

Słowa kluczowe: strategia TPM, model OEE, system techniczny, maszyny górnicze

1. Wstęp

Kopalnie węgla kamiennego należą do grupy przedsiębiorstw produkcyjnych wykorzystujących złożone systemy techniczne składające się z wielu skomplikowanych i kosztownych maszyn, pracujących w nie do końca dających się zdefiniować zmiennych warunkach. Specyfika tych przedsiębiorstw, znacznie odbiegająca od stacjonarnych przedsiębiorstw produkcyjnych powoduje, iż zarządzanie w nich procesem produkcyjnym jest obciążone sporym ryzykiem. W trakcie podziemnej eksploatacji, szczególnie w przypadku jej prowadzenia w przodkach o wysokiej koncentracji, dochodzi często do zaburzeń procesu produkcyjnego, co generuje straty oraz powoduje wzrost kosztów wydobywania. Przyczyną tych zakłóceń mogą być zarówno czynniki technologiczne, jak i techniczne oraz organizacyjne [11].

Bardzo szybko rosnąca w ostatnich latach konkurencja na światowym rynku energetycznym, dotknęła także krajowy rynek węglowy. Optymalizacja kosztów przez przedsiębiorstwa energetyczne oraz inne podmioty gospodarcze wykorzystujące węgiel kamienny powoduje, iż krajowe kopalnie węglowe, aby utrzymać się na rynku zmuszone są do ograniczania kosztów produkcji. Jednym z obszarów, w którym istnieją możliwości skutecznego obniżenia tych kosztów jest efektywność wykorzystania urządzeń, a w szczególności maszyn górniczych. W ostatnich kilkunastu latach w polskim górnictwie podziemnym, dzięki dynamicznemu postępowi technicznemu projektuje się, wykonuje i eksploatuje coraz lepsze, a co za tym idzie także droższe maszyny. Wzrost możliwości technicznych tych, w wielu przypadkach bardzo nowoczesnych o wysokim stopniu

niezawodności i wydajnych maszyn, nie zawsze idzie w parze z korzyściami wynikającymi z ich zastosowania [11].

W celu poprawy tej sytuacji konieczne jest podjęcie działań mających na celu optymalne wykorzystanie możliwości eksploatowanych maszyn poprzez np. odpowiedni ich dobór do warunków górniczo-geologicznych w jakich mają pracować, zapewnienie odpowiedniej obsługi, itp. Aby podjąć skuteczne działania w tym zakresie konieczne jest prowadzenie badań i analiz mających na celu określenie rzeczywistego stopnia wykorzystania tych maszyn oraz szerzej określenia, jak efektywnie w przedsiębiorstwach górniczych wykorzystywane są zasoby produkcyjne.

Strategią, która z powodzeniem jest stosowana w stacjonarnych zakładach produkcyjnych do analizy efektywności wykorzystania wyposażenia jest strategia kompleksowego zarządzania utrzymaniem ruchu TPM (ang. *Total Productive Maintenance*) [6, 7, 9]. Zgodnie z tą strategią poprawę efektywności ekonomicznej przedsiębiorstwa osiąga się poprzez zespół działań i czynności mających na celu utrzymanie maszyn w stanie bezawaryjnym i bezusterkowym, dążenie do ograniczenia awarii, nieplanowanych przestojów, braków i nieplanowej obsługi. Strategia ta odwołuje się także do czynnika ludzkiego zakładając, że aby proces zwiększenia efektywności wykorzystania posiadanego sprzętu i maszyn był skuteczny, to musi obejmować także zmiany w postrzeganiu poszczególnych działań techniczno-organizacyjnych przez pracowników. Zasadne jest zatem podejmowanie działań mających na celu uświadomienie pracownikom, że ich odpowiednia wiedza, umiejętności, zaangażowanie, odpowiedzialność oraz świadomość ich roli w procesie utrzymania ruchu maszyn jest warunkiem koniecznym do osiągnięcia sukcesu w tym zakresie. Utożsamianie się pracowników z przedsiębiorstwem, w którym pracują jest jedną z podstaw tej strategii. Sama strategia TPM pojawiła się w latach siedemdziesiątych XX wieku w japońskim przemyśle motoryzacyjnym [7, 9, 12].

