



Wskaźniki efektywności wykorzystania maszyn i urządzeń w górnictwie węgla kamiennego – krytyczne podejście do unifikacji i normalizacji

Izabela JONEK-KOWALSKA¹⁾, Seweryn TCHÓRZEWSKI²⁾

¹⁾ Dr; Wydział Organizacji i Zarządzania, Instytut Ekonomii i Informatyki, Politechnika Śląska, Gliwice, Poland; email: izabela.jonek-kowska@polsl.pl

²⁾ Dr inż.; Politechnika Śląska, Gliwice, Poland; email: seweryn.tchorzewski@polsl.pl

Streszczenie

Głównym celem artykułu jest przeprowadzenie krytycznej oceny możliwości wykorzystania uniwersalnych wskaźników efektywności maszyn i urządzeń w górnictwie węgla kamiennego. By tak postawiony cel zrealizować, artykuł podzielono na cztery części, obejmujące: (1) wprowadzenie z uzasadnieniem podjęcia niniejszej tematyki, (2) przegląd literaturowy z zakresu mierników wykorzystywanych w ocenie efektywności maszyn i urządzeń, (3) krytyczną ocenę możliwości wykorzystania zaprezentowanych wskaźników w górnictwie węgla kamiennego, jako branży o specyficznych uwarunkowaniach produkcyjnych oraz (4) podsumowanie, zawierające kluczowe wnioski i kierunki dalszych badań. W artykule posłużono się metodą studiów literaturowych z obszaru efektywności maszyn i urządzeń oraz produkcyjnych uwarunkowań naturalnych, geologicznych i technicznych w górnictwie węgla kamiennego.

Słowa kluczowe: efektywność maszyn i urządzeń, górnictwo węgla kamiennego, uwarunkowania efektywności maszyn i urządzeń w górnictwie węgla kamiennego

Wprowadzenie

W warunkach wzrastającej konkurencyjności oraz zmienności warunków otoczenia gospodarczego problem wzrostu wydajności i efektywności jest jednym z kluczowych zagadnień w zarządzaniu współczesnym przedsiębiorstwem. Oczekiwania zarządzających, właścicieli i klientów są zorientowane na szybką maksymalizację produkcji o jak najniższych kosztach i jak najwyższej jakości. Równoczesna realizacja tych celów w praktyce jest jednak bardzo trudna z uwagi na ich przynajmniej częściową sprzeczność. Wysoka jakość bardzo często wymaga ponoszenia wyższych kosztów, a niekontrolowany wzrost wydajności może prowadzić do zakłóceń w produkcji i zagrożenia życia i zdrowia pracowników. Dlatego też do zagadnień dotyczących wydajności i efektywności należy podchodzić w sposób zrównoważony, uwzględniający nie tylko uwarunkowania gospodarcze oraz cele zarządzających, właścicieli i klientów, ale także specyficzne uwarunkowania produkcyjne i cele pozostałych grup interesariuszy, w tym także pracowników, stanowiących fundamentalny zasób przedsiębiorstwa.

Uniwersalizacja podejścia do oceny efektów produkcji i ich nadmierna normalizacja w warunkach pogłębiających się różnic branżowych i specjalizacji przedsiębiorstw nie jest korzystna i bardzo często prowadzi do patologii produkcyjnych, takich jak celowe zaniżanie planów produkcyjnych, wzrost biurokracji związanej z procesem kontroli czy też obniżenie motywacji. Tymczasem skuteczna motywacja i zadowolenie pracowników z wy-

konywanej pracy i otrzymywanego wynagrodzenia jest czynnikiem w sposób istotny wpływającym na efekty produkcji, w tym przede wszystkim na jej wydajność i ekonomiczną efektywność. Dochodzi w tym przypadku do bardzo delikatnego sprzężenia zwrotnego, w którym efekty pracy oraz jej ocena przez przełożonych decydują o zakresie premiowania i nagradzania, a to z kolei oddziałuje na nastawienie pracowników i wpływa na ich wydajność. Dlatego też metoda oceny efektów pracy, w tym także efektywności wykorzystania maszyn i urządzeń, musi spełniać kilka podstawowych warunków. Po pierwsze, musi być dostosowana do specyfiki branży i przedsiębiorstwa. Po drugie, musi opierać się na właściwie skonstruowanym i przetestowanym systemie informacyjnym, umożliwiającym obiektywną i rzetelną ocenę efektów pracy. Po trzecie musi być znana i zaakceptowana przez pracowników, którzy powinni mieć możliwość zgłaszania uwag i sugestii w procesie jej projektowania i wdrożenia. Metoda ta powinna być także w miarę możliwości prosta i zrozumiała zarówno dla oceniających, jak i ocenianych.

