

## Ocena wydajności wybranej grupy ładowarek i wozów odstawczych pracujących w warunkach kopalń KGHM

**Streszczenie:** Urządzeniami przeznaczonymi do mechanicznego ładowania i odstawy urobku nawet na znaczne odległości są ładowarki i wozy odstawcze. Te samojezdne maszyny charakteryzują się stosunkowo dużą prędkością jazdy i łatwym manewrowaniem w ograniczonej przestrzeni podziemnych korytarzy. Podstawowymi parametrami porównawczymi przy wyborze ładowarek i wozów odstawczych są wydajność teoretyczna i techniczna. Najkorzystniejsze charakterystyki wydajnościowe są osiągnięte na krótkiej drodze transportowania urobku, wynoszącej do 200 m, z czego wynika, że należy umieszczać środki transportu możliwie blisko przodka wyrobiska.

**Słowa kluczowe:** górnictwo podziemne, transport, wydajność, ładowarki, wozy odstawcze.

### **Capacity assessment of selected group loaders and mine trucks operating in KGHM mining conditions**

**Summary:** Facilities for the mechanical loading and haulage, even at long distance are the loaders and mine trucks. These self-propelled machines are characterized by relatively high speed and easy riding in tight spaces underground corridors. The main parameters in selecting the loaders and mine trucks are the theoretical and technical productivity. The most favorable productivity characteristics are archived in a short way of transporting the minerals, coming to 200 meters. This implies that the underground truck should be placed as close the excavation as it possible.

**Keywords:** underground mining, transport, productivity, loaders, mine trucks.

## 1. Wprowadzenie

Górnictwo w XX w. przeszło gwałtowny rozwój zarówno w Polsce, jak i na świecie. Spod powierzchni ziemi wydobywa się coraz większe ilości zasobów naturalnych i żeby sprostać popytowi gospodarki światowej na surowce, zastępuje się pracę rąk ludzkich pracą maszyn. Nieustanny postęp technologiczny stwarza możliwości wydobycia surowców z coraz mniej dostępnych obszarów i pokładów. Kopalnie, chcąc działać efektywnie oraz sprostać wymaganiom cenowym konkurencji, muszą albo inwestować w nowe trudno dostępne złoża, albo prowadzić eksploatację głębiej w istniejących kopalniach. Uzyskuje się to najczęściej poprzez wprowadzanie coraz to nowocześniejszego parku maszynowego [1].

W Polsce wydobycie rudy miedzi odbywa się drogą eksploatacji podziemnej. Wydobycie rudy miedzi realizowane jest na coraz większych głębokościach, niestety wraz ze wzrostem głębokości rośnie temperatura. W obecnie eksploatowanych najgłębszych wyrobiskach osiąga ona często nawet ponad 30°C.

W kopalniach KGHM urabianie kopalin jest realizowane za pomocą materiałów wybuchowych. Ładowarki łyżkowe są pierwszym ogniwem transportowym kopalni. W procesie wydobycia wykorzystywane są najczęściej do załadunku urobku na wozy odstawcze. Są samojezdnymi maszynami cechującymi się stosunkowo dużą prędkością jazdy, łatwo nimi manewrować w ograniczonej przestrzeni wyrobisk górniczych. Mogą pracować w trudnych specyficznych warunkach kopalnianych, gdzie występuje wysoka temperatura i duże pochylenie spągu, które może wynosić nawet 30%.

## 2. Sprecyzowanie założeń obliczeniowego modelu pracy analizowanych wozów odstawczych

Analiza technologii pracy wozu odstawczego wskazuje, że jego wydajność jest w dużym zakresie zależna nie tylko od parametrów technicznych samego wozu odstawczego, ale w również od technologii i parametrów technicznych ładowarki, która ten wóz obsługuje.

Na czas  $T_C$  cyklu pracy wozu odstawczego (1) składają się:

- czas załadunku wozu związany bezpośrednio z niepełnym czasem  $N$  cykli pracy ładowarki  $T_L$ ,
- czas jazdy tam i z powrotem do miejsca wyładunku oraz czas wyładowania wozu  $T_{WO}$ ,

$$T_C = (N_L - 1)T_L + T_{WO} \quad (1)$$

gdzie:

$N_L$  – liczba rzeczywistych cykli pracy ładowarki podczas załadunku wozu odstawczego.