Celem strategii TPM, zbieżnej także z oczekiwaniami zarządzających przedsiębiorstwami górniczymi jest przede wszystkim znaczące zwiększenie efektywności posiadanego sprzętu połączone ze zmianami w postrzeganiu tej problematyki przez pracowników. Zastosowanie strategii ma za zadanie ograniczyć awarie, nieplanowe przestoje w tym tzw. mikro przestoje oraz zwiększyć wydajność i poprawić jakość produkcji [7, 9].

Aby skutecznie wprowadzić zmiany organizacyjno-techniczne w przedsiębiorstwie, które mogą spowodować poprawę jego efektywności w zakresie wykorzystania posiadanych zasobów produkcyjnych konieczne jest dokonanie analizy stanu wyjściowego. Narzędziem, które umożliwia przeprowadzenie takiej analizy i jednocześnie pozwala ilościowo ocenić skuteczność strategii TPM jest model efektywności całkowitej OEE (ang. *Overall Equipment Effectiveness*) [2, 5, 8, 10]. Model ten, z powodzeniem stosowany w stacjonarnych przedsiębiorstwach produkcyjnych, umożliwia wyznaczenie wskaźnika efektywności całkowitej badanej maszyny lub systemu maszyn, będącego wypadkową trzech wskaźników składowych uwzględniających dostępność i wydajność badanego układu oraz jakość produktu, jako wyniku pracy tego układu [2, 6].

W niniejszym opracowaniu analizie poddano zestaw czterech maszyn wchodzących w skład zmechanizowanego kompleksu ścianowego, który stanowi najważniejsze ogniwo maszynowe w technologicznym procesie eksploatacji węgla kamiennego. Maszynami tymi są kombajn ścianowy, przenośniki zgrzeblowy i podścianowy oraz kruszarka. Z niezawodnościowego punktu widzenia maszyny te tworzą system techniczny o szeregowej strukturze. Aby system ten był sprawny, musze być sprawne wszystkie jego

obiekty składowe. Awaria jednej z badanych maszyn powoduje zatrzymanie całego systemu [3].

Zgodnie z modelem efektywności całkowitej dla każdej z badanych maszyn wyznaczono wskaźniki cząstkowe w obszarze jej dostępności i wydajności (wykorzystania), a dla całego układu cząstkowy wskaźnik jakości produktu (węgla). Takie podejście podyktowane jest specyfiką eksploatacji górniczej, szczególnie w zakresie analizy pracy maszyn wchodzących w skład kompleksu ścianowego, dla których produktem końcowym jest ilość urobku odtransportowywana ze strefy przodka ścianowego. Analizowany zestaw maszyn został w tym wypadku potraktowany jako jedna mega-maszyna, dla której w kolejnym etapie analizy wyznaczono wskaźnik efektywności całkowitej.

Wskaźniki cząstkowe oraz wskaźnik efektywności całkowitej wyznaczono dla szesnastu zmian roboczych (tzw. czarnych zmian). Podstawowym źródłem informacji w zakresie wyznaczenia wskaźników dostępności były dane pozyskane z systemu automatyki przemysłowej. Wykorzystanie tego źródła informacji gwarantuje wiarygodność pozyskanych informacji, które są rejestrowane w czasie rzeczywistym. Umożliwia to rejestrowanie wszelkiego typu przestojów (także mikro przestojów) oraz eliminuje błędy wynikające z ręcznego zapisu przez uprawnionego pracownika (np. dyspozytora). Wadą tego sposobu pozyskiwania danych jest brak dokładnego opisu zaistniałych zdarzeń, a w tym szczególnie przyczyn mikro przestojów. W przypadku dłuższych przerw w pracy danej maszyny w celu identyfikacji jej przyczyn konieczne jest korzystanie z ewidencji ręcznej prowadzonej przez dyspozytora, lub wyznaczoną osobę. Można więc przyjąć, że zastosowanie obu sposobów pozyskiwania danych stwarza możliwość uzyskania w miarę pełnych i wiarygodnych informacji o stanie badanej maszyny.

W części opisowej przedstawiono charakterystyki poszczególne maszyny kompleksu ścianowego, które poddano analizie wraz z ich parametrami.

