

Analiza czynności roboczych jednonaczyniowej koparki i ładowarek w górnictwie skalnym

Analysis of operation of a single-bucket excavator and the wheel loaders in rock materials mining



Mgr inż. Michał Patyk^{*)}



Mgr inż. Adrian Borcz^{*)}



Dr inż. Dorota Łochańska^{*)}

Treść: W artykule przedstawiono znaczenie wpływu człowieka (operatora maszyn wydobywczych tj. jednonaczyniowych koparek i ładowarek) na proces załadunku w górnictwie odkrywkowym surowców skalnych. W przedstawionej pracy porównano pracę dwóch operatorów na dwóch ładowarkach oraz trzech operatorów na jednej koparce. W artykule ponadto zaprezentowano czynności oraz czas ich wykonywania osiągnięty przez poszczególnych operatorów maszyn.

Abstract: This paper presents the importance of human impact (mining machine operator of single-bucket excavators and wheel loaders) on the process of loading rock materials in surface mining. In this study, the work of three single-bucket excavator operators as well as two operators of two wheel loaders was compared. The paper also presents the activities and their execution time achieved by each operator of a machine.

Słowa kluczowe:

górnictwo odkrywkowe, surowce skalne, koparki jednonaczyniowe, ładowarki łyżkowe

Key words:

surface mining, rock materials, single-bucket excavators, wheel loaders

1. Wprowadzenie

Na podstawie licznych obserwacji i pomiarów pracy maszyn w procesie załadunku, takich jak jednonaczyniowe koparki i ładowarki, zauważono zmienność efektów pracy tych samych maszyn użytkowanych przez różnych operatorów.

Wraz z postępem technicznym i organizacyjnym zmianie uległy maszyny i urządzenia stosowane w przemysłach górniczym i budowlanym. Niezawodność takich maszyn stoi już na wysokim poziomie, dzięki czemu produktywność, wydajność układu i samo wydobycie rzadko spada poniżej zakładanych wartości. Jednak aby maszyna działała poprawnie potrzebny jest użytkownik – operator. Na świecie, jak i w Polsce, prowadzone są prace zmierzające do automatyzacji procesu załadunku, poprzez urządzenia wspomagające załadunek, a kończąc na maszynach autonomicznych [2÷5, 8, 9]. Tego typu rozwiązania są od lat rozwijane i niektóre z tych ma-

szyn (samochody technologiczne)[6] wykonują czynności w sposób wysoce precyzyjny. Człowiek podczas powtarzalnych czynności, takich jak załadunek, w mniejszym lub większym stopniu popełnia błędy. Liczba tych błędów w znacznym stopniu zależy od doświadczenia i obycia ze sprzętem, a także od indywidualnych czynników charakteryzujących pracownika.

W artykule przedstawiono pomiary wykonywane na tych samych maszynach podczas pracy różnych operatorów, w tym pokazano różnice w czasie załadunku oraz efektywność opisywanych układów, a także różne parametry wynikające ze zmiennej pracy różnych operatorów.

2. Analiza pracy maszyn – cykle pracy

W pierwszej kolejności przedstawiono pracę systemu załadunku materiału przez koparkę jednonaczyniową Volvo EC700C z samochodem przegubowym (wozidłem) w kopalni

^{*)} AGH w Krakowie

amfibolitu, a następnie załadunek ładowarkami Volvo 180F i 220E prowadzony na zwirowni.

Na podstawie obserwacji procesu załadunku obydwu ładowarek oraz koparki jednoczyniowej Volvo, wyszczególniono cztery podstawowe fazy pracy składające się na cykl załadunku:

- napelnienie łyżki,
- opróżnienie łyżki nad środkiem transportu,
- manewrowanie z pustą łyżką,
- manewrowanie z pełną łyżką.

Poza powyższymi (podstawowymi) czynnościami składającymi się na czas załadunku wymienić należy także czynności dodatkowe, takie jak:

- przygotowanie urobku do załadunku (przygotowanie podjazdu pod załadunek – ładowarka),
- przestawianie się (zmiana miejsca pracy – załadunku),
- oddzielanie bloków (nadgabarytów),
- oczekiwanie na wozidło,
- manewrowanie wozidła,
- postój.

Rysunek 1 przedstawia przykładowy udział procentowy wymienionych powyżej czynności dodatkowych, składających się na czas pracy koparki podczas załadunku.