Czas cyklu wozu odstawczego zaczynamy liczyć od momentu jego podjazdu do punktu załadowczego z oczekującą ładowarką a kończymy z chwilą zakończenia ostatniego załadunku.

### **2.1. Podstawowe czynniki mające wpływ na wydajność ładowarki pracującej pod ziemią**

Do podstawowych czynników mających wpływ na wydajność ładowarki należą:

- długość trasy, którą pokonuje ładowarka od miejsca załadunku do miejsca wyładunku, czyli jadąc z pełną łyżką,
- długość trasy, którą pokonuje ładowarka od miejsca wyładunku do miejsca załadunku, czyli jadąc z pustą łyżką,
- nachylenie wymienionych tras, które pokonuje ładowarka, jadąc z łyżką pełną oraz z łyżką pustą,
- parametry techniczno-ruchowe ładowarki, na które składają się:
  - typ i rodzaj ładowarki,
  - charakterystyka układu napędowego mechanizmu jazdy ładowarki,
  - charakterystyka układu roboczego ładowarki.

### **2.2. Podstawowe czynniki mające wpływ na wydajność wozu odstawczego pracującego pod ziemią**

Do podstawowych czynników mających wpływ na wydajność wozu odstawczego należą:

- długość trasy, którą pokonuje wóz od miejsca załadunku do miejsca wyładunku, jadąc z pełną skrzynią,
- długość trasy, którą pokonuje wóz od miejsca wyładunku do miejsca załadunku, jadąc z pustą skrzynią,
- nachylenie wymienionych tras, które pokonuje wóz odstawczy, jadąc z pełną oraz pustą skrzynią,
- czas oczekiwania na pełny załadunek,
- parametry techniczno-ruchowe wozu, na które składają się:
  - typ i rodzaj wozu,
  - charakterystyka układu napędowego mechanizmu jazdy wozu,
  - charakterystyka układu roboczego wozu,
  - wyszkolenie operatora.

### **2.3. Nachylenia trasy, po której przemieszczają się ładowarki oraz wozy odstawcze**

Do obliczeń porównawczych dla wybranych zestawów ładowarka–wóz odstawczy przyjęto nachylenie trasy równe 0°.

### 3. Dobór rzeczywistego układu transportowego: ładowarka–wóz odstawczy (szufladowy)

Przyjęto, że wszystkie analizowane wozy odstawcze szufladowe współpracują z jedną ładowarką, od której odbierają urobek. Analizowane wozy odstawcze charakteryzują się następującymi pojemnościami skrzyń [2–10]:

CB4P-24K – 13,5 m<sup>3</sup>,

CB4-24TB – 13,5 m<sup>3</sup>,

CB4P-CK – 11,1 m<sup>3</sup>,

CB4-20TB – 11,0 m<sup>3</sup>.

Poniżej zestawiono pojemności łyżek ładowarek [11–15], z którymi z technicznego punktu widzenia mogą współpracować wozy odstawcze (typ – pojemność łyżki):

LKP-0403 D – 2,0 m<sup>3</sup>,

LKP-1601 B – 8,5 m<sup>3</sup>,

LKP-0900 B – 3,8 m<sup>3</sup>,

LKP-0805 C – 3,5 m<sup>3</sup>,

LKP-0903 – 4,5 m<sup>3</sup>.

Aby wydajność układu ładowarka–wóz odstawczy była optymalna, należy odpowiednio skojarzyć pojemność wozu odstawczego z minimalną wielokrotnością pojemności łyżki ładowarki (2). Taki układ gwarantuje możliwie małą liczbę załadowań ładowarką wozu odstawczego, w tym przypadku równą 3 (w kopalniach odkrywkowych ta liczba dochodzi nawet do 2).

$$V_{wo} = 3 \times V_{\ell} \quad (2)$$

gdzie:

$V_{\ell}$  – pojemność łyżki ładowarki,

$V_{wo}$  – pojemność wozu odstawczego.