Mając na uwadze powyższą argumentację celem niniejszego artykułu jest przeprowadzenie krytycznej oceny możliwości wykorzystania uniwersalnych wskaźników efektywności maszyn i urządzeń w górnictwie węgla kamiennego. Autorzy na podstawie studiów literaturowych z zakresu metodyki oceny efektywności maszyn i urządzeń górniczych oraz uwarunkowań produkcyjnych w górnictwie węgla kamiennego poszukują odpowiedzi na nastę-

pujący problem badawczy: Jakie czynniki i okoliczności należy uwzględnić w pomiarze i tworzeniu norm efektywności maszyn i urządzeń górniczych wykorzystywanych w wyrobiskach wybierkowych z perspektywy cyklu życia i uwarunkowań geologiczno-górnich tego wyrobiska?

W dalszej części artykułu przedstawiono przegląd metod oceny efektywności wykorzystania maszyn i urządzeń. Następnie zaprezentowano uwarunkowania produkcyjne, specyficzne dla górnictwa węgla kamiennego oddziałujące na wybór metody oceny efektywności, przeprowadzenie jej pomiaru oraz wskazanie norm pozwalających na ocenę rzeczywistych efektów produkcyjnych. W zakończeniu sformułowano postulaty konieczne do uwzględnienia w procesie oceny efektywności pracy maszyn i urządzeń w górnictwie węgla kamiennego.

Przegląd metod oceny efektywności wykorzystania maszyn i urządzeń w procesach produkcyjnych

Na zagadnienie oceny efektywności maszyn i urządzeń można spojrzeć co najmniej w dwóch kontekstach. Pierwszy z nich ma charakter rachunkowo-finansowy i dotyczy pieniężnego ujęcia efektywności. Drugi ma charakter techniczno-produkcyjny i odnosi się do ilościowych aspektów produkcji takich jak czas czy wielkość produkcji. I tak, w rachunkowości maszyny i urządzenia są traktowane jako element rzeczowych aktywów trwałych, wykorzystywane w procesach produkcyjno-usługowych w okresie dłuższym niż 12 miesięcy. Ich wartość początkowa jest systematycznie pomniejszana o odpisy umorzeniowe w związku z cyklicznym księgowaniem kosztów amortyzacji. Ocena efektywności wykorzystania tak skalsyfikowanych maszyn i urządzeń jest z reguły przeprowadzana w ujęciu holistycznym, dla poszczególnych grup majątkowych, a jej celem jest ewaluacja zyskowności danych grup maszyn i urządzeń lub ich rotacyjności. W pierwszym przypadku wskaźniki wykorzystywane w ocenie efektywności są konstruowane jako stosunek zysku netto (lub innej kategorii wyniku finansowego z rachunku zysków i strat) do wartości bilansowej wybranej grupy maszyn i urządzeń. Tak obliczone wskaźniki pozwalają określić jaki procent zysku przypada na wybraną część aktywów trwałych. W drugim przypadku wyrazem efektywności jest rotacyjność (obrotowość) stanowiąca stosunek przychodów ze sprzedaży produktów towarów i materiałów do wartości bilansowej danej grupy maszyn i urządzeń. Ta miara pozwala określić liczbę cykli produkcyjnych wyko-

nywanych przez daną grupę majątkową w określonym czasie (z reguły jest to rok obrotowy).

Zarówno w przypadku wskaźników zyskowności, jak i rotacyjności wzrost wartości wskaźnika w kontekście branżowym lub czasowym świadczy o poprawie efektywności, ponieważ dany składnik majątku przynosi coraz więcej zysku i coraz intensywniej przyczynia się do zwiększenia rozmiarów produkcji. Wskaźniki rachunkowo-finansowej oceny efektywności maszyn i urządzeń mają znacznie w dokonywaniu porównań w skali makro, najczęściej w rocznym horyzoncie czasowym, z uwagi na zagregowany charakter danych rachunkowych i ustawowo wymaganą roczną częstotliwością sporządzania sprawozdań finansowych (w przypadku spółek giełdowych jest to częstotliwość kwartalna). W związku z powyższym, mają znacznie przede wszystkim w porównaniach o ogólnym charakterze dokonywanych między poszczególnymi przedsiębiorstwami i branżami. Są także z powodzeniem wykorzystywane w systemach motywacyjnych dla pracowników zarządu i menedżerów strategicznych, ponieważ odzwierciedlają wyniki przedsiębiorstwa jako całości i korespondują z zakresem odpowiedzialności tego szczebla zarządzania. Z uwagi na uniwersalność i rachunkowo uregulowaną metodykę kalkulacji, nie budzą większych sprzeciwów i kontrowersji, niemniej jednak ich dobór w kontekście motywacyjnym także bywa krytykowany najczęściej z uwagi na subiektywność, która prawie zawsze charakteryzuje podejmowane przez czynnik ludzki decyzje.