2. Charakterystyka badanego zestawu maszyn

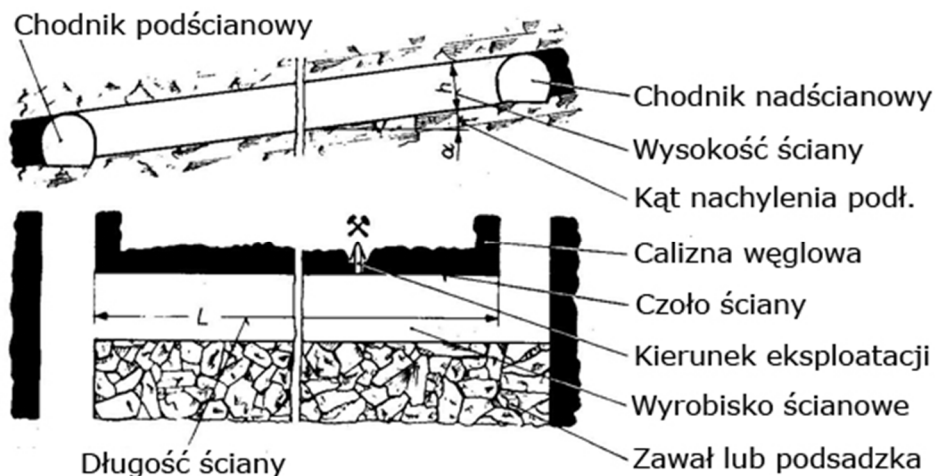
Badany zestaw maszyn wchodzi w skład zmechanizowanego kompleksu ścianowego, który wykorzystywany jest do podziemnej eksploatacji węgla systemem ścianowym. System ścianowy polega na urabianiu kopaliny użytecznej (w rozpatrywanym przypadku węgla kamiennego) przodkiem eksploatacyjnym, którego długość może wahać się od ok 60 m do ok 300 m. Tak długie wyrobisko eksploatacyjne (ściana eksploatacyjna) stwarza doskonałe możliwości mechanizacji i automatyzacji procesu urabiania i transportu urobku.

Na rysunku 1 przedstawiono schemat wyrobiska ścianowego z oznaczonymi głównymi jego częściami [13], a na rysunku 2 jego widok w trakcie eksploatacji [4].

Zestaw maszyn wchodzących w skład zmechanizowanego kompleksu ścianowego, które ujęto w prezentowanej analizie objął kombajn ścianowy, przenośniki zgrzeblowy (ścianowy) i podścianowy (taśmowy) oraz kruszarkę przeznaczoną do kruszenia dużych kęsów urobku.

Podstawową maszyną wchodząca w skład zmechanizowanego kompleksu ścianowego jest kombajn ścianowy. Jego zadaniem jest urabianie calizny węglowej i ładowanie urobku na przenośnik zgrzeblowy (ścianowy). Kombajn ścianowy ma bardzo istotne znaczenie dla analizowanego systemu maszyn, gdyż jest pierwszym ogniwem w eksploatacyjnym ciągu technologicznym. Od jego niezawodności w znacznej mierze zależy efektywność analizowanego zestawu maszyn, a także efektywność całego procesu eksploatacyjnego [3].

Urobiony przez kombajn urobek transportowany jest przez przenośnik zgrzeblowy (ściany) ze ściany eksploatacyjnej do chodnika podścianowego, a następnie przeladowywany na przenośnik podścianowy (najczęściej taśmowy), którym jest dalej transportowany poza strefę przodkową. W analizowanym zestawie maszyn, uwzględniono także kruszarkę, której zadaniem jest rozbijanie dużych kęsów urobku aby umożliwić ich dalszy transport. Niesprawność kruszarki może doprowadzić do zatrzymania eksploatacji na skutek zablokowania możliwości transportu urobku.



Rys. 1. Schemat wyrobiska ścianowego [13]



Rys. 2. Widok wyrobiska ścianowego wraz z wyposażeniem w czasie eksploatacji [4]

Podstawowe parametry techniczne analizowanych maszyn przedstawiono w tabelach 1, 2, 3 i 4.