Mała liczba załadowań gwarantuje możliwie krótki martwy czas oczekiwania przez operatora wozu odstawczego na pełny załadunek skrzyni przez ładowarkę.

Oto pary wóz odstawczy–ładowarka:

CB4P-24K (13,5 m<sup>3</sup>) + ładowarka LKP-0903 (4,5 m<sup>3</sup>),

CB4-24TB (13,5 m<sup>3</sup>) + ładowarka LKP-0903 (4,5 m<sup>3</sup>),

CB4-PCK (11,1 m<sup>3</sup>) + ładowarka LKP-0805 (3,5 m<sup>3</sup>),

CB4-20TB (11,0 m<sup>3</sup>) + ładowarka LKP-0805 (3,5 m<sup>3</sup>).

## 4. Określenie czasów cząstkowych związanych z pracą ładowarki od załadunku do rozładunku urobku

Sumaryczny czas pomocniczych operacji cząstkowych podczas pracy ładowarki można określić wg relacji (1) jako

$$t_{c\text{Ł}} = t_{1\text{Ł}} + t_{2\text{Ł}} + t_{3\text{Ł}} + t_{5\text{Ł}} + t_{6\text{Ł}} + t_{7\text{Ł}} + t_{8\text{Ł}} + t_{9\text{Ł}} + t_{11\text{Ł}} \quad (3)$$

Do ww. czasów cząstkowych należą:

- $t_{1\text{Ł}}$  – czas zmiany kierunku jazdy tył  $\rightarrow$  przód, czas dostawienia ładowarki do załadunku w s,
- $t_{2\text{Ł}}$  – czas załadunku łyżki w s,
- $t_{3\text{Ł}}$  – czas wycofania ładowarki z przodka oraz czas obrotu łyżki pełnej do pozycji transportowej w s,
- $t_{5\text{Ł}}$  – czas zmiany kierunku jazdy tył  $\rightarrow$  przód, czas dostawienia ładowarki do wyładunku w s,
- $t_{6\text{Ł}}$  – czas podnoszenia łyżki w s,
- $t_{7\text{Ł}}$  – czas opróżniania łyżki (obrót) w s,
- $t_{8\text{Ł}}$  – czas opuszczania łyżki w s,
- $t_{9\text{Ł}}$  – czas wycofania ładowarki, czas zamknięcia pustej łyżki (obrót) w s,
- $t_{11\text{Ł}}$  – suma czasów pomocniczych składających się na manualne operacje dźwigniami wykonywane przez operatora w s.

Czasy  $t_{2\text{Ł}}$ ,  $t_{3\text{Ł}}$ ,  $t_{6\text{Ł}}$ ,  $t_{7\text{Ł}}$ ,  $t_{8\text{Ł}}$  oraz  $t_{9\text{Ł}}$  są danymi technologicznymi ładowarki i o ile jest to możliwe, są podawane jako dane konstrukcyjne maszyny w ofercie. W powyższej specyfikacji znajdują się czasy  $t_{1\text{Ł}}$  oraz  $t_{5\text{Ł}}$ , w których zawiera się czas związany ze zmianą kierunku jazdy ładowarki. Wynika to z faktu, że podczas jazdy – zarówno z pełną, jak i pustą łyżką – ładowarka porusza się po podziemnym wyrobisku tyłem, o ile miejsce wysypu znajduje się w znacznej odległości. Jest to związane z lepszym polem widzenia operatora. Gdy punkt odbioru urobku jest blisko miejsca załadunku łyżki, nie stosuje się specjalnego nawrotu maszyny. W analizie można przyjąć, że  $t_{1\text{Ł}} = t_{5\text{Ł}}$  oraz  $t_{3\text{Ł}} = t_{9\text{Ł}}$ .