3. Analiza efektywności czasu pracy koparek jednoczyniowych łyżkowych

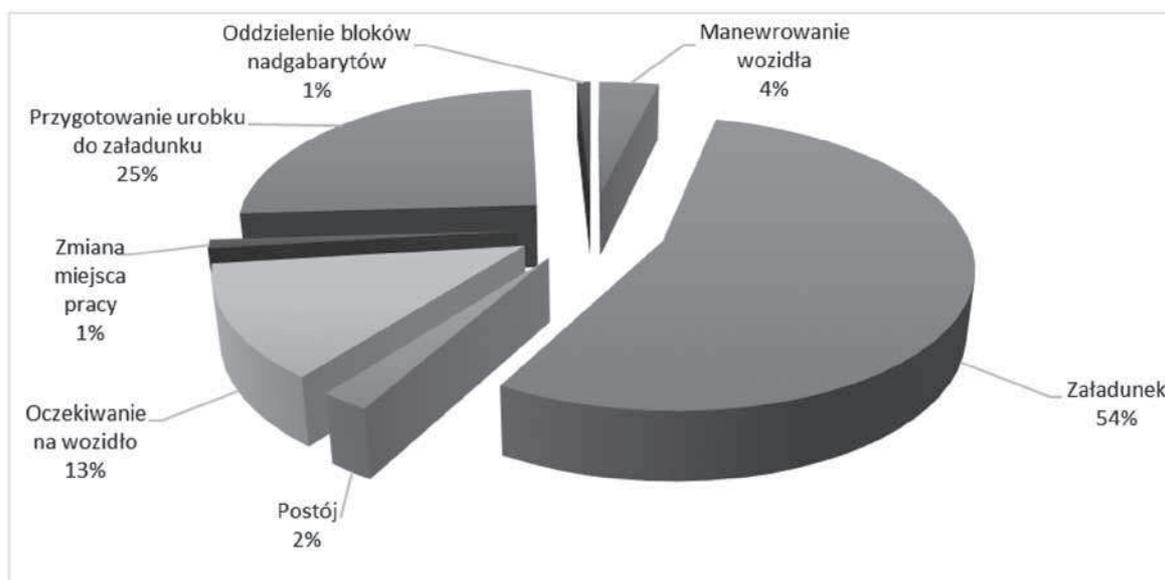
Obserwacje i dokładna analiza została wykonana dla koparki jednoczyniowej łyżkowej Volvo EC700C, pracującej

w kopalni skalnej amfibolitu. Maszyna ta podczas prowadzonych badań obsługiwana była przez trzech operatorów. W sumie przeanalizowano 122 cykle załadunku samochodów, na które składało się 771 załadunków łyżki koparki. Czas pracy podczas prowadzonych badań wynosił prawie 10 godzin, a sam załadunek stanowił 54 % wszystkich wykonywanych przez koparkę czynności (rys. 1). Koparka była wyposażona w łyżkę podsiębierną o pojemności 4,6 m³. Średnio na jedno 40 tonowe wozidło przypadało 6 łyżek urobku, a średnia wydajność koparki wyniosła 680,4 Mg/godz.

3.1. Analiza cykli procesu załadunku

Podczas wykonywania analizy czasu pracy koparki skupiono się na przedstawieniu i scharakteryzowaniu czynności składających się na załadunek oraz na czynnościach dodatkowych, towarzyszących przy załadunku wozidła przez koparkę (tabl. 1). Analizowana koparka jest podsiębierna dlatego też, załadunek wykonywany jest z uprzednio usypanego materiału skalnego [1], co wiąże się ze stratami czasu pracy związanymi z jego wykonaniem i późniejszym przemieszczaniem się maszyn. Analiza miała na celu także określenie czynności wpływających na pogorszenie efektywności czasu pracy oraz wyeliminowania „złych” praktyk i nawyków. Wyniki wykonanej analizy przedstawia tablica 1, są to wartości średnie uzyskane przez każdego operatora.

Wszystkie czynności zostały pomierzone z użyciem stopera ręcznego. Następnie zsumowano czasy poszczególnych czynności i obliczono średnie wartości poprzez podzielenie zsumowanego czasu przez liczbę wykonanych pomiarów.



Rys. 1. Udział procentowy czynności wykonywanych przez koparkę jednoczyniową podczas załadunku urobku na samochody [7]

Fig. 1. Percentage share of activities performed by a single-bucket excavator during loading of trucks [7]

Tablica 1. Czynności wykonywane przez operatorów koparek

Table 1. Activities performed by operators of the excavators

Operator	Czas wykonywania czynności, sekundy							Liczba pomiarów
	podstawowe	towarzyszące podczas załadunku						
	załadunek	manewrowanie wozidła	oczekiwanie na wozidło	zmiana miejsca pracy	przygotowanie urobku do załadunku	oddzielanie bloków (nadgabarytów)	postój	
1	163	10	25	2	75	1	4	59
2	151	10	55	2	84	2	7	37
3	161	8	40	6	54	5	12	26

Ponieważ każdy z operatorów podczas przeprowadzanej analizy wykonał różną liczbę cykli, do celów porównawczych oparto się na wartościach średnich przez nich uzyskanych. W celu zobrazowania analizy ich pracy wykonano wykres obrazujący średni czas wykonywanych przez nich czynności (rys. 2). Na rysunku tym przedstawiona została analiza statystyczna wykonywanych pomiarów. Większość czynności dodatkowych jest losowa i występuje zwykle przypadkowo. Stałą czynnością jest oczekiwanie na wozidło, którego czas zależy od liczby współpracujących wozideł, a także przygotowanie urobku do załadunku. Wykres ten nie uwzględnia postojów koparki z uwagi na losowość występowania zdarzeń, które miały na nie wpływ. Ich naniesienie istotnie wpływa na zmniejszenie czytelności rysunku 2, z uwagi na znaczne rozciągnięcie skali czasu. Z uzyskanych pomiarów wynika, iż postoje w najmniej korzystnym przypadku wynoszą nawet kilkanaście minut.