Zapoznając się z parametrami technicznymi poszczególnych maszyn warto zwrócić uwagę na fakt, iż parametry te podaje się w dwóch wersjach, jako wartości nominalne i wartości jakie osiąga dana maszyna w warunkach konkretnej ściany eksploatacyjnej. Dla analizowanego zestawu, najistotniejsze różnice zanotowano w zakresie wydajności przenośnika podścianowego i maksymalnej wydajności kruszarki.

Tab. 1. Charakterystyka techniczna kombajnu ścianowego

Parametr	Wartość parametru	Wartość parametru w warunkach ściany
Zakres wysokości urabiania	od 2,0 m do 3,4 m	do 3,0 m
Maksymalna zainstalowana moc:		
– ramiona	2x375 kW	2x375 kW
– posuw,	2x60 kW	2x60 kW
– hydraulika.	2x13 kW	2x13 kW
Łączna moc zainstalowana	896 kW	896 kW
Napięcie zasilania	3,3 kV	3,3 kV
Średnica organów urabiających	2000 mm	2000 mm
Zabiór	800 mm	800 mm
Prędkość robocza	0 – 12 m/min	0 – 12 m/min
Masa kombajnu	ok. 47,85 ton	ok. 47,85 ton

Tab. 2. Charakterystyka techniczna przenośnika ścianowego

Parametry techniczne	Wartość parametru	Wartość parametru w warunkach ściany
Moc silników	3 x 400 kW	3 x 400 kW
Napięcie zasilania	3,3 kV	3,3 kV
Prędkość łańcucha	1,11 m/s	1,11 m/s
Łańcuch zgrzeblowy	2 x ϕ 38x126 mm	2 x ϕ 38x126 mm
Wydajność przenośnika	1200 t/h	1200 t/h
Długość przenośnika	ok. 160 m	ok. 160 m
Rynna: <i>wysokość</i>	298 mm	298 mm
<i>szerokość</i>	800 mm	800 mm
<i>długość</i>	1500 mm	1500 mm
Rodzaj wysypu	krzyżowy	krzyżowy

Tab. 3. Charakterystyka techniczna przenośnika podścianowego

Parametr	Wartość parametru	Wartość parametru w warunkach ściany
Długość	ok. 60 m	ok. 60 m
Profil rynny	E- 260	E- 260
Łańcuch	2 x $\varnothing 30 \times 108$	2 x $\varnothing 30 \times 108$
Maksymalna wydajność	2000 t/h	1200 t/h
Sposób napinania łańcucha	rynna teleskopowa	rynna teleskopowa
Moc zainstalowana	1 x 300 kW	1 x 300 kW
Napięcie zasilania	3,3 kV	3,3 kV

Tab. 4. Charakterystyka techniczna kruszarki

Parametr	Wartość parametru	Wartość parametru w warunkach ściany
Max wydajność	4000 t/h	1200 t/h
Moc silników	1 x 200 kW	1 x 200 kW
Napięcie zasilania	3,3 kV	3,3 kV
Obroty wału kruszącego	477 min^{-1}	477 min^{-1}
Prędkość obrotowa bijaków	24 m/s	24 m/s
Wymiary gabarytowe	3000 x 2085 x 1725 mm	3000 x 2085 x 1725 mm
Typ przekładni	Przekładnia pasowa	Przekładnia pasowa
Masa kruszarki (bez zespołów napędowych)	ok. 14000 kg	ok. 14000 kg

3. Wyznaczanie efektywności zestawu maszyn

Do wyznaczenia efektywności badanego zestawu maszyn wykorzystano model efektywności całkowitej OEE. W modelu tym analizę przeprowadza się w trzech obszarach obejmujących dostępność maszyny jej wydajność (wykorzystanie) oraz jakość uzyskanego wyrobu. Dla każdego z tych obszarów wyznacza się wskaźnik cząstkowy, których iloczyn, wyrażony w procentach określa efektywność całkowitą badanej maszyny lub zestawu maszyn [2, 8].