Czasy  $t_{4\text{Ł}}$  oraz  $t_{10\text{Ł}}$  związane są z jazdą ładowarki i mogą być określone za pomocą relacji (4) i (5):

$$t_{4\text{Ł}} = \frac{L_{\text{Łu}}}{V_{\text{Łu}}}, \quad (4)$$

$$t_{10\text{Ł}} = \frac{L_{\text{Łp}}}{V_{\text{Łp}}}, \quad (5)$$

gdzie odpowiednio:

$L_{\text{Łu}}$  – droga jazdy ładowarki z urobkiem w m,

$L_{\text{Łp}}$  – droga jazdy ładowarki bez urobku w m,

$V_{\text{Łu}}$  – prędkość jazdy ładowarki z urobkiem (wg tablic producenta) w m/s,

$V_{\text{Łp}}$  – prędkość jazdy ładowarki z pustą łyżką (wg tablic producenta) w m/s.

W praktyce często drogi jazdy z urobkiem i bez urobku najczęściej są sobie równe  $L_{Lu} = L_{Lp}$ , a także równe są niekiedy prędkości jazdy (wg zaleceń producentów)  $V_{Lu} = V_{Lp}$ . Czas  $t_{1L}$  opuszczania, obrotu i dostawiania łyżki do przyzmy urobku jest zależny zarówno od cech konstrukcyjnych maszyny, jak i od wyszkolenia operatora. Czas  $t_{2L}$  napełniania łyżki jest funkcją cech charakteryzujących ładowany do łyżki urobek. Czas ten związany jest z naporem całej maszyny, czyli czasem pracy zmiennika momentu przy jego kinematycznym poślizgu  $i_K = 0$ , ale maksymalnym przełożeniu dynamicznym. W czasie tym jest całkowicie zamieniana praca silnika na ciepło oleju. Stąd producenci wręcz nakazują, aby czas pracy napełniania łyżki nie przekraczał 10 s. Oznacza to, że operator ładowarki musi zwracać baczną uwagę na tę czynność. Czasy  $t_{3L}$ ,  $t_{5L}$ ,  $t_{6L}$ ,  $t_{7L}$  oraz  $t_{8L}$  są czasami związanymi z konstrukcyjnymi cechami ładowarki. Można przyjąć (o ile jest to podane), że  $t_{3L} = t_{8L}$ .

## 5. Określenie czasów cząstkowych związanych z pracą wozu odstawczego podczas załadunku i rozładunku urobku

Sumaryczny czas  $t_{cwo}$  pomocniczych operacji cząstkowych podczas pracy wozu odstawczego można określić wg relacji (6) jako

$$t_{cwo} = t_{1wo} + t_{2wo} + t_{3wo} + t_{5wo} + t_{6wo} \quad (6)$$

Do ww. czasów cząstkowych należą:

- $t_{1wo}$  – czas manewrowania wozu odstawczego w miejscu wysypu urobku w s,
- $t_{2wo}$  – czas otwarcia klapy w s,
- $t_{3wo}$  – czas wysuwania skrzyni ruchomej ze ścianką w s,
- $t_{4wo}$  – czas powrotu skrzyni ruchomej ze ścianką w s,
- $t_{5wo}$  – czas zamknięcia klapy w s,
- $t_{6wo}$  – czas manewrowania wozu odstawczego w miejscu odbioru urobku w s.

Czasy  $t_{2wo}$ ,  $t_{3wo}$ ,  $t_{4wo}$ ,  $t_{5wo}$  są danymi technologicznymi wozu odstawczego i są podawane jako dane konstrukcyjne w ofercie. W specyfikacji podawany jest czas  $t_{1wo}$  związany ze zmianą kierunku jazdy wozu odstawczego. Wynika to z faktu, że podczas jazdy zarówno z pełną, jak i pustą skrzynią wóz porusza się przodem, zaś punkty urobku lub przekazania urobku wymagają ponownego ustawienia się przy nich tyłem.

Czasy  $t_{7wo}$  oraz  $t_{8wo}$  związane są z jazdą wozu odstawczego i mogą być określone za pomocą relacji (7) i (8):

$$t_{7wo} = \frac{L_{wou}}{V_{wou}}, \quad (7)$$

$$t_{8wo} = \frac{L_{wop}}{V_{wop}}, \quad (8)$$

gdzie odpowiednio:

$L_{wou}$  – droga jazdy wozu odstawczego z urobkiem w m,

$L_{wop}$  – droga jazdy wozu odstawczego bez urobku w m,

$V_{wou}$  – prędkość jazdy wozu odstawczego z urobkiem (wg tablic producenta) w m/s,

$V_{wop}$  – prędkość jazdy wozu odstawczego z pustą skrzynią (wg tablic producenta) w m/s.