W techniczno-produkcyjnym spojrzeniu na efektywność wykorzystania maszyn i urządzeń eksponuje się aspekty produkcyjnościowe, odnoszące się do czasu i rozmiarów produkcji. Spojrzenie to ma z reguły mikro charakter i pozwala analizować wybrane procesy technologiczne oraz jednostkowe zasoby zaangażowane w ich realizację. Oddziałuje więc na efektywność oddolnie. Najszerszą propozycję oceny efektywności w kontekście techniczno-produkcyjnym zawiera standard Maintenance – Key Performance Indicator. Obejmuje on 71 wskaźników oceny efektywności eksploatacji w tym: 24 ekonomiczne, 21 technicznych i 26 organizacyjnych. Wskaźniki te mają uniwersalny charakter i umożliwiają porównania w czasie, międzybranżowe oraz benchmarking. Zasady wyboru i konstrukcji tych wskaźników zostały opracowane na podstawie standardu Maintenance terminology (EN 13306), zgodnie z którym ocena efektywności może być dokonywana na trzech poziomach: pierwszym – dla całego przedsiębiorstwa, drugim – dla linii technologicznych i trzecim – dla po-

CAŁKOWITY CZAS PRODUKCJI – CZAS ZAMÓWIONY		
CZAS OPERACYJNY		planowane postoje
DOSTĘPNOŚĆ		awarie
WYKORZYSTANIE	straty wydajności	
JAKOŚĆ	braki	STRATY

Rys. 1. Idea kalkulacji wskaźnika Overall Equipment Effectivness (OEE); źródło: opracowanie własne

Fig. 1. The idea of Overall Equipment Effectivness (OEE) calculation; Source: own elaboration

szczególnych obiektów produkcyjnych. Powyższy standard zawiera zbiór pojedynczych wskaźników i stanowi pewnego rodzaju katalog miar z zakresu oceny efektywności eksploatacji majątku przedsiębiorstwa, stanowiący przegląd dotychczasowych dokonań w tym zakresie. Opracowanie i porównanie wszystkich zaproponowanych tam miar jest pracochłonne, dlatego też w praktyce ich wybór ogranicza się do najistotniejszych i możliwych do obliczenia w danym przedsiębiorstwie.

Z kolei poszukiwanie syntetycznych, a zarazem kompleksowych metod oceny efektywności wykorzystania maszyn i urządzeń doprowadziło do opracowania i zastosowania niezwykle popularnego aktualnie wskaźnika Overall Equipment Effectivness (OEE). OEE jest iloczynem trzech parametrów: dostępności (D), wydajności (W) i jakości (J), które są kalkulowane w następujący sposób:

$$D = \frac{\text{czas zmiany} - \text{czas postoju}}{\text{czas zmiany}}$$

gdzie:

$$\text{czas zmiany} = \text{konserwacje} + \text{przebrojenia} + \text{awarie} + \text{inne}$$

$$W = \frac{\text{produkcja wykonana}}{\text{czas zmiany} \times \text{wydajność znamionowa}}$$

$$J = \frac{\text{produkcja wykonana} - \text{braki}}{\text{produkcja wykonana}}$$

Ideę kalkulacji tej miary przedstawiono na rysunku 1.