Wskaźnik dostępności określa, jaką część z planowanego czasu pracy maszyny lub zestawu maszyn, nazwanego czasem operacyjnym, wykorzystano do produkcji. Wskaźnik wydajności lub wykorzystania, określa stosunek ilości wszystkich wytworzonych wyrobów

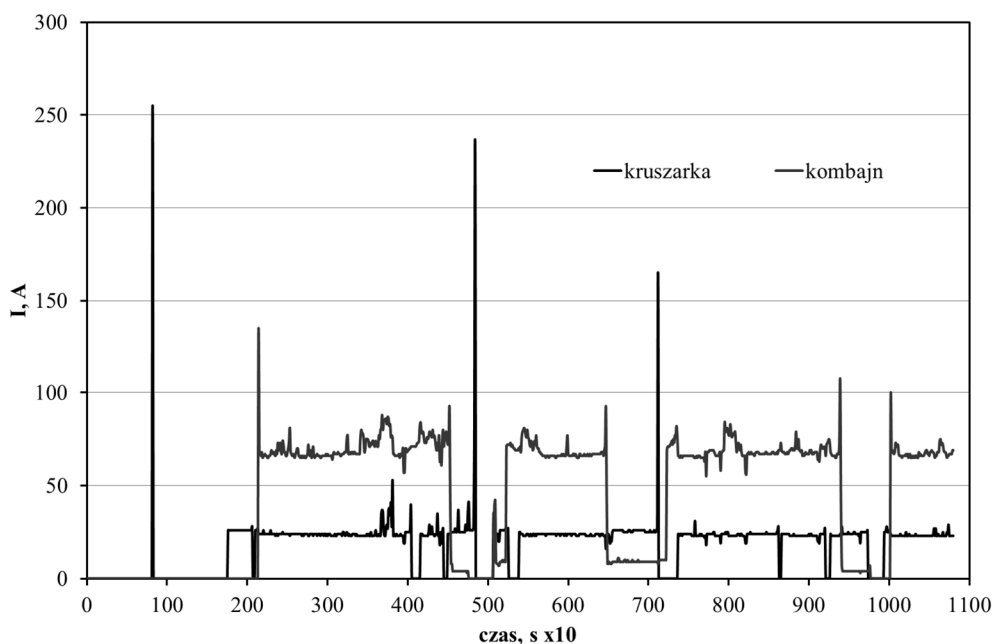
do ilości planowanej, natomiast wskaźnik jakości wyznacza stosunek wyrobów dobrych do ogólnej liczby wyrobów.

Można więc przyjąć, że wskaźnik efektywności całkowitej określa stopień wykorzystania maszyny lub systemu w stosunku do stanu w którym spełnione są wszystkie plany w zakresie czasu pracy, wydajność oraz jakość wyrobów. Wartość wskaźnika wynosząca 100% jest stanem idealnym, w którym proces produkcyjny przebiega zgodnie z przyjętym planem.

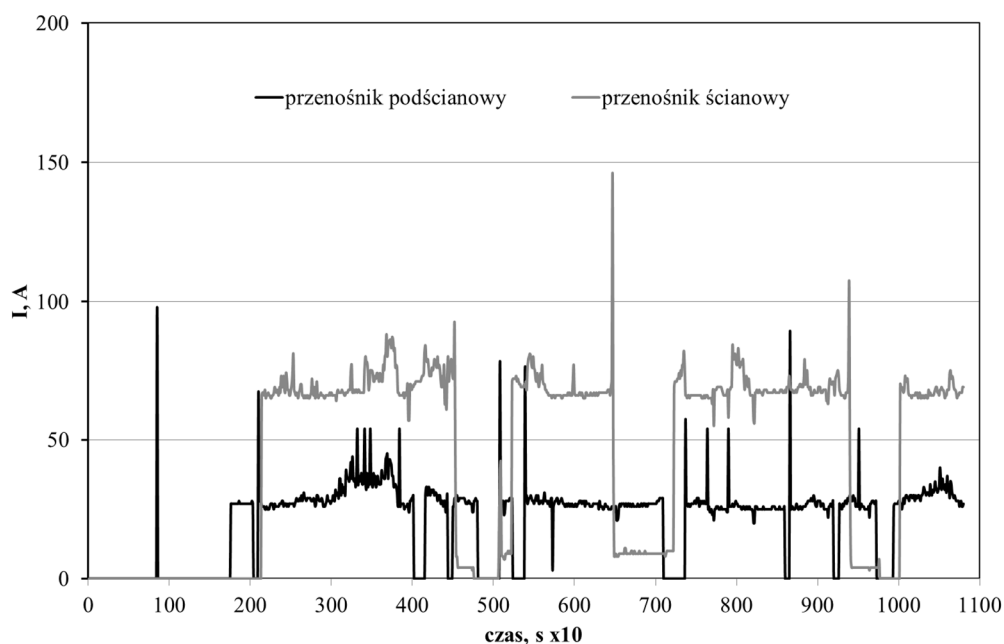
Dla analizowanego zestawu maszyn górniczych wskaźniki dostępności wyznaczono w oparciu o zarejestrowane przebiegi czasowe prądów, pobierane przez te maszyny.