Wszyscy operatorzy po opuszczeniu przez wozidło miejsca załadunku mieli czas na przygotowanie urobku do załadunku, oddzielanie bloków nadgabarytów i przestawianie się. Podczas manewrowania wozidła koparka wyczekiwała z łyżką napełnioną urobkiem, podniesioną w celu wyładunku. W ten sposób operator dawał sygnał dźwiękowy kierowcy informujący o momencie zatrzymania się wozidła. Wiedząc, że operatorzy wykonywali około 6 cykli na załadunek jednego samochodu otrzymujemy średni wynik jednego cyklu na poziomie 27 sekund. Również czas manewrowania wozidła oscylował w podobnych wartościach – średnio 10 sekund. Niższy czas w przypadku Operatora 3. mógłby wskazywać na bardziej doświadczonego kierowcę wozidła lub lepiej przygotowane stanowisko do załadunku. Czas oczekiwania na wozidło związany jest głównie z liczbą samochodów przypisanych do załadunku oraz z doświadczeniem kierowców. W naszym przypadku podczas wykonywanych badań do Operatora 1. i 3. podjeżdżały głównie 3 wozidła, natomiast do Operatora 2. – głównie 2.

Czas przestawiania się i oddzielania nadgabarytów zależy w głównej mierze od przygotowania stanowiska pracy, a także od ładowanego materiału. Postój maszyny występował

głównie podczas rozpoczęcia i zakończenia pracy, natomiast przygotowanie urobku do załadunku odbywało się kiedy operator czekał na wozidło.

Analiza danych pozwala zauważyć, iż wartości losowe w przypadku Operatora 1. i 2. są najbardziej powtarzalne – najczęściej wartości oscyluje wokół wartości przeciętnych. Jak widać średni czas załadunku Operatora 2. był najkrótszy i rozrzut uzyskiwanych przez niego czasów był najmniejszy. Można zatem stwierdzić, że Operator ten jest najlepiej zorganizowany spośród analizowanych, z uwagi na najniższy czas załadunku wozideł, a także najlepsze gospodarowanie czasem podczas gdy nie był prowadzony załadunek. Ponadto wykonując szybciej załadunek, zyskiwał więcej czasu na przygotowanie sobie urobku, dzięki temu rzadziej też zmieniał miejsce.

3.2. Analiza wydajności

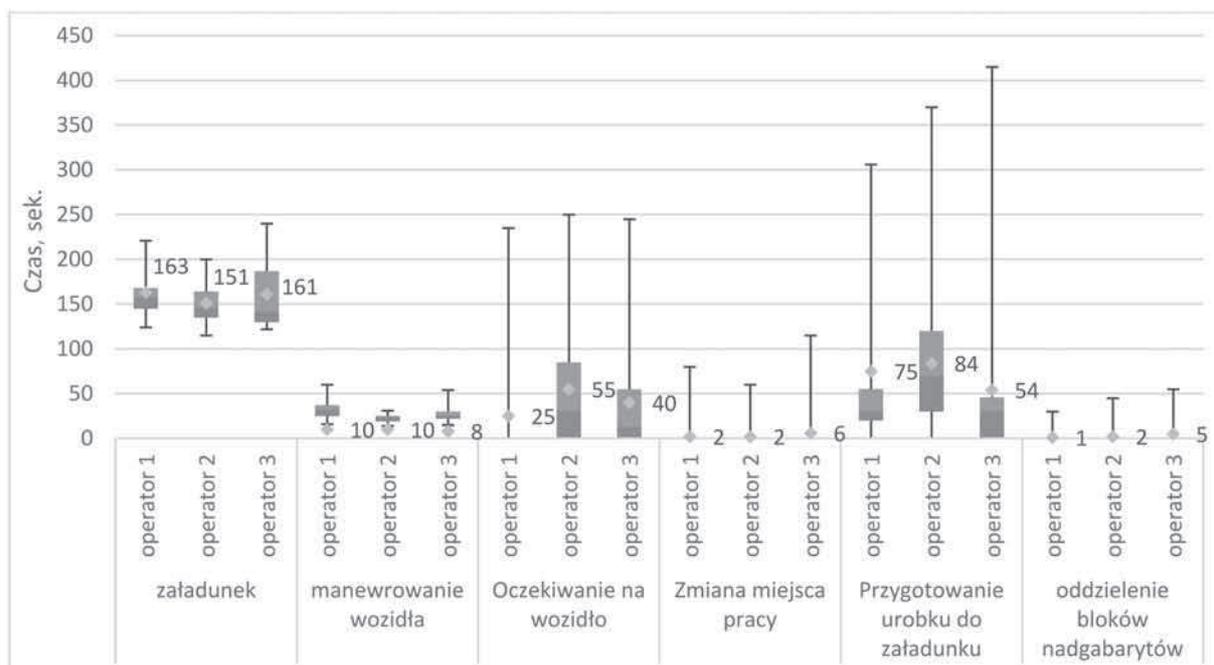
Analiza wydajnościowa wykonana była dla czterech grup pracy (rys. 3). Wszystkich operatorów porównano pod kątem:

- samego załadunku – Z1,
- załadunku z manewrowaniem wozidła – Z2,
- załadunku z przestawianiem się i oddzieleniem nadgabarytów (Z3) oraz
- załadunku z wszystkimi czynnościami towarzyszącymi (Z4) – wydajność całego układu.

