

**Zeszyty Naukowe**Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią
Polskiej Akademii Nauk

rok 2018, nr 103, s. 5–16

DOI: 10.24425/123705

Przemysław BODZIONY¹, Michał PATYK¹, Zbigniew KASZTELEWICZ¹

Typologia stanów technicznych i eksploatacyjnych wozideł technologicznych w górnictwie odkrywkowym

Streszczenie: W artykule przedstawiono sposób klasyfikacji stanów eksploatacyjnych w procesie użytkowania wozideł technologicznych w górnictwie odkrywkowym. Zdefiniowano klasyfikację stanów technicznych i eksploatacyjnych w procesie użytkowania i obsługiwanie maszyn. Za podstawę typologii przyjęto czasy trwania wyspecyfikowanych stanów eksploatacyjnych. Dla stanu zdatności i niezdatności pojazdów określono odpowiednie zbiory stanów eksploatacyjnych. Dla najważniejszych składowych czasowych stanów eksploatacyjnych wykonano analizy na przykładzie parku użytkowanych wozideł w kopalni wapienia. Stany eksploatacyjne zdefiniowano jako opisowy atrybut określający fazę procesu eksploatacji, czyli fazę użytkowania lub obsługiwanie maszyny. Wyspecyfikowanie stanów technicznych i eksploatacyjnych w procesie użytkowania parku wozideł technologicznych w górnictwie odkrywkowym pozwala na miarodajną ocenę eksploatacyjną wozideł technologicznych. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu systemów telemetryczno-diagnostycznych w użytkowanych maszynach.

Słowa kluczowe: wozidła technologiczne, górnictwo odkrywkowe, stany techniczne wozideł, stany eksploatacyjne wozideł, czas pracy efektywnej, transport kopalniany

Classification states in the technical operating of haul trucks in surface mining

Abstract: The paper presents differences between technical states and technical operation states of haul trucks in the technical operation process. The specification and analysis of operational parameters of technological vehicles used in surface mining is possible only due to more and more frequently used diagnostic – telemetric systems. While a detailed analysis of machines operation data can result in the more effective management of mining plant operations and the mining process itself. The determination of operational state indices and their individual components allows preventive actions to be commenced, resulting in improving the work organization of the entire mine machinery system. Moreover, the future technical state of machines operated in surface mining is strictly related to the current state and also depends on the events that occurred in the extraction system. A set

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Katedra Górnictwa Odkrywkowego; e-mail: przembo@agh.edu.pl; mpatyk@agh.edu.pl, kasztel@agh.edu.pl

of parameter values of individual state characteristics, which allow the haul trucks technical and operational state to be characterized, is a direct effect of a telemetric – diagnostic system operation.

Keywords: haul truck, mining transport, surface mining, haul truck technical and operating states, Net Operating Hours

Wprowadzenie

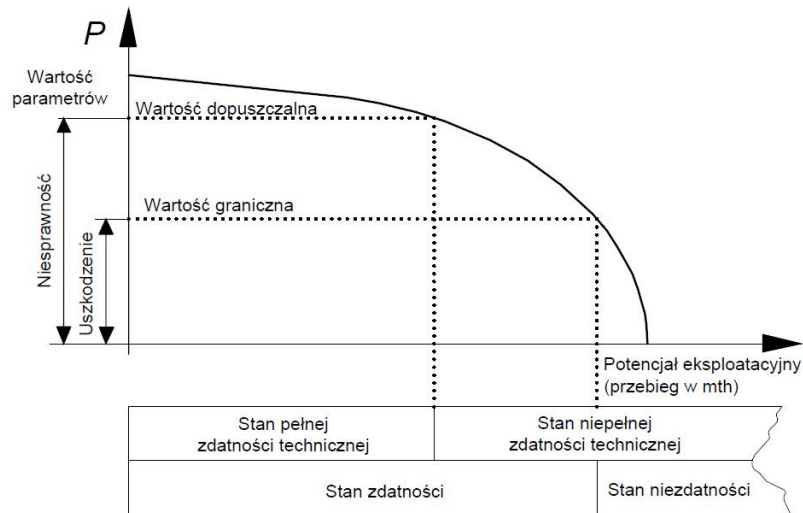
Wyspecyfikowanie i analiza głównych parametrów eksploatacyjnych maszyn użytkowanych w górnictwie odkrywkowym możliwe jest dzięki coraz liczniej stosowanym systemom diagnostyczno-telemetrycznym. Szczegółowa analiza danych funkcjonowania maszyn może mieć wpływ na bardziej efektywne zarządzanie ruchem zakładu górniczego i samego procesu wydobywczego. Wyznaczanie wskaźników stanów eksploatacyjnych i technicznych oraz analiza ich poszczególnych składowych pozwalają na wyszukiwanie słabych punktów i podejmowanie działań korygujących, prowadzących do ciągłego doskonalenia technologii i organizacji pracy całego systemu maszynowego kopalni. Ponadto przyszły stan techniczny maszyn eksploatowanych w górnictwie odkrywkowym jest ściśle związany ze stanem aktualnym, a także zależy od zdarzeń, jakie będą miały miejsce w systemie eksploatacji. Przewidywanie stanów technicznych i eksploatacyjnych może stanowić podstawę do podejmowania decyzji dotyczących zarówno procesu użytkowania i obsługi, ale przede wszystkim głównych procesów operacyjnych kopalni. Celem artykułu jest wyspecyfikowanie stanów technicznych i eksploatacyjnych w procesie użytkowania parku wozideł technologicznych w górnictwie odkrywkowym, pozwalających miarodajnie i wieloaspektowo oceniać użytkowany park wozideł. Ponadto analiza wskaźnika gotowości technicznej w oparciu o składowe czasowe tych stanów możliwa jest w szerszym, bardziej precyzyjnym zakresie.