Na rysunku 3 przedstawiono czasowe przebiegi natężenia prądów pobieranych przez kruszarkę i kombajn ścianowy, a na rysunku 4 przez przenośniki podścianowy i ścianowy. Wszystkie przebiegi przedstawiono dla czasu 180 minut tej samej zmiany roboczej. Założono, że dla danej zmiany roboczej (w górnictwie nazywanej „czarną zmianą”), czas z „zerowym” poborem prądu określa czas nieplanowanych przerw, natomiast czas poboru prądu (wartość większa od zera) określa czas dostępności maszyny. Na tej podstawie wyznaczono wartości wskaźników dostępności maszyn, które dla czasu operacyjnego równego 180 minut, wyniosły:

- dla kombajnu – 70,6%,
- dla przenośnika ścianowego – 62,9%,
- dla przenośnika podścianowego – 67,4%,
- dla kruszarki – 73,3 % .



Rys. 3. Czasowe przebiegi natężenia prądów silników kruszarki i kombajnu ścianowego



Rys. 4. Czasowe przebiegi natężenia prądów silników przenośników ścianowego i podścianowego

Dla całej 5 godzinnej (300 minut) zmiany roboczej wartości wskaźników dostępności dla poszczególnych maszyn wyniosły:

- dla kombajnu – 69,8%
- dla przenośnika ścianowego – 69,5%
- dla przenośnika podścianowego – 72,6%
- dla kruszarki – 71,9%.

Wskaźniki wydajności wyznaczono w oparciu o ujętą w planie techniczno-ekonomicznym wielkość planowanego dobowego wydobycia oraz rzeczywistą wartość wydobycia, określaną dla każdej zmiany wydobywczej analizowanej doby w odniesieniu do ilości skrawów roboczych. Następnie wartości zmianowego wydobycia odniesiono do wydajności poszczególnych maszyn.

Wskaźnik jakości wyznaczono na podstawie informacji uzyskanych z zakładu przerobczego odnośnie sortymentu urabianego węgla oraz zawartości skały płonnej w urobku. Dane te zostały uśrednione dla okresu dziesięciu kolejnych dni i dla badanego zestawu maszyn przyjęto takie same ich wartości. Wyznaczenie parametrów urobku dla każdej zmiany jest bardzo utrudnione i obciążone sporym błędem, dlatego przyjęto sposób uśredniania wartości tego wskaźnika dla całego zestawu maszyn w przedziale dekadowym.

W oparciu o przeprowadzone analizy wyznaczono wartości wskaźników cząstkowych oraz wskaźników całego zestawu maszyn dla jednej zmiany wydobywczej (roboczej), które przedstawiono w tabelicy 5.

Tab. 5. Wartości wskaźników cząstkowych i wskaźnika OEE zestawu maszyn dla jednej zmiany roboczej

	Kombajn	Przenośnik ścianowy	Przenośnik podścianowy	Kruszarka	Zestaw
Dostępność	69,8 %	69,5%	72,6%	71,9%	71,0%
Wydajność	88,5%	78,8%	78,8%	78,8%	81,2%
Jakość	90%	90%	90%	90%	90%
Wskaźnik OEE	55,6%	49,3%	51,5%	51,0%	51,9%

W tabelicy 6 przedstawiono średnie wartości wskaźników cząstkowych oraz wskaźników efektywności całkowitej dla poszczególnych maszyn oraz całego analizowanego systemu dla szesnastu zmian roboczych.