## 6. Określenie i sprecyzowanie form wzorów opisujących wydajność teoretyczną i techniczną każdej z analizowanych ładowarek

Dalej występujący wzór (9) oparty jest na wzorze elementarnym opisującym wydajność teoretyczną ładowarki.

$$Q_{Teor\checkmark} = \frac{3600V_{\checkmark}}{\left[ t_{C\checkmark} + \frac{3600}{1000} \left( \frac{1}{V_{\checkmark}u} + \frac{1}{V_{\checkmark}p} \right) L_{\checkmark} \right]} \frac{m^3}{h}, \quad (9)$$

gdzie:

- $V_{\checkmark}$  – pojemność łyżki ładowarki (wg SAE) w  $m^3$ ,
- $t_{C\checkmark}$  – czasy cząstkowe razem w s,
- $V_{\checkmark}u$  – prędkość jazdy ładowarki z urobkiem w km/h,
- $V_{\checkmark}p$  – prędkość jazdy ładowarki bez urobku w km/h,
- $L_{\checkmark} = L_{\checkmark}p = L_{\checkmark}$  – odległość punktu załadunku urobku do punktu jego wyładowania w m.

Dysponując wydajnością teoretyczną ładowarki, można określić jej wydajność techniczną (10), która wynika z uwzględnienia w wydajności teoretycznej wskaźnika rozluźniania skały  $k_r$ .

$$Q_{Tech\checkmark} = Q_{Teor\checkmark} \frac{1}{k_r}, \quad (10)$$

gdzie:

- $k_r$  – współczynnik rozluźniania ładowanej i transportowanej skały.

## 7. Określenie i sprecyzowanie form wzorów opisujących wydajność teoretyczną i techniczną każdego z analizowanych układów ładowarka – wóz odstawczy

Wykorzystując relacje opisujące czasy cząstkowe związane z pracą ładowarek oraz wozów odstawczych (1-7 i 8), można określić ostatecznie wydajność teoretyczną i techniczną obranego układu transportowego w postaci układu ładowarka-wóz odstawczy.

$$Q_{teorwo} = \frac{3600V_{wo}}{2 \left[ t_{C\checkmark} + \frac{3600}{1000} \left( \frac{1}{V_{\checkmark}u} + \frac{1}{V_{\checkmark}p} \right) L_{\checkmark} \right] + \left[ t_{Cwo} + \frac{3600}{1000} \left( \frac{1}{V_{wo}u} + \frac{1}{V_{wo}p} \right) L_{wo} \right]} \frac{m^3}{h}, \quad (11)$$

gdzie:

- $V_{wo}$  – pojemność skrzyni wozu odstawczego w  $m^3$ ,
- $V_{wo}u$  – prędkość jazdy wozu odstawczego z urobkiem w km/h,
- $V_{wo}p$  – prędkość jazdy wozu odstawczego pustego w km/h,
- $L_{wo}$  – odległość punktu załadunku urobku do punktu jego wyładowania w m.

Dysponując wydajnością teoretyczną (11) wozu odstawczego, można określić jego wydajność techniczną (12), która wynika z uwzględnienia w wydajności teoretycznej wskaźnika rozluźnienia skały  $k_r$