1. Stany techniczne wozideł technologicznych w górnictwie odkrywkowym

Stan techniczny każdej maszyny jest opisywany zbiorem wartości odpowiednio dobranych parametrów. Wykorzystuje się przy tym takie parametry i ich wartości, które wystarczająco dobrze opisują współdziałanie elementów bazowych i podzespołów maszyny, poprzez wykonywanie przez nią funkcji użytkowych. Są one nazywane cechami stanu. W wyniku realizacji procesów roboczych, a także wskutek oddziaływań otoczenia, wartości cech stanu ulegają zmianom – ze stanu całkowitej zdatności maszyny do stanu niezdatności (Moczarski 2013).

Do efektywnego zarządzania procesem eksploatacji maszyn w górnictwie odkrywkowym, w tym wozideł technologicznych, pomocna jest identyfikacja ich bieżącego stanu technicznego oraz możliwość prognozowania jego zmian. Przyjmując, że ocena stanu technicznego ma wpływ na podejmowanie decyzji eksploatacyjnych, do realizacji efektywnych analiz diagnostycznych konieczne jest (Sowa 2013; Moczarski 2013; Simkiewicz i in. 2017):

- określenie, dla każdego badanego obiektu technicznego, zbioru cech stanu,
- określenie wagi każdej cechy – wpływu zmian wartości cechy na stan techniczny maszyny oraz efektywność funkcjonowania systemu użytkowania,
- określenie przedziałów zmienności wartości poszczególnych cech.



Rys. 1. Klasy stanów technicznych maszyn w górnictwie odkrywkowym
 Źródło: Sowa 2013

Fig. 1. Classification of the technical states of mining machines

Wartości tych cech mogą w trakcie eksploatacji ulegać zmianie – najczęściej pogorszeniu – na skutek występowania różnorodnych procesów, w tym procesów zużycia i starzenia. Zmiany w poszczególnych podzespołach maszyny mogą zachodzić podczas eksploatacji w całej ich masie lub warstwie wierzchniej. Dodatkowo, funkcjonowanie poszczególnych elementów składowych (podzespołów) obiektu technicznego może być opisywane za pomocą jednego lub – częściej – wielu parametrów (ciśnienie, temperatura, grubość, prędkość obrotowa etc.) (Bodziony i in. 2017). Mierząc wartości tych parametrów, można utworzyć zbiór wartości, który można uważać za współrzędne wektora stanu technicznego. W danej chwili eksploatacji wyznacza on punkt deskrypcyjny w przestrzeni w-wymiarowej. Pozwala to na formalne zdefiniowanie stanu technicznego jako właściwości obiektu diagnozowanego determinowanej przez wektor cech fizycznych elementów składowych obiektu, czyli (Sowa 2012):

$$E = \{e : e_i \wedge i \in N \wedge 1 \leq i \leq k\} \quad (1)$$

gdzie:

- E – obiekt techniczny (wozidło),
- e_i – podzespoły składowe wozidła,
- i – identyfikator ze zbioru N (liczb naturalnych),
- k – liczba podzespołów w obiekcie objętych diagnostyką systemem telemetrycznym.