Tab. 6. Średnie wartości wskaźników cząstkowych i wskaźnika OEE dla zestawu maszyn dla szesnastu zmian roboczych

	Dostępność	Wydajność	Jakość	OEE
Kombajn	70,6 ±4,0%	91,0±1,5%	90%	57,8±3,3%
Przenośnik ścianowy	69,8±3,4%	81,4±1,8%	90%	51,1±3,0%
Przenośnik podścianowy	73,8±2,7%	81,4±1,8%	90%	54,1±2,5%
Kruszarka	71,2±2,4%	81,4±1,8%	90%	52,2±1,9%
Zestaw maszyn	71,3±3,5%	81,4±1,8%	90%	53,8±3,7%

4. Wnioski

Bardzo duża konkurencja na światowym rynku surowców energetycznych w coraz większym stopniu wpływa na krajowy rynek producentów tych surowców. W szczególności dotyczy to przedsiębiorstw górniczych, które zmuszone są do podejmowania coraz bardziej zdecydowanych działań mających na celu zmniejszenie kosztów produkcji. Jednym z obszarów, w którym istnieją możliwości skutecznych działań w tym zakresie jest właściwy dobór i wykorzystanie wszelkiego typu urządzeń technicznych, a w szczególności maszyn górniczych. Wysokie ceny zakupu oraz wypożyczenia tych maszyn powinny mobilizować kierownictwo przedsiębiorstw górniczych do podejmowania działań mających na celu efektywne ich wykorzystanie. Aby działania te były skuteczne, poprzedzone muszą być odpowiednimi analizami, obejmującymi między innymi, ocenę stopnia wykorzystania posiadanego parku maszynowego.

Temu celowi mają służyć badania, których wyniki przedstawiono w niniejszym opracowaniu, a dotyczące efektywności wykorzystania zestawu maszyn górniczych wchodzących w skład kompleksu ścianowego przeznaczanego do podziemnej eksploatacji węgla kamiennego.

Grupa objętych badaniami maszyn stanowi, obok maszyn do transportu poziomego i pionowego, główny zespół maszyn wykorzystywanych w produkcji węgla kamiennego. Skuteczność pracy tych maszyn w istotnym stopniu decyduje o efektywności całego procesu eksploatacji węgla.

Analizę efektywności wykorzystania badanych maszyn przeprowadzono w oparciu o model efektywności całkowitej OEE. W celu wyznaczenia poszczególnych wskaźników częściowych, wykorzystywanych w tym modelu do wyznaczenia całkowitej efektywności badanej maszyny i zestawu maszyn, wykorzystano dane z kilku źródeł.

Dla wyznaczenia wskaźnika dostępności skorzystano z danych rejestrowanych przez urządzenia automatyki przemysłowej, co gwarantuje ich wysoką wiarygodność, szczególnie w zakresie rejestracji wszelkiego typu mikroprzestojów, które bardzo rzadko są odnotowywane w rejestrach sporządzanych ręcznie.

W przypadku wyznaczania wskaźników wydajności i jakości bazowano na danych pozyskanych z przedsiębiorstwa górniczego ujętych w planie techniczno-ekonomicznym oraz rejestrowanych wielkościach zmianowego i dobowego wydobywania, a także informacji pozyskanych z zakładu przerobczego.

Uzyskane wyniki jednoznacznie wskazują, iż stopień wykorzystania badanych maszyn, w zakresie jakim przeprowadzono badania, jest niezadowalający. Uzyskane wartości wskaźnika efektywności całkowitej poszczególnych maszyn, jak i całego zestawu, w stosunku do wskaźników wyznaczanych dla innych branż produkcyjnych oraz przyjętych standardów światowych są niskie [1, 2, 8]. Natomiast ocena uzyskanych wyników na tle innych przedsiębiorstw górniczych jest utrudniona ze względu na brak wiarygodnych danych, do których można by je porównać.

Przy ocenie wartości wyznaczonych wskaźników w stosunku do innych branż produkcyjnych, należy także uwzględnić specyfikę produkcji węgla prowadzonej w przedsiębiorstwach górniczych, zaliczających się do grupy otwartych zakładów, w których warunki pracy są zmienne, co powoduje dodatkowe trudności w procesie eksploatacji maszyn górniczych.