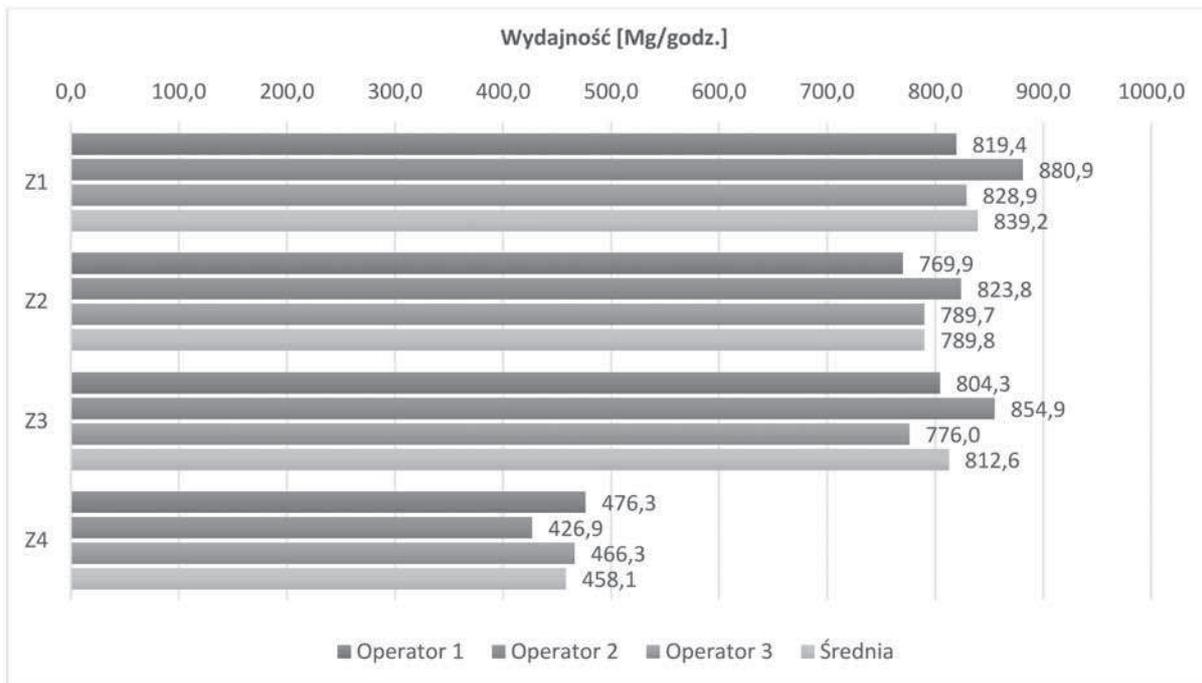
Do obliczeń przyjęto całkowity czas wykonywanych poszczególnych czynności podczas badań.

Najniższy czas załadunku Operatora 2. pozwala na uzyskanie najwyższej wydajności samego załadunku (880,9 Mg/godz.), jak i załadunku wraz z manewrowaniem wozidła (823,8 Mg/godz.). Dla porównania średnia wydajność wynosi odpowiednio prawie 840 i 790 Mg/godz. Pozostali operatorzy pracują na podobnym poziomie, przy czym korzystniejszy wyniki uzyskał Operator 3. Średnia wydajność załadunku wraz z pracami przygotowawczymi wyniosła niecałe 813 Mg/godz., gdzie najwyższą wydajność uzyskał Operator 2., natomiast najniższą – Operator 3.

Uwzględnienie wszystkich elementów cyklu daje nam prawie dwukrotnie mniejsze wskaźniki wydajności całego



Rys. 2. Graficzne zestawienie losowości czasów uzyskiwanych przez poszczególnych operatorów koparek
Fig. 2. Graphical comparison of the randomness of the times achieved by particular operators of the excavators



Rys. 3. Wydajność załadunku w zależności od zakresu wykonywanych czynności

Fig. 3. Productivity of loading depending on the range of performed activities

układu na poziomie 458,1 Mg/godz., przy czym Operator 2. osiągnął najniższą wydajność, która wyniosła zaledwie 427Mg/godz. Niższą wydajność wiąże się z mniejszą liczbą współpracujących wozideł, czyli dłuższym czasem oczekiwania na wyładunek. Do pozostałych operatorów w czasie ich pracy podjeżdżały 3 wozidła (jedno więcej niż w przypadku Operatora 2.). Dlatego też czas oczekiwania na nie był mniejszy. Operator 1. czekał najkrócej na wozidła, dzięki czemu uzyskał najwyższą wydajność – 476,3 Mg/godz.

4. Analiza efektywności wykorzystania czasu pracy jednonaczyniowych ładowarek łyżkowych

Obserwacje i późniejsza analiza procesu załadunku ładowarkami łyżkowymi prowadzona była w żwirowni eksploatującej złożo o wysokim punkcie piaskowym. Przeanalizowano prace dwóch ładowarek firmy Volvo – 180F i 220E. Technologia wydobywania kopaliny w żwirowni polega na urabianiu ściany eksploatacyjnej za pomocą ładowarek kołowych, które po urobieniu transportują urobek na kosz zasypowy znajdujący się nad przenośnikiem taśmowym (rys. 4).



Rys. 4. Załadunek kruszywa piaskowo-żwirowego na kosz zasypowy [Fot. Michał Patyk]

Fig. 4. Loading of sand and gravel aggregates on the charging hopper [Photo Michał Patyk]

4.1. Analiza procesu załadunku

Podczas prowadzonych obserwacji analizowano pracę dwóch ładowarek. Analiza ta skupiała się głównie na przedstawieniu rodzaju manewrów oraz określeniu czasu wykonywania załadunku z podziałem na odpowiednie czynności (rys. 5).

Technologia pracy ładowarki różni się od pracy koparki przede wszystkim koniecznością ciągłej zmiany pozycji [1]. Ładowarka podczas załadunku musi wykonać manewry – z miejsca załadunku do ściany i z powrotem. Wraz ze wzrostem odległości od urabianej ściany do miejsca załadunku zmienia się długość manewru, a także proporcjonalnie zwiększa się czas całego cyklu. Szybkość, a także dokładność wykonywanych manewrów będzie przekładać się na wydajność oraz ekonomiczność całego układu. Przykładowo w trakcie jednego cyklu, sama faza manewrowania ładowarką zajmuje około 82 % całego czasu załadunku (rys. 5).

Podczas prowadzonych obserwacji obie ładowarki użytkowane były przez tych samych operatorów. Wyniki analizy przedstawia tablica 2.

Przedstawione w tablica 2 wartości są średnimi uzyskanymi przez poszczególnych operatorów. Średnie te zostały obliczone na podstawie następującego wzoru:

$$\text{Średni czas} = \frac{T}{n}$$

gdzie:

T – suma czasów całkowitych operatora A i B, sek.,

n – liczba cykli wykonanych przez operatora A i B, szt.

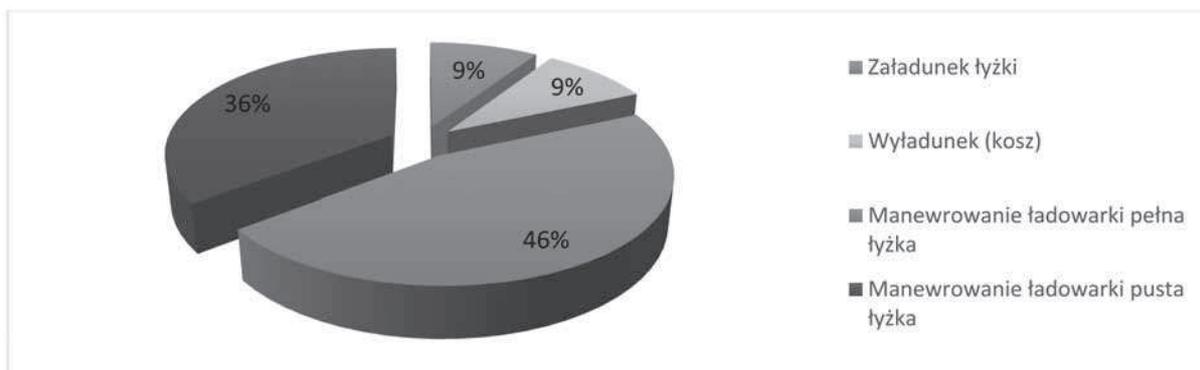
Na podstawie przeprowadzonej analizy można zauważyć, iż średni czas załadunku wyniósł 52,55 sekundy (dla Volvo

220E – 52,4 sekundy, a dla 180F – 52,7 sekundy), przy czym czasy cyklu operatorów podczas pracy na ładowarce 220E były mniej zróżnicowane.

Szczegółową prezentację graficzną pomiarów przedstawia rysunek 6. Na jego podstawie można zauważyć, iż czynności takie jak załadunek oraz wyładunek łyżki są czynnościami powtarzalnymi. Tylko w przypadku Operatora A pracującego na ładowarce 180F można zaobserwować większą rozbieżność podczas wyładunku na kosz zasypowy. W przypadku czynności takich jak manewrowanie rozbieżności uzyskanych wyników są większe. Wynika to głównie z różnych pokonywanych odległości, a także ze sposobu wykonywania danego manewru. Czas cyklu, czyli suma poszczególnych, wcześniej opisanych, czynności jest podobny w przypadku każdego operatora.