W wyniku przeprowadzonych pomiarów i analiz wartości kontrolowanych parametrów (porównanie wartości zmierzonych z wymaganymi, opisanymi w dokumentacji DTR), do-

konuje się oceny i klasyfikacji stanu technicznego użytkowanej maszyny. Dla ogólnie przyjętych obiektów technicznych (OT) wyróżnia się cztery klasy stanów technicznych (Moczarski 2013):

- *stan dobry* – jeżeli wartości parametrów zasadniczych i drugorzędnych nie przekraczają granicznych (dopuszczalnych),
- *stan dostateczny* – jeżeli wartości parametrów zasadniczych urządzenia nie przekraczają granicznych (dopuszczalnych),
- *stan niezadowolający* – jeżeli wartości parametrów zasadniczych i drugorzędnych należą do przedziału wartości granicznych (dopuszczalnych),
- *stan niedostateczny* – jeżeli wartości parametrów zasadniczych urządzenia przekroczyły wartości graniczne (dopuszczalne).

Cechy należące do poszczególnych stanów mogą mieć określony (jeden lub więcej) zakres wartości, co w praktyce pozwala na wyróżnienie klas stanów technicznych dotyczących aspektu użytkowania maszyny. Zbiór klas stanów technicznych SKU wyróżniony dla celów decyzyjnych w procesie użytkowania, będzie więc zawierać (Sowa 2012/2013):

$$SKU = \{S_z, S_{zw1}, \dots, S_{zwl}, S_{nz}\} \quad (2)$$

gdzie:

- S_z – stan zdatności całkowitej,
- S_{zw1}, \dots, S_{zwl} – stany zdatności warunkowej,
- S_{nz} – stan niezdatności.

W przypadku wozideł technologicznych wyróżnia się trzy stany techniczne: dwa pierwsze (stan zdatności całkowitej oraz stan zdatności warunkowej) kwalifikujące maszynę do użytkowania i trzeci (stan niezdatności) powodujący przejście maszyny w stan obsługi.

Oprócz zakresów wartości cech fizykalnych informację o stanie technicznym maszyny może nieść sposób funkcjonowania, rozważany z niezawodnościowego punktu widzenia. Może to być zespół symptomów świadczących o zdatności lub niezdatności poszczególnych podzespołów składowych lub ich wpływ na funkcjonowanie całego obiektu technicznego. Symptomy te mogą wskazywać na stan zdatności i jedną lub więcej form niezdatności (Sowa 2012/2013; Moczarski 2012). Stwierdzenie niesprawności lub/i uszkodzenia maszyny bądź zakłóceń pracy systemu autodiagnostyki lub systemu telemetrycznego nakazuje przejście obiektu maszyny do systemu odnowy. Kontrola stanów technicznych może być realizowana w oparciu o komputerową bazę danych oraz bezprzewodową sieć umożliwiającą transfer danych. Źródła danych wejściowych można podzielić na automatyczne oraz manualne. Dane są samoczynnie przesyłane przez system monitorujący pracę maszyny lub manualnie – przez operatorów lub dyspozytorów ruchu do systemu zarządzania eksploatacją. Kierowcy mogą wprowadzać statusy aktywności za pomocą komputera pokładowego wozidła poprzez wpisanie kodu statusu, a dyspozytor robi to bezpośrednio poprzez system dyspozytorski, który w końcowym etapie zapisuje wszystkie rekordy w bazie danych (Simkiewicz i in. 2017). Wyróżnione klasy stanów technicznych można powiązać z decyzjami ważnymi dla procesu użytkowania wozideł w procesie produkcyjnym kopalni. Mogą one dopuszczać eksploata-

cję maszyny bez ograniczeń lub z ograniczeniami, co do spełnianych funkcji bądź innych warunków użytkowania albo wskazywać na konieczność odnowy.

Bezpośrednim efektem funkcjonowania systemu telemetryczno-diagnostycznego jest zbiór wartości parametrów poszczególnych cech stanu, które opisują elementarny stan techniczny maszyny. Umiejętność klasyfikacji stanów z uwzględnieniem przyjętych przedziałów zmienności wartości poszczególnych cech pozwala określić jego stan obserwowalny. Dla oceny jakościowej uzyskanych wyników analiz telemetrycznych należy dokonać klasyfikacji stanu obserwowalnego, wykorzystując opracowane i przyjęte wcześniej kryteria oceny przynależności możliwych stanów obserwowalnych maszyny do poszczególnych klas stanów rozróżnialnych (Bodziony i in. 2017). Określenie stanu rozróżnialnego jest warunkiem koniecznym do podejmowania decyzji o dalszych działaniach eksploatacyjnych. Jeżeli nie występują przeciwwskazania do dalszego użytkowania maszyny, należy określić, czy zachodzi potrzeba wprowadzenia ewentualnych ograniczeń w funkcjonowaniu systemu użytkowania. W przypadku gdy niezbędna jest realizacja odpowiednich czynności obsługowych (OT) (np. regulacji, smarowania czy naprawy lub wymiany elementów) – należy określić termin i zakres ich wykonania. W obydwu przypadkach, dla podejmowania efektywnych decyzji, niezbędne jest prognozowanie przewidywanej trajektorii dalszych zmian stanu technicznego obserwowalnej maszyny (Sowa 2012/2013; Moczarski 2013).