Zasadnym jest jednak stwierdzenie, że nawet po uwzględnieniu specyfiki produkcji górniczej, wyznaczone wartości wskaźnika efektywności całkowitej poszczególnych maszyn oraz całego ich zestawu w granicach 54% są niezadowalające. Należy także podkreślić, że analizie poddano tylko 16 zmian produkcyjnych, czyli niewielką ich część w stosunku do rzeczywistej liczby zmian realizowanych przy eksploatacji danej ściany. W zakresie przeprowadzonych badań, wyznaczone wartości współczynnika efektywności całkowitej analizowanego zestawu maszyn świadczą jednak o sporych rezerwach tkwiących w obszarze ich wykorzystania, co powinno mobilizować odpowiedzialne służby kopalni do poprawy tego stanu.

Przedsiębiorstwa górnicze, podobnie jak inne firmy produkcyjne, powinny bowiem dążyć do jak najlepszego wykorzystania swoich zasobów produkcyjnych, oczywiście przy zachowaniu odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa pracy.

Zastosowany w pracy model efektywności całkowitej, jako narzędzie do oceny stopnia wykorzystania maszyn górniczych stwarza duże możliwości rzeczywistej i wiarygodnej ich oceny, a wniosku wypływające z uzyskanych wyników powinny stanowić istotne źródło informacji dla zarządzających przedsiębiorstwem górniczym.

Przedstawione w pracy wyniki, należy potraktować jako wstępne efekty opracowania części danych, w oparciu o które prowadzona jest dalsza analiza stopnia wykorzystania badanego zestawu maszyn.

Literatura

1. Antosz K., Stadnicka D.: Evaluation measures of machine operation effectiveness in large enterprises: study results. *Eksploatacja i niezawodność*, nr 1, 2015, p. 107-117.
2. Brzeziński A.: OEE dla operatorów. Całkowita efektywność wyposażenia, ProdPress, Wrocław 2009.
3. Czerwiński S., Biały W.: Wykorzystanie doraźnej diagnostyki w ocenie stanu technicznego maszyn i urządzeń górniczych. Systemy wspomaganie w inżynierii produkcji. Wspomaganie zarządzania systemami produkcyjnymi. Monografia, Gliwice, Wydawnictwo PA NOVA, 2013, s. 42-55.
4. Einicke G. A., i inni, 2008: Longwall Mininig Automation. An Application of Minimum-Variance Smoothing. *IEEE Control Systems Magazine*, numer 6, 2008.
5. Elevli, S., Elevli, B.: Performance Measurement of Mining Equipments by Utilizing OEE. *Acta Montanistica Slovaca* t. 15, nr 2, 2010.
6. Loska A.: Przegląd modeli ocen eksploatacyjnych systemów technicznych. *Komputerowo zintegrowane zarządzanie. T. 2.* Pod red. Ryszarda Knosali. Opole: Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, 2011, str. 37-46.
7. Matejczyk M.: TPM- sposób na bezawaryjność maszyn. Wydawnictwo Wiedza i praktyka. Warszawa 2013.
8. Mazurek W.: Wskaźnik OEE – Teoria i praktyka. wydanie II 2014 Neuron. www.neuron.com.pl
9. Nakajima S.: Introduction to TPM. Total Productive Maintenance. Productivity Press, Portland Oregon 1988.
10. 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.
11. Przybyła H.: Ryzyko zakłócenia procesu wydobywania w warunkach ścian o wysokiej koncentracji produkcji. *Przegląd Górniczy* 9, 2009, s. 103-106.
12. Szewczyk K.: Efektywność wyposażenia jako czynnik wzrostu wartości przedsiębiorstwa. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego* nr 685, Szczecin 2011.
13. Warachim W., Maciejczyk J.: Ścianowe kombajny węglowe. Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice 1992.

Dr hab. inż. Jarosław BRODNY, prof. nzw. w Pol. Śl.
Mgr. inż. Kinga STECUŁA
Instytut Inżynierii Produkcji
Politechnika Śląska
41-800 Zabrze, ul. Roosevelta 26-28
Tel. (032) 277 73 11, fax. (032) 277 73 62
e-mail: jaroslaw.brodny@polsl.pl
kinga.stecula@polsl.pl