Zaletą OEE jest przede wszystkim to, że pozwala on uwzględnić zarówno czas dostępności maszyn, jak i ich wydajność oraz jakość otrzymanej produkcji, a zatem rezultaty całego procesu produkcyjnego. Wskaźnik ten jest przejrzysty, skondensowany, czytelny, łatwy w interpretacji, a tym samym możliwy do wykorzystywania w różnego typu porównaniach. Niemniej jednak należy zachować szczególną ostrożność w porównaniach międzybranżowych i uogólnieniu norm tego wskaźnika, które powinny zależeć od specyfiki procesu produkcyjnego. Warto także zwrócić uwagę na to, że teoretycznie prosty w kalkulacji wskaźnik wymaga prowadzenia szczegółowej dokumentacji procesu produkcyjnego w odniesieniu do poszczególnych obiektów, co stanowi pewne utrudnienie

w jego stosowaniu szczególnie w przypadku produkcji o nieseryjnym charakterze.

Należy także odnieść się do interpretacji całkowitego czasu produkcji, który może być traktowany jako pierwotnie zaplanowany czas produkcji lub maksymalny czas produkcji, czyli 24 godziny na dobę przez 7 dni w tygodniu. Od przyjętego w tym zakresie podejścia zależy ostateczna interpretacja wskaźnika. Drugie podejście zaleca się stosować w przypadku analiz długoterminowych. Otrzymana w ten sposób miara nosi nazwę Total Effective Equipment Performance (TEEP).

Czas operacyjny to całkowity czas produkcji pomniejszony o planowane postoje dotyczące przebrajania maszyn, przerw na posiłki czy szkolenia. Jest to w pełni uzasadnione zmniejszenie czasu pracy i nie może być traktowane jako strata. Dostępność danej maszyny czy urządzenia to różnica między czasem operacyjnym a czasem, w którym z powodu awarii, braku dostaw materiałów czy ponadnormatywnych postojów nie można prowadzić produkcji. Po tej korekcie otrzymujemy czas na wykorzystanie maszyny czy urządzenia, w którym powinna ona nieustannie pracować. Jeśli nie możemy tego czasu w pełni wykorzystać dochodzi do spadku wydajności i strat produkcyjnych. Przyczynami takich strat są najczęściej mikro postoje w pracy, spadek prędkości eksploatacji spowodowany przyczynami technicznymi lub błędami w obsłudze. Na tym etapie bardzo trudno jest określić właściwy czas pracy, szczególnie w przypadku braku ustandaryzowanych cykli produkcyjnych. Wymaga to ewidencji przestojów, co z uwagi na ich nieregularność i przypadkowość jest bardzo trudne. W kalkulacji OEE uwzględnia się także jakość, ponieważ wadliwa produkcja oznacza stratę czasu pracy maszyny. Strata ta będzie musiała być uzupełniona dodatkowym wykorzystaniem maszyny i wydłużeniem cyklu produkcyjnego.

Kontrowersje związane z praktycznym wykorzystaniem OEE związane są przede wszystkim z koniecznością odpowiedzi na następujące pytania:

1. Czy w przedsiębiorstwie istnieje system ewidencji umożliwiający sensowną kalkulację wskaźnika?

2. Jak precyzyjnie zmierzyć czas związany z awariami, mikro postojami, zmniejszeniem wydajności czy brakami produkcyjnymi?

3. W jaki sposób ustalić normy czasu pracy dla danej maszyny?

4. Czy i w jaki sposób wykorzystywać OEE w systemie motywacyjnym?

Próbie odpowiedzi na powyższe wątpliwości autorzy podjęli w kolejnym rozdziale w kontekście polskiego górnictwa węgla kamiennego.

Uwarunkowania wyboru metody, przeprowadzenia pomiaru i wypracowania norm efektywności maszyn i urządzeń w górnictwie węgla kamiennego

Analizując proces realizacji produkcji w głębinowej kopalni węgla kamiennego należy mieć na uwadze specyfikę prowadzenia takiej działalności. Wynika ona z wielu czynników, do których można zaliczyć:

- środowisko górnicze, w którym prowadzona jest działalność, które zawsze niesie ze sobą ryzyko zdarzeń, na których zaistnienie nie mamy dużego wpływu, a niosą one za sobą znaczące skutki – np. tapnięcia lub pożary,

- bardzo wysoki poziom koncentracji produkcji, którego znaczący wzrost miał miejsce w ciągu ostatnich kilkunastu lat, powodujący konieczność planowania i realizacji produkcji z małym marginesem możliwości odchyłań względem oczekiwanych rezultatów,

- wysoka kapitałochłonność działalności górniczej – koszt jednego kompletu zmechanizowanego (obudowy zmechanizowane, przenośnik ścianowy, kombajn ścianowy oraz wyposażenie) to kwota rzędu ok. 200 mln zł.