Najmniejszą rozbieżnością uzyskanych czasów cyklu charakteryzuje się Operator A pracujący na ładowarce 220E. Operator ten podczas pracy na ładowarce 180F uzyskał także najniższy czas średni. Jednak w przypadku tej ładowarki rozbieżności czasowe wykonywanych cykli są największe. Operator B lepiej radził sobie na większej ładowarce 220E, z czego wynikają: krótszy czas cyklu oraz mniejsza rozbieżność otrzymanych wyników wszystkich cykli. Uzyskiwane przez niego czasy cykli pracy na ładowarce 180F trwały najdłużej, także przy znacznej rozbieżności czasowej.

Na podstawie rysunku 6 można ponadto stwierdzić, iż Operator A najefektywniej pracuje na ładowarce 180F natomiast najbardziej zbliżone do wartości przeciętnej czasu uzyskuje na ładowarce 220E. Praca Operatora B charakteryzuje się podobnymi rozbieżnościami czasowymi z uwzględnieniem korzyści dla większej ładowarki.



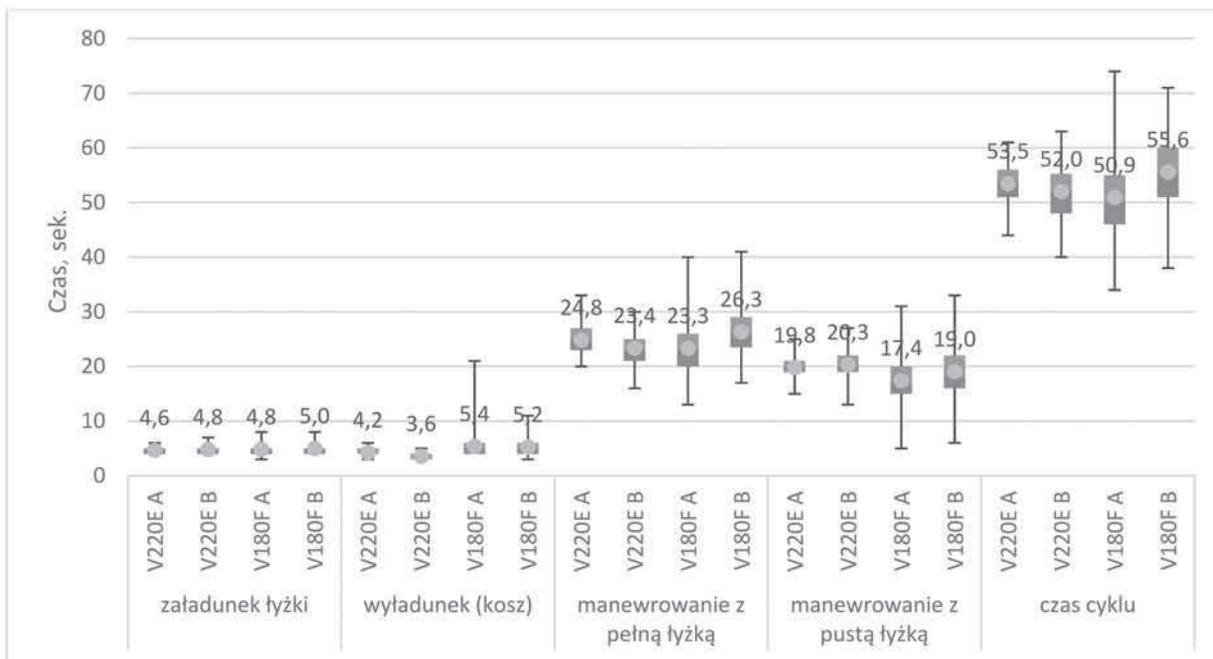
Rys. 5. Udział procentowy czynności składających się na jeden cykl pracy ładowarki podczas załadunku [7]

Fig. 5. Percentage share of actions making one cycle of wheel loader while loading [7]

Tablica 2. Czasy podstawowych czynności osiągniętych przez poszczególnych operatorów maszyn podczas załadunku

Table 2. Times of basic activities achieved by particular operators of machines during loading

Maszyna/operator	Czas wykonywanej operacji [sekundy]					Liczba cykli
	Załadunek łyżki	Wyładunek (kosz)	Manewrowanie ładowarki		Cykl średni	
			pełna łyżka	pusta łyżka		
220E A	4,6	4,2	24,8	19,8	53,4	61
220E B	4,8	3,6	23,4	20,3	52,1	132
220E średnia	4,7	3,8	23,8	20,1	52,4	193
180F A	4,8	5,4	23,3	17,4	50,9	270
180F B	5,0	5,2	26,3	19,0	55,6	171
180F średnia	4,9	5,3	24,5	18,0	52,7	441
Średnia	4,8	4,9	24,3	18,7	52,55	619



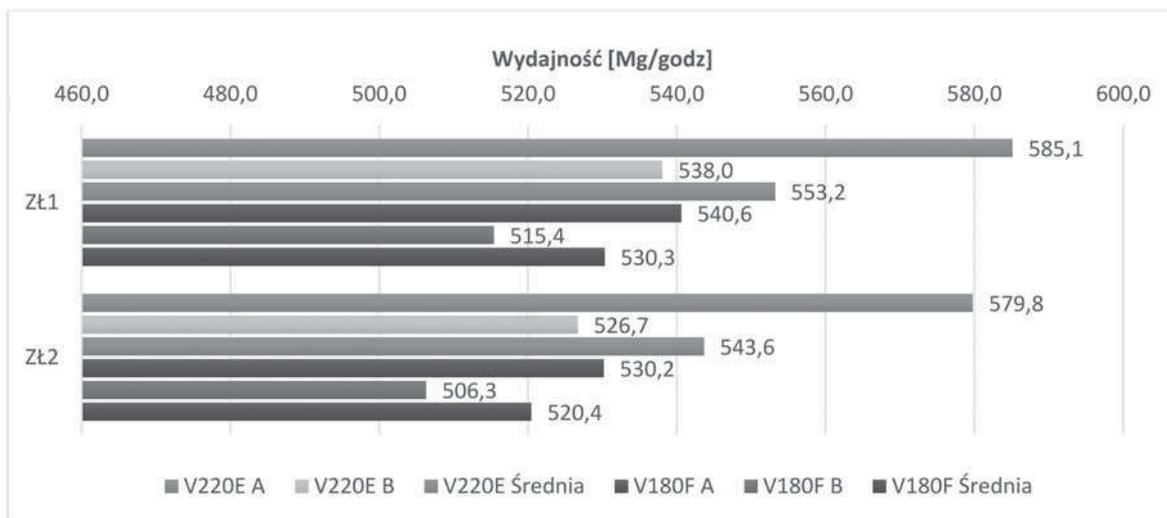
Rys. 6. Graficzne zestawienie losowości czasów uzyskiwanych przez poszczególnych operatorów ładowarek
 Fig. 6. Graphical comparison of the randomness of the times achieved by particular operators of the wheel loaders

Uzyskane czasy średnie prezentujące poszczególne czynności pokazują, iż załadunek i wyładunek łyżki nie ma większego znaczenia podczas porównywania umiejętności czy charakteru operatorów. Łączny czas tych czynności stanowi zaledwie 18 % całego czasu załadunku, a różnica pomiędzy operatorami, jak i użytkowanymi maszynami, nie jest znaczna. Wprawdzie czas wyładunku łyżki na kosz jest bardziej zróżnicowany, w porównaniu do załadunku łyżki, jednak wynika to głównie z dokładności wykonywanej czynności. Długość czasu manewrowania z pełną łyżką, czyli manewr ładowarką od ściany w kierunku kosza zasypowego, w większości jest wartością niewiele odbiegającą od średniej. Tylko Operator B, pracujący na ładowarce 180F uzyskał nieznacznie gorszy wynik w stosunku do pozostałych przez co osiągnął najdłuższy czas manewrowania. Czas manewrowania z łyżką pustą, czyli manewr z kosza zasypowego w kierunku ściany, jest bardziej

zróżnicowany. Jest także mniej czasochłonny i najszybciej wykonywany był przez Operatora A pracującego na ładowarce 180F. Oczywiście jest fakt, że na osiągane wyniki eksploatacyjne ma wpływ nie tylko praca operatora, ale również sama maszyna, a przede wszystkim jej gabaryty. Im ładowarka ma większą masę, tym zazwyczaj posiada większą łyżkę i uzyskuje nieznacznie gorsze czasy pojedynczego cyklu.

4.2. Analiza wydajności analizowanych ładowarek

Na podstawie określonych czasów cykli (czas wszystkich cykli dla konkretnego załadunku) oraz ilości wydobytej/urobionej kopaliny, obliczono wydajność konkretnych układów (rys. 7). Wydajność ta obliczona została dla samego czasu załadunku ZŁ1 oraz dla załadunku i czynności jemu towarzyszących ZŁ2.



Rys. 7. Wydajność załadunku poszczególnych operatorów ze względu na rodzaj maszyny
 Fig. 7. Performance of loading for particular operators due to the type of the machine

Średnie dla poszczególnych ładowarek zostały obliczone z wagą na liczbę wykonanych pomiarów. Ładowarka 220E, dzięki łyżce o większej pojemności, jest wydajniejsza (różnica 0,6 m³), a największą wydajność w teście, wynoszącą około 580 Mg/godz., dla tej ładowarki osiągnął Operator A.

5. Podsumowanie

Proces załadunku jest zagadnieniem złożonym. Często od wydajności koparki czy ładowarki zależy wydajność całego zakładu górniczego. Jednak operator takiej maszyny jest tylko elementem całego układu lecz czasem czynnikiem decydującym w znacznym stopniu o wydajności. Dlatego w procesie załadunku ważne są nie tylko jego umiejętności, ale także kierowcy samochodów służących do odstawy urobku. Odpowiednie „zgranie” tych dwóch czynników pozwala na osiągnięcie wysokiej wydajności na przodku wydobywczym, czy w całej kopalni.

Podczas prowadzonych badań przeanalizowano łącznie pracę pięciu operatorów maszyn ładujących. Trzech operatorów pracowało na jednej koparce Volvo EC700C, natomiast dwóch pozostałych na dwóch ładowarkach Volvo 180F i 220E. Operator koparki 2. uzyskał najwyższą wydajność (880,9 Mg/godz.) co wynika z uzyskania najniższego czasu załadunku (151 sek.). Operator ten pracuje wydajniej odpowiednio o 7,5 i 6,3% niż Operatorzy koparek 1. i 3. Wydajność pracy pozostałych operatorów oscylowała w okolicach średniej wydajności dla koparki (840 Mg/godz.). W przypadku wydajności całego układu załadunku Operatorzy 1. i 3. uzyskali wyższe wyniki niż Operator 2. Powodem niższej wydajności była współpraca z dwoma, a nie z trzema samochodami.

Operator A pracujący na obu ładowarkach wykonywał dłuższe trwające cykle, jednak robił to bardziej dokładnie, przez co wydobył i przetransportował o 8,8% więcej materiału niż Operator B na ładowarce 220E i 4,7% na 180F. Średnio na jeden cykl Operator A transportował 8,0 Mg ładowarka 180F i 9,0 Mg – 220E, a Operator B odpowiednio 6,5 i 8,0 Mg. Operator A średnio, na jeden cykl transportował 1,0 Mg więcej materiału niż Operator B. Różnica w uzyskanych wydajnościach wynosiła 53,0 Mg/godz. dla ładowarki 220E i 24,0 Mg/godz. dla 180F. Dzięki wyższej wydajności, dokładniejszej pracy pozwalającej przewieźć i urobić więcej materiału można poniekąd stwierdzić, że Operator A jest efektywniejszym pracownikiem.

Dobrze przygotowane miejsce prac załadunkowych pozwala na skrócenie niektórych czynności dodatkowych, towarzyszących temu procesowi. Dobra organizacja podczas wykonywania pracy oraz racjonalne dysponowanie czasem wolnym, w którym nie jest prowadzony załadunek, pozwala na wykonanie bezpiecznego wydobycia oraz zaoszczędzenie czasu na czynności dodatkowe w jego trakcie. Czynności te między innymi oddzielanie nadgabarytów oraz przesuwanie/

przestawianie się maszyny na dalsze fragmenty złoża lub usypanego materiału. Czynności te korzystniej jest wykonywać przed lub po załadunku.

Dobra organizacja stanowiska pracy pozwala na osiągnięcie wysokich, zadowalających wyników. Jednak efekt ten najczęściej przychodzi z wiekiem, ze stażem pracy i zdobywanym doświadczeniem. Analiza okresowa pracowników posłużyć może poprawieniu bezpieczeństwa pracy, wydajności i efektywności. Na podstawie licznych obserwacji można wskazać lepszych i gorszych pracowników, jednak celem analizy nie jest wytykanie błędów, lecz pokazywanie rozwiązań i pomoc pracownikom słabiej radzącym sobie z danymi etapami podczas załadunku, co miało miejsce w analizowanych kopalniach.

Duże różnice w czasie wykonywania tej samej czynności mogą świadczyć o trudnościach w jej realizacji (np. zróżnicowanie brył, gorsze warunki pogodowe itp.), ale też mogą wskazywać na brak doświadczenia operatora, jeśli w tych samych warunkach inni mieli mniejszy rozrzut czasów.

Praca finansowana z pracy statutowej nr 11.11.100.597

Literatura

1. *Bodziony P., Bęben A., Kasztelewicz Zb.*: Problematyka eksploatacji maszyn ładujących w górnictwie odkrywkowym – skalnym. *Przegląd Górniczy*, pp. 90÷94, 10 2014.
2. *Brown C.*: Autonomous Vehicle Technology in Mining. *Engineering & Mining Journal*, January 2012
3. *Filla R.*: Operator and Machine Models for Dynamic Simulation of Construction Machinery, LIN-KÖPING STUDIES IN SCIENCE AND TECHNOLOGY, THESIS NO. 1189, LINKÖPING 2005, Sweden
4. *Grad P.S.*: Running with Robotics. *Engineering & Mining Journal*, Jan/ Feb 2010
5. *Kozioł W., Borcz A., Patyk M.*: Analiza koparek jednonaczyniowych i ładowarek łyżkowych w aspekcie ich automatyzacji. *Przegląd Górniczy*, pp. 95÷99, 10 2014.
6. *Machniak Ł., Borcz A.*: Rola i zastosowanie nowoczesnych systemów dyspozytorskich w odkrywkowych kopalniach surowców skalnych. *Przegląd Górniczy*, pp. 59÷67, 12 2013.
7. *Patyk M.*: Analiza pracy jednonaczyniowych koparek i ładowarek w kopalniach surowców skalnych. (Praca dyplomowa niepublikowana), 2013.
8. *Sakaida Y., Chugo D., Yamamoto H., Asama H.*: The Analysis of Excavator Operation by Skillful Operator - Extraction of common skills. *SICE Annual Conference 2008*, August 20-22, 2008, The University Electro-Communications, Japan
9. *Sarata S., Weeramhaeng Y., Tsubouchi T.*: Planning of scooping position and approach path for loading operation by wheel loader. *22nd International Symposium on Automation and Robotics in Construction, ISARC 2005 – September 11÷14, 2005, Ferrara (Italy)*
10. <http://www.volvo.com>