2. Stany eksploatacyjne wozideł technologicznych w górnictwie odkrywkowym

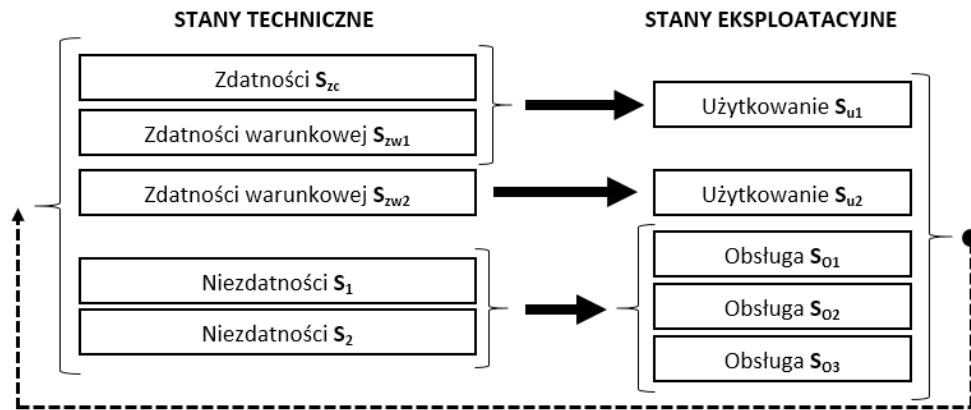
Pojęcie stanu eksploatacyjnego, z punktu widzenia technologii prowadzonego wydobycia surowców, najczęściej odnosi się do zlokalizowania maszyny (wozidła) w określonym miejscu w podsystemie transportowym systemu eksploatacji. Wydzielenie klas tego rodzaju stanów jest szczególnie istotne dla procesu planowania i sterowania użytkowaniem, a także obsługiwaniem maszyn przez jednostki zaplecza technicznego. Samo lokalizowanie pojazdu może być zaś przedmiotem identyfikacji za pomocą systemu telemetrycznego GPS/GNSS lub innych systemów telemetrycznych. Stan eksploatacyjny można zdefiniować jako opisowy atrybut określający fazę procesu eksploatacji, czyli fazę użytkowania lub obsługiwania maszyny. Atrybuty tego rodzaju posiadają ustalone znaczenie i tworzą skończone podzbiory zbioru stanów eksploatacyjnych SE (Sowa 2012/2013):

$$SE = SU \cup SO = \{Su_1, Su_2, \dots, Su_l\} \cup \{So_1, So_2, \dots, So_n\} \quad (3)$$

gdzie:

- Su_{1-l} – wyróżnione stany użytkowe,
- So_{1-n} – wyróżnione stany obsługowe.

Należy przy tym zaznaczyć, że o ile pozostawanie maszyn w stanach użytkowania jest warunkowane jego – zgodnym z wymaganiami – stanem technicznym, o tyle stany eksploatacyjne – obsługowe mają za zadanie przywrócić wymaganego stanu technicznego do



Rys. 2. Schemat typologii stanów technicznych i eksploatacyjnych wozidła technologicznego
 Źródło: opracowanie własne na podstawie (Sowa 2012/2013)

Fig. 2. Diagram of the typology of technical and operational haul trucks states

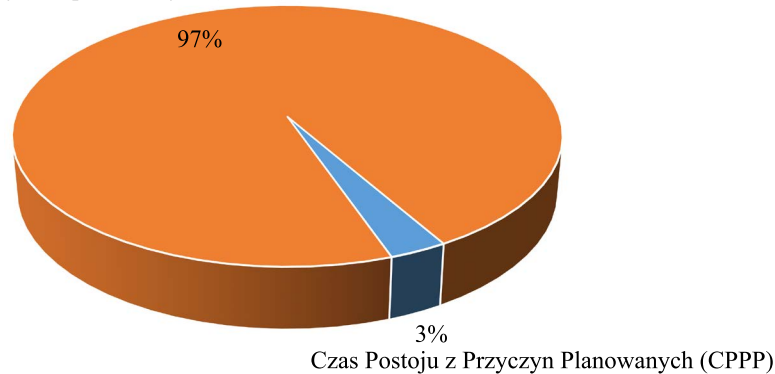
stanu zdatności całkowitej. Cechą charakterystyczną klasyfikacji stanów eksploatacyjnych jest występowanie wielu poziomów i różnych kryteriów podziału na każdym z nich. Podstawą zaliczenia wozidła do jednej z klas stanów eksploatacyjnych, tj. użytkowania lub obsługi, jest jej stan techniczny. Przy czym stan zdatności warunkowej eksploatacyjnych wozideł określany jest systemem autodiagnostyki (ECU) i generowanymi przez niego kodami usterek. Dyspozytor, po sprawdzeniu znaczenia kodu usterki kwalifikuje pojazd do odpowiedniego stanu, w tym zdatności warunkowej.