Czynniki te powodują konieczność nadzoru nad prowadzoną działalnością, a w szczególności efektywnym gospodarowaniem posiadanym wyposażeniem.

Z uwagi na znaczenie wydobycia węgla kamiennego dla gospodarki kraju przed i po transformacji systemowej proces produkcji węgla kamiennego po pierwsze w zdecydowany sposób ewoluował wkraczając w erę prawie pełnej mechanizacji i automatyzacji, po drugie zaś analizie i ocenie podlegał sam proces planowania jak i kontroli produkcji. Informację na temat planowania oraz monitorowania produkcji możemy znaleźć w wielu podręcznikach z zakresu produkcji (np. Zajac, Turek, Chmiela czy Przybyła), jednak w pozycjach tych autorzy zwykle skupiają się na właściwym przebiegu procesu produkcji.

Jak zatem można by wykorzystać formułę wskaźnika OEE?

Pierwszym czynnikiem, który należałoby wziąć pod uwagę jest status własności wyposażenia wykorzystywanego do produkcji w kopalni. Mamy tutaj do czynienia z dwoma zasadniczymi sytuacjami: po pierwsze wyposażenie będące na stanie podmiotu prowadzącego działalność górnictwem. W takim przypadku czasem, jaki powinien być brany do oceny za pomocą wskaźnika OEE jest całkowity czas posiadania danej maszyny, wliczając w to jej całkowity czas wykorzystania jak i całkowitą liczbę postojów, włącznie z czasem, gdy dana maszyna lub urządzenie oczekują na uzbrojenie ściany, która ma być uruchomiona dopiero za kilka miesięcy. Zwykle okresem tym jest okres od momentu zakupu, aż do momentu zełomowania. Przypadek drugi, coraz częściej spotykany to sytuacja, w której dana maszyna lub urządzenie są dzierżawione, wypożyczane lub leasingowane. Taki sposób pozyskania wyposażenia związany jest ze znacznym ograniczeniem czasu, w jakim dane urządzenie jest wykorzystywane. W skrajnym przypadku może to odnosić się do pracy tylko w jednej ścianie.

Zwykła rejestracja stanu pracy danej maszyny pozwala nam zatem na określenie efektywności jej wykorzystania, jednak zwykle problemem są dane, które należałoby zebrać z dokładnością większą niż jeden dzień. Tu z pomocą przychodzą regularnie zbierane raporty dyspozytorskie, zawierające informację o czasie pracy danego urządzenia, przebiegu pracy, ewentualnych przerwach oraz ich przyczynach. Raporty takie, są zbierane w zróżnicowanej formie przez każdą z kopalń i mogą stanowić doskonałe źródło informacji pozwalających na ocenę OEE na poziomie czasu operacyjnego, dostępności oraz wykorzystania. Jednak w przypadku jakości produkowanego węgla zawsze może istnieć różnica pomiędzy ograniczoną formą raportu dyspozytorskiego, mówiącego o średniej jakości wyprodukowanego węgla a uzysku otrzymanym na powierzchni. W takim przypadku możemy mieć do czynienia z błędem wynikającym np. ze zmiany spowodowanej rozkruszaniem się węgla na poszczególnych przesypach, większego przybrania kamiennego stropu w trakcie urabiania, wycieniń węgla, które nie są do przewidzenia w 100% przed rozpoczęciem eksploatacji ściany, czy samej (właściwej) zmiany jakości węgla mierzonej w oparciu o Q, A, S. W pomiarze jakości należy zwrócić także uwagę na to, że w górnictwie węgla kamiennego parametr ten jest jedynie częściowo uzależniony od procesu wydobycia czy działań zakładu przeróbki mechanicznej. Istotnie oddziałują na nią także na-

turalne, niezmiennie parametry złoża. Trudne jest więc także precyzyjne zdefiniowanie oraz oddzielenie braków spowodowanych zakłóceniami produkcji od braków wynikających z właściwości złoża (np. miąższość pokładu, poziom siarki, popiołu czy wartość opałowa).

Problem determinant jakości węgla kamiennego bezpośrednio dotyczy również kwestii określenia jednostki pomiaru wydajności produkcji. Czy wydajność powinna być określana w tonach na jednego zatrudnionego czy w kilodżulach na jednego zatrudnionego? Pierwsza z form pomiaru skłania do maksymalizacji wielkości wydobycia bez dbałości o jakość, druga jest kwestionowana z uwagi na wspomniany już niewielki wpływ zakładu górniczego na ostateczne parametry wydobywanego surowca, w tym także wartość opałową.