$$Q_{TechWO} = Q_{TeorWO} \frac{1}{k_r}, \quad (12)$$

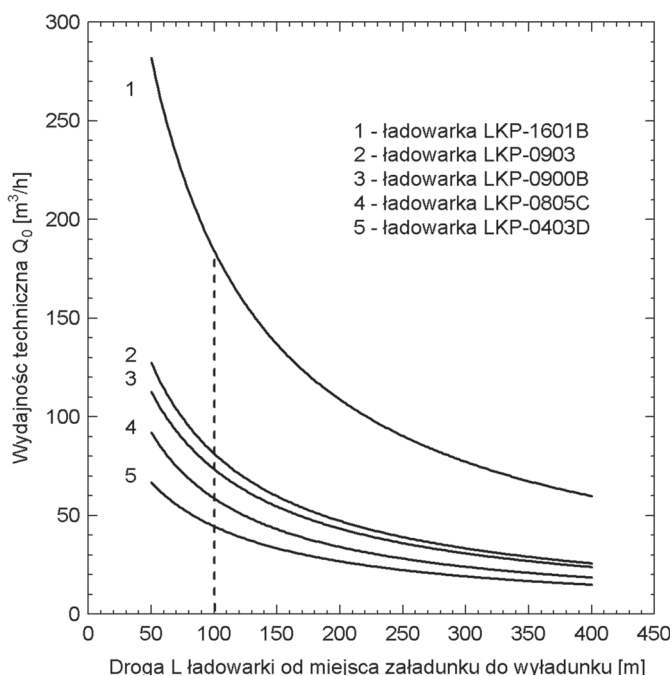
gdzie:

$k_r$  – współczynnik rozluźnienia ładowanej i transportowanej skały.

## 8. Rezultaty obliczeń

Rezultaty obliczeń wydajności ładowarek oraz wydajności układu ładowarka + wóz odstawczy przedstawiono zbiorczo graficznie na wykresach na rysunkach 1 i 2.

Na rysunku 1 zaprezentowano charakterystyki wydajności technicznej analizowanych ładowarek w funkcji długości drogi, jaką mają pokonywać. We wszystkich przypadkach wydajność każdej z ładowarek jest wyraźną funkcją długości trasy transportowej. Zwiększenie długości drogi transportowej  $L$  powyżej 200 m skutkuje dla mniejszych ładowarek obniżeniem wydajności o ponad 50%. Zakres obliczeń obejmuje długość trasy ładowarek przekraczającą 50 [m].

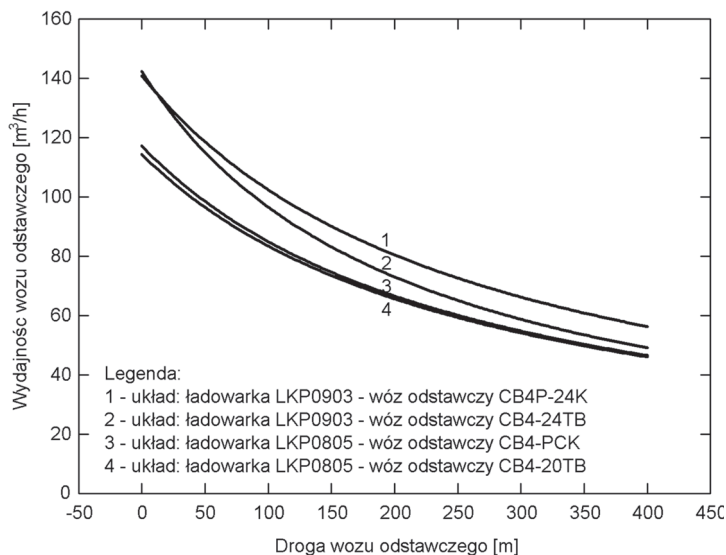


**Rys. 1.** Techniczna wydajność analizowanych ładowarek.  
Gęstość transportowanego urobku  $\rho = 2000 \text{ kg/m}^3$ .  
Droga transportowa przy jeździe z pełną oraz pustą łyżką jest pozioma

Źródło: oprac. własne.



Na rysunku 2 przedstawiono porównawczo dla każdego z wozów odstawczych otrzymane charakterystyki wydajności technicznej. Wydajność każdego z wozów odstawczych jest wyraźną funkcją długości drogi transportowej. Wykresy wydajności dla każdego z analizowanych wozów wskazują, że zwiększenie długości drogi transportowej objawia się bardzo dużym spadkiem ich wydajności. Bliższa analiza wzorów opisujących omawianą wydajność jest przede wszystkim funkcją czasu oczekiwania wozu na załadunek ładowarką. Im ten czas będzie krótszy, tym wykorzystanie wozu odstawczego będzie bardziej efektywne. Należy przy tym również zauważyć, że na efektywność pracy wozu odstawczego ma wpływ pojemność łyżki stosowanej ładowarki. Większa pojemność łyżki ładowarki skutkuje niższym czasem cyklu wozu odstawczego.



Rys. 2. Porównanie wydajności technicznej analizowanych wozów odstawczych współpracujących z konkretną ładowarką

Źródło: oprac. własne.

## 9. Podsumowanie

W artykule przedstawiono i scharakteryzowano wybraną grupę ładowarek oraz wozów odstawczych szufladowych produkowanych przez KGHM ZANAM Sp. z o.o. i wykorzystywanych do transportu rudy w kopalniach KGHM. Podano krótki opis technologii ich pracy, na podstawie którego sprecyzowano założenia umożliwiające określenie wydajności pracy układu transportowego ładowarka-woz odstawczy. Wykonane obliczenia pozwoliły na uściślenie wniosków zestawionych poniżej.

1. Analiza technologii pracy wozu odstawczego wskazuje, że podstawowym czynnikiem decydującym bezpośrednio o jego wydajności jest odpowiednie skojarzenie pojemności

skrzyni ładunkowej wozu odstawczego z wielokrotnością pojemności łyżki ładowarki. Skojarzenie to powinno gwarantować możliwie małą liczbę załadowań. W pracy przyjęto ją za równą 3. Mniejszej liczby nie należy stosować z uwagi na zbyt duże przeciążenia, którym podczas załadunku ładowarką z nadmiernym ciężarem zrzuconego urobku mogą podlegać zarówno skrzynia ładunkowa wozu, jak i jego układ podwozia i jazdy, co z kolei może skutkować obniżeniem trwałości całej maszyny.

2. Mała liczba załadowań ładowarką skrzyni wozu odstawczego gwarantuje ponadto możliwie krótki czas oczekiwania przez operatora wozu odstawczego na pełny załadunek skrzyni ładunkowej wozu przez ładowarkę (martwy czas pracy). Przyjęcie liczby załadowań równej 3 powoduje, że ten martwy czas jest równy tylko dwóm pełnym cyklom pracy ładowarki.
3. Wydajność wozu odstawczego jest funkcją pełnego czasu jego cyklu roboczego, na który składają się odpowiednio: dwa czasy cyklu ładowarki (tzw. czasy martwe, dla wozu równoznaczne z czasem jego załadunku) oraz jeden cykl pracy samego wozu związany z jego jazdą, wyładunkiem i jazdą z powrotem. Oznacza to, że wydajność wozu odstawczego jest bardzo silnie zależna od parametrów techniczno-ruchowych zastosowanych w układzie ładowarki. W obliczeniach przyjęto minimalną drogę pracy ładowarki równą 50 m, tak aby wpływ czasu oczekiwania wozu na załadunek był minimalny.
4. Traktując jako wartość stałą czasy cyklu pracy danej ładowarki skojarzonej z wozem odstawczym, wykazano, że wydajność wozu odstawczego jest hiperbolicznie silnie zależna od długości drogi, którą wóz odstawczy pokonuje, jadąc z urobkiem i bez urobku.
5. Przeprowadzone obliczenia wykazały, że przy długości drogi transportowej równej 200 m oraz 400 m wydajności techniczne podczas transportu rudy o gęstości  $\rho = 2000 \text{ kg/m}^3$ , osiąmane przez analizowane układy ładowarka-wóz odstawczy wynoszą:
 

Dla drogi transportowej  $L = 200 \text{ [m]}$ :

  - ładowarka LKP0805 + wóz odstawczy CB4-24TB –  $62 \text{ m}^3/\text{h} \equiv 124 \text{ Mg/h}$ ,
  - ładowarka LKP0805 + wóz odstawczy CB4-PCK –  $64 \text{ m}^3/\text{h} \equiv 128 \text{ Mg/h}$ ,
  - ładowarka LKP0903 + wóz odstawczy CB4-24TB –  $67 \text{ m}^3/\text{h} \equiv 134 