Poniżej przedstawiono zestawienie składowych stanów eksploatacyjnych oraz ich analizę wykonaną dla parku dziesięciu wozideł technologicznych użytkowanych przez kopalnię wapienia w Polsce. Analizy dla parku wozideł, która stanowiła pięć wozideł o średnim przebiegu wynoszącym 30 108 mtg oraz pięć wozideł o średnim przebiegu 6133 mtg. Dla wszystkich analizowanych pojazdów, wyznaczono analizowane parametry na podstawie zgłoszeń serwisowych do systemu odnowy. Zgłoszenia te, obejmujące zarówno poważne awarie, jak również drobne usterki wskazywane przez system diagnostyczny (TMS), były traktowane jednakowo, gdyż skutkowały koniecznością wyłączenia wozideł z ruchu technologicznego. Wszystkie zgłoszenia serwisowe rejestrowane były w specjalnie przygotowanym arkuszu kalkulacyjnym obejmującym dokładną datę wystąpienia awarii (zgłoszenia), dla konkretnej wartości przebiegu (w mtg), indywidualnie dla każdego wozidła. Okres obserwacji wyniósł 3,5 tys. mtg, a wszystkie analizowane wozidła miały zbliżony stan techniczny (były pełnosprawne).

Wozidło będące w stanie technicznym zdatności (bądź w stanie zdatności warunkowej) może przejść w stan eksploatacyjny, który dzieli się na Czas Postoju z Przyczyn Zewnętrznych (CPPZ), który z kolei dzieli się na Czas Postoju z Przyczyn Planowanych i na Czas Postoju z Przyczyn Nieplanowanych (rys. 3). Czasy PPZ definiują okresy, w których maszyny są sprawne technicznie i dostępne do pracy, jednakże w wyniku decyzji operacyjnych nie wykonują jej lub nie mogą jej wykonywać ze względu na skrajnie niekorzystne warunki pogodowe (Bodziony i in. 2017).

Czas Postojów z Przyczyn Zewnętrznych CPPZ	
planowany	nieplanowany

Czas Postojów z Przyczyn Nieplanowanych (CPPN)



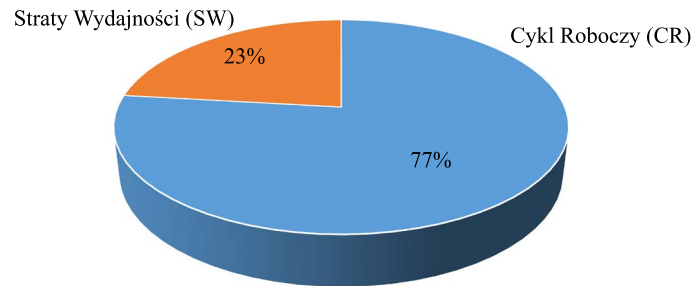
Rys. 3. Składowe Czasu Postojów z Przyczyn Zewnętrznych
Źródło: opracowanie własne

Fig. 3. Components of Total Mean Accumulated Down Time

Wozidło będące w stanie technicznym zdatności (bądź w stanie zdatności warunkowej) może przejść w stan eksploatacyjny opisywany Czasem Pracy. Składowymi tego stanu są Czas Pracy Efektywnej i Czas Pracy Jałowej (CPJ), który zawiera rozruch maszyny do osiągnięcia parametrów roboczych pracy podzespołów. Kolejną składową (CP) stanowi Czas Oczekiwania na Pracę (COP), który jest wypadkową składowych występujących podczas typowej zmiany wydobywczej, nie pozwalającej na efektywną pracę transportową. Poza realizacją procesu transportu, określonego jako cykl roboczy (CR), występują straty tego czasu (rys. 4), dzielą się one na Czas Oczekiwania na Pracę Planowany, do którego można zaliczyć takie czynności jak obowiązkowa Obsługa Codzienna i techniczna (OC i OT), uzupełnianie paliwa, przejście zmian, przerwa obiadowa etc. Ponadto, występuje Czas Oczekiwania na Pracę Nieplanowany – to straty związane z nieprzewidzianymi zdarzeniami, takimi jak nieprzejezdna droga technologiczna, blokada urobku w łyżce maszyny ładującej czy oczekiwanie jednej z maszyn, będącej składową układu technologicznego na doraźne czynności obsługowe (Bodziony i in. 2017).