Czy można zatem ustalić normy pracy dla maszyny w tak specyficznym środowisku jakim z samej jest natury górotwór? Oczywiście tak, lecz pod pewnymi warunkami. Czas operacyjny maszyny jest wielkością, którą mierzymy i oceniamy planując i przystępując do eksploatacji danej ściany lub nawet całej parceli. Działanie takie jest niemal podręcznikowym przykładem oceny efektywności pracy maszyny w kopalni. Niestety schodząc poniżej tego szczebla planowania niezmiernie rzadko można znaleźć modele pozwalające na precyzyjną analizę eksploatowanych w kopalniach maszyn i urządzeń, choć te ostatnie posiadają większość danych, które pozwoliłyby na przeprowadzenie takiej analizy i odpowiadając na kolejne z postawionych w poprzednim punkcie pytań pozwoliłyby na ustalenie norm wskazujących na efektywny sposób prowadzenia produkcji. Często taką analizę prowadzą dostawcy maszyn i urządzeń będący ich właścicielami z uwagi na obciążanie ich już na etapie umowy udostępnienia danego środka kosztami przestojów.

Należy jednak wyraźnie podkreślić, że oszacowana na podstawie wskaźnika OEE efektywność pracy maszyn i urządzeń górniczych w żadnym wypadku nie powinna być porównywana do standardów stosowanych w innych branżach czy produkcji seryjnej. Trzeba w tym zakresie wypracować normy dostosowane do górnictwa węgla kamiennego, w tym również do warunków geologiczno-górniczych w konkretnym zakładzie górniczym. Bezskrytyczne założenie, że uniwersalnie dobry wskaźnik OEE wynoszący 85% w przypadku przemysłu wydobywczego, charakteryzującego się znaczną liczbą niezawinionych operacyjnie przestojów jest niezasadnione teoretycznie i praktycznie.

W związku z powyższym wpisanie wskaźnika OEE, czy też jakichkolwiek innych miar oceny

efektywności wykorzystania maszyn i urządzeń górniczych, w system motywacyjny wymaga pogłębionych badań empirycznych i wypracowania indywidualnych norm branżowych. Bez takich działań obiektywna ocena pracy załóg górniczych na podstawie ogólnych norm i standardów nie jest możliwa. Należy w tym miejscu jednak wyraźnie podkreślić, że występujące w praktyce braki i niedoskonałości w wykorzystaniu maszyn i urządzeń górniczych, w postaci niezagospodarowywania rzeczowych aktywów trwałych po zakończeniu eksploatacji w trakcie likwidacji ściany czy przed rozpoczęciem eksploatacji w toku robót przygotowawczych, wymagają systematycznego doskonalenia planowania procesów produkcyjnych, ukierunkowanego na maksymalizację wskaźników efektywności bez względu na ich ostatecznie branżowo znormalizowaną wartość. Zaniechanie takich działań prowadzi do wzrostu kosztów amortyzacji lub dzierżawy maszyn i urządzeń górniczych, co przyczynia się do pogorszenia efektywności ekonomicznej górnictwa węgla kamiennego. Kwestię badań i wypracowania norm wskaźnika OEE można zatem potraktować jako jedno z zadań proefektywnościowych i promotywacyjnych.

Wnioski

Biorąc pod uwagę zaprezentowane w artykule rozważania można sformułować następujące wnioski:

1. Działalność górnicza pomimo swojej specyfiki wymaga analizy i oceny efektywności wykorzystania wyposażenia, ponieważ zaniebdania w tym zakresie prowadzą do nieuzasadnionego wzrostu kosztów, zmniejszenia wydajności i pogorszenia wyników ekonomicznych kopalń.

2. Do przeprowadzenia takiej oceny nadaje się wskaźnik OEE (Overall Equipment Effectiveness) pozwalający na przetworzenie informacji o efektywnym czasie pracy maszyn górniczych.

3. Zakłady górnicze dysponują danymi w postaci raportów dyspozytorskich umożliwiającymi wyznaczenie OEE na poziomie czasu operacyjnego i dostępności maszyn i urządzeń górniczych.

4. W pomiarze OEE doprecyzowania wymagają: zasady pomiaru wydajności oraz jakości, w tym także definiowania i wydzielenia braków produkcyjnych od naturalnych.