Różnica czasu pracy zarejestrowanego przez system telemetryczny i zaburzenia wszystkich jego składowych, w tym Czasu Pracy Jałowej oraz Czasu Oczekiwania na Pracę definiują Czas Pracy Efektywnej (CPE) maszyny. Jednakże założenie, że podczas Czasu Pracy Efektywnej wozidło wykonuje nieprzerwanie cykl roboczy (CR), to jest proces transportu, jest idealistyczne, a tym samym niemożliwe do osiągnięcia w warunkach realnego użytko-

Czas Pracy Efektywnej CPE		Czas Pracy Jałowej CPJ	Czas Oczekiwania na Pracę COP
Cykl Roboczy CR	Straty Wydajności SW		



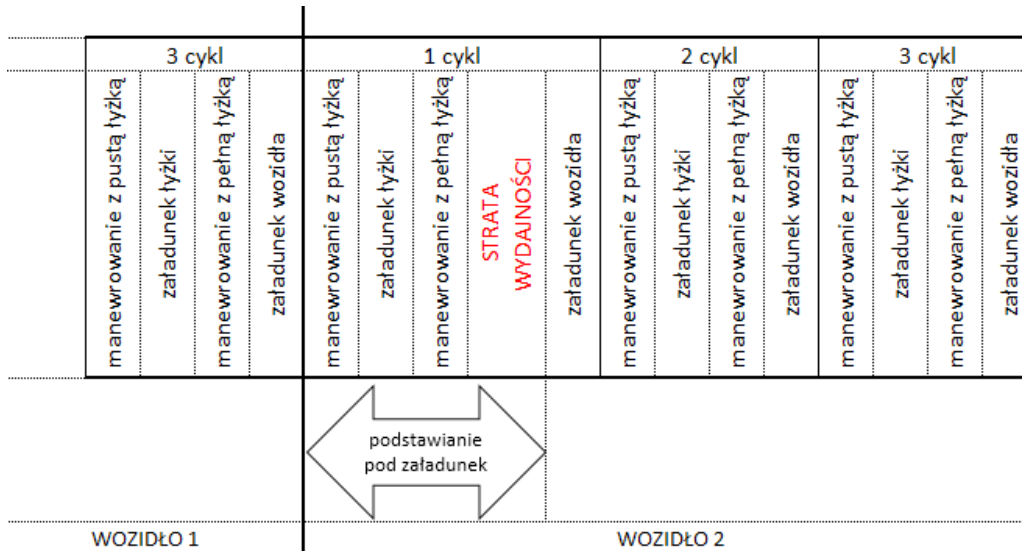
Rys. 4. Składowe Czasu Pracy (CP)
Źródło: opracowanie własne

Fig 4. Components of Gross Operating Hours

wania w zakładzie górniczym. Z uwagi na charakterystykę organizacji technologii cyklicznej eksploatacji naturalne jest, że mogą wystąpić czynniki opóźniające realizację cyklu – Straty Wydajności (SW). Najbardziej istotną z nich jest oczekiwanie wozideł na podjazd pod załadunek i generowane tym zjawisko kolejki. W przypadku współpracy maszyny ładującej z wozidłami technologicznymi zawsze wystąpią straty wydajności podczas manewrowania tego wozidła pod załadunek. Operator podnosi łyżkę w celu wskazania miejsca załadunku i dopiero wtedy wozidło może odpowiednio ustawić się pod załadunek. W tym czasie nie wykonuje żadnych ruchów, aż do czasu podjazdu wozidła i wyładunku urobku z łyżki. Poniższy schemat (rys. 5) obrazuje przyczynę powstawania strat wydajności na przykładzie załadunku wozidła w trzech cyklach roboczych.

Proces załadunku wozideł technologicznych przez koparkę bądź ładowarkę, który powinien być analizowany zgodnie z teorią masowej obsługi (zwaną teorią kolejek), jako model FIFO (*first in firsts out*) jednokanałowy $M | M | 1$ ze sprzężeniem zwrotnym, który zakłada, iż nawet przy praktycznie nieograniczonym strumieniu zgłoszeń (jakim jest proces podjazdu oraz oczekiwania na załadunek wozideł, pomimo skończonej populacji N – pojazdów, liczba zgłoszeń pozostaje praktycznie nieograniczona). Na długość tych czasów ma wpływ wiele składowych o charakterze losowym, począwszy od stanu technicznego maszyny ładującej, po umiejętności i doświadczenie operatora oraz inne aspekty związane z poruszaniem się wozideł technologicznych w otoczeniu transportowym. Ponadto zagadnienia związane z niezawodnością i systemem odnowy wozideł należałoby opisywać modelem $M | M | m$ bez strat, zwłaszcza w kontekście analizy zagregowanych czasów całkowitej odnowy pojazdów (Wolszczan 1970).

Analogicznie, jak w przypadku stanów technicznych, złożona sytuacja występuje w przypadku stanów eksploatacyjnych – szczególnie w systemie obsługi, do którego trafia



Rys. 5. Strata wydajności zmniejszająca Czas Pracy Efektywnej (CPE) maszyny ładującej
 Źródło: opracowanie własne

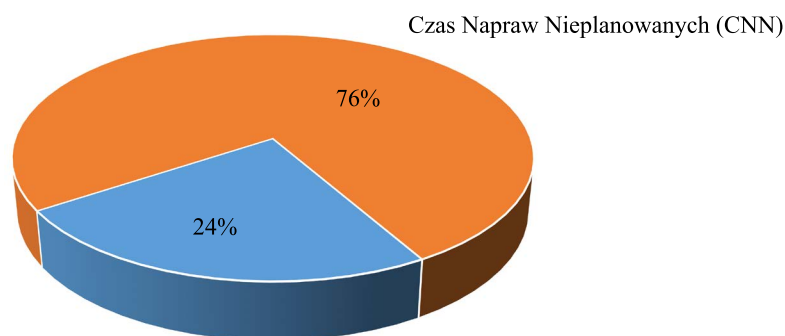
Fig. 5. Loss of efficiency reducing Net Operating Hours of the shovel/loader

każda niezdatna maszyna. Zarówno planowane, jak i nieplanowane elementy systemu obsługi można uważać za odrębne stany eksploatacyjne, ponieważ z ich realizacją wiąże się szerokie spektrum warunków techniczno-organizacyjnych, związanych z zakresem i przebiegiem obsługi. Przykładem tego może być wydzielenie odrębnych stanów obsługowych (zróżnicowania rodzajów obsługi) wynikających z różnych form niezdatności wozidła. Ponadto z dyspozytorskiego punktu widzenia dla każdego poziomu obsługi można wyróżnić stany obsługowe, takie jak: oczekiwanie na obsługę So_1 , obsługę maszyny efektywną So_2 oraz oczekiwanie na rozpoczęcie użytkowania (Sowa 2012/2013).

Gotowość techniczna wozidła technologicznego jest parametrem eksploatacyjnym umożliwiającym analizę potencjału eksploatacyjnego samochodów technologicznych. Natomiast w praktyce eksploatacyjnej kopalni pojazdy technologiczne w stanie technicznym niezdatności przechodzą do systemu odnowy w stan eksploatacyjny opisywany Czasem Napraw (CN), który to dzieli się na Czas Napraw Planowanych (CNP) oraz Czas Napraw Nieplanowanych (CNN) (rys. 6). Powyższy podział ma na celu rozróżnienie przerw w pracy spowodowanych serwisem planowanym i obsługą techniczną (CNP) lub napraw związanych z postojami awaryjnymi (CNN).

W praktyce eksploatacyjnej wykorzystywany jest wskaźnik gotowości technicznej K_{gt} – jako kryterium niezawodnościowe określające prawdopodobieństwo, że w dowolnej chwili czasu wozidło znajduje się w stanie zdatności i wykonuje pracę transportową. Poniżej przedstawiono analizę tego wskaźnika w oparciu o strukturę czasową omawianych stanów technicznych i eksploatacyjnych, jako iloraz sumarycznych wskaźników gotowości technicz-

Czas Napraw CN	
planowany	nieplanowany



Czas Napraw Planowanych (CNP)

Rys. 6. Składowe Czasu Napraw (CN)

Źródło: opracowanie własne

Fig. 6. Components of Total Mean Repair Time (MRT)

nej dla badanej populacji analizowanego parku pojazdów, zgodnie z zależnością (4). Wartość tego kryterium wyrażona jest w [%].

$$K_{gt} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i^{(j)}}{\sum_{i=1}^n t_i^{(j)} + \sum_{i=1}^n t_i^{(n)}} \quad (4)$$

gdzie:

- $t_i^{(j)}$ – czas pracy efektywnej pojazdu w i -tym dniu eksploatacji [h],
- $t_i^{(n)}$ – całkowity czas odnowy, w którego skład wchodzi:
 - czas postoju pojazdu w efektywnej naprawie [h],
 - czas czynności naprawczych zewnętrznego serwisu [h],
 - czas przestoju warsztatowego (w stanie oczekiwania na naprawę) [h].

TABELA 1. Wartości wskaźnika gotowości technicznej dla analizowanych wozideł technologicznych w kopalni wapienia

TABLE 1. Analysis of the Mean Availability on the example of heavy haul trucks used in limestone mining

Wozidło	Stan licznika na początku roku [mth]	Przebieg na zakończenie roku [mth]	Czas Pracy (CP) [mth]	Wskaźnik gotowości technicznej K_{gt}	Gotowość średnia dla parku wozideł
W1	29 119,0	30 075,0	956,0	94,5%	97,8%
W2	29 685,0	32 294,5	2 609,5	90,4%	
W3	25 775,0	26 351,0	576,0	96,2%	
W4	25 160,0	28 481,0	3 321,0	96,8%	
W5	25 783,0	29 548,5	3 765,5	98,5%	
W6	3 222,0	8 103,0	4 881,0	98,2%	
W7	3 180,0	7 924,0	4 744,0	99,0%	
W8	2 413,0	7 091,0	4 678,0	99,4%	
W9	8,0	3 994,5	3 986,5	99,1%	
W10	7,0	3 552,0	3 545,0	99,4%	

Źródło: opracowanie własne.

Podsumowanie

Wyspecyfikowanie stanów technicznych i eksploatacyjnych w procesie użytkowania parku wozideł technologicznych w górnictwie odkrywkowym pozwala na miarodajną ocenę eksploatacyjną wozideł technologicznych. Telemetryczne monitorowanie stanu technicznego i eksploatacyjnego maszyn w górnictwie odkrywkowym pozwala na podejmowania decyzji dotyczących zarówno procesu użytkowania, jak i obsługi, ale przede wszystkim głównych procesów operacyjnych kopalni.

Do podejmowania efektywnych decyzji operacyjnych kopalni, odnośnie użytkowania parku maszynowego niezbędne są:

- wiedza o aktualnym stanie technicznym i eksploatacyjnym każdego z użytkowanych wozideł,
- wiedza o strukturze czasowej poszczególnych stanów technicznych i eksploatacyjnych.

Możliwa jest szersza i bardziej precyzyjna analiza wskaźnika gotowości technicznej w oparciu o przedstawione składowe czasowe poszczególnych stanów technicznych i eksploatacyjnych.

Czasy trwania stanów raportowane przez system telemetryczny pozwalają na precyzyjne określenie stopnia wykorzystania wozideł zgodnie z ich podstawowym przeznaczeniem, tj. procesem transportu. Natomiast przyczyn obniżonych wartości wskaźników efektywności pracy należy doszukiwać się poprzez analizę Czasu Postoju z Przyczyn Zewnętrznych, jak również Strat Wydajności oraz Czasu Oczekiwania na Pracę, których istotną składową jest zjawisko kolejki.

W dalszych analizach wskazana jest budowa modelu ocen eksploatacyjnych parku wozideł, z uwzględnieniem:

- analiz szczegółowych wskaźników niezawodnościowych,
- opracowania scenariuszy działań obsługowych wynikających z przeprowadzonych analiz.

Publikacja została zrealizowana w ramach pracy statutowej nr 11.11.100.597 realizowanej na Wydziale Górnictwa i Geoinżynierii.

Literatura

- Bodziony i in. 2017 – Bodziony, P., Sikora, M. i Kasztelewicz, Z. 2017. Typologia stanów eksploatacyjnych koparek jednonaczyniowych w górnictwie odkrywkowym. *X Międzynarodowa Konferencja techniki urabiania* Kraków–Krynica.
- Marciniak, J. 1982. *Diagnostyka techniczna kolejowych pojazdów szynowych*. Warszawa: WKŁ.
- Moczarski, J. 2013. Pośredni stan techniczny w praktyce eksploatacyjnej systemów sterowania ruchem kolejowym. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Transport* z. 95.
- Simkiewicz i in. 2017 – Simkiewicz, K., Sikora, M. i Kasztelewicz, Z. 2017. Wskaźniki oceny efektywności pracy jako podstawa wyznaczania zdolności wydobywczej maszyn w górnictwie odkrywkowym. *Kruszywa mineralne* t. 1, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii PWr., s. 1–221.
- Sowa, A. 2012. Stan obiektu jako wieloznaczne pojęcie we współczesnej eksploatacji technicznej. *Mechanika Czasopismo Techniczne* 7-M/2012 z. 14 Rok 109, Kraków: Wyd. Politechniki Krakowskiej.
- Sowa, A. 2013. Ocena stanu technicznego pojazdów szynowych na podstawie cech zdeterminowanych. *Seria Mechanika Monografia* 430, Kraków: Wyd. Politechniki Krakowskiej.
- Wolszczan, J. 1970. *Zastosowania teorii masowej obsługi w transporcie samochodowym*. Warszawa: WKiŁ.