5. Należy również w toku badań empirycznych wyznaczyć normy OEE dla górnictwa węgla kamiennego, pozwalające na wykorzystanie tego wskaźnika w procesie proefektywnościowej motywacji załóg górniczych.

Literatura – References

1. Dębski D., Dębski P., Planowanie, analiza ekonomiczna i sprawozdawczość, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 2013, s. 104-134.
2. Grecik J., Harmonisation of maintenance performance indicators, „Diagnostyka” 2009, nr 2, s. 3-6.
3. Grecik J., Legat V., Maintenance audit and benchmarking - search for evaluation criteria on global scale, „Eksplatacja i niezawodność – Maintenance and Reliability” 2007, nr 3, s. 34-39.
4. Kozioł W., Ciepłiński A., Machniak Ł., Analiza porównawcza efektywności pracy maszyn podstawowych w kopalniach węgla brunatnego – problemy z unifikacją wskaźników, „Górnictwo i Geoinżynieria” 2010, R. 34, z. 4, s. 349-369.
5. Loska A., Eksploatacyjna ocena obiektów technicznych z zastosowaniem metod taksonomicznych, „Eksplatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability” 2013, nr 15 (1), s.1-8.
6. Maintenance – Maintenance Key Performance Indicators. Standard CEN/TC 319 Date: 2005-02 TC 319 WI WG6.50 CEN/TC 319 UNI.
7. Mazurek W., Wskaźnik OEE – Teoria i praktyka, Neuron 2014, s. 1-15.
8. Michalak A., Jonek-Kowalska I., Ryzyko, koszt kapitału i efektywność w procesie finansowania inwestycji rozwojowych w górnictwie węgla kamiennego, PWN, Warszawa 2012.
9. Napiórkowski J., Drożyner P., Mikołajczak P., Rychlik A., Szczyglak P., Ligier K., Podstawy budowy i eksploatacji pojazdów i maszyn, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Olsztyn 2013, s. 310-318.
10. Pomykalska B., Pomykalski P., Analiza finansowa przedsiębiorstwa, PWN, Warszawa 2007, s. 79-86.
11. Rathenshwar S., Dhaval D. S., Ashish M., Miles H. S., Overall equipment efficiency(OEE) Calculation – Automation through Hardware & Software Development, „Procedia Engineering” 2013, nr 51, s. 579-584.
12. Relkar A. S, Nandurkar K. N., Optimizing & Analysing Overall equipment efficiency(OEE) through Design of Experiments, „Procedia Engineering” 2012, nr 38, s. 2973-2980.
13. Sierpińska M., Jachna T., Metody podejmowania decyzji finansowych, PWN, Warszawa 2007, s. 60-95.
14. Simões J. M, Gomes C. F, Yasin M. M., A literature review of maintenance performance measurement: A conceptual framework and directions for future research, „Journal of Quality in Maintenance Engineering” 2011, nr 2(17), s. 116-137.
15. Turek M., Podstawy podziemnej eksploatacji pokładów węgla kamiennego, Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2010.
16. Turek M., System zarządzania kosztami w kopalni węgla kamiennego w cyklu istnienia wyrobiska wybierkowego, Difin, Warszawa 2013.
17. Wang T. Y, Pan H. Ch., Improving the OEE and UPH data quality by Automated Data Collection for the semiconductor assembly industry, „Expert Systems with Applications” 2011, nr 38, s. 5764-5773.
18. Wilczarska J., Efektywność i bezpieczeństwo użytkowania maszyn, „Inżynieria Aparatury Chemicznej” 2012, nr 51, s. 41-43.

*Effectiveness of Machinery and Equipment in Coal Mining
– Critical Approach to Unification and Standardization*

The main aim of this article is to critically evaluate the possibility of using universal indicators of the effectiveness of machinery and equipment in coal mining. To achieve such aim the authors divided the article into four parts covering: (1) the introduction including justification for the specified subject of considerations, (2) the literature review in the field of measures used in assessing the effectiveness of machinery and equipment, (3) the critical assessment of the possibilities of using the presented indicators in coal mining industry that is perceived as an industry with untypical conditions of production, and (4) the summary containing key findings and directions for further research. The article was developed based on literature studies in the area of effectiveness of machinery and equipment and in the area of natural, productive and technical conditions of hard coal excavation.

Keywords: effectiveness of machinery and equipment, coal mining, conditions of effectiveness of machinery and equipment in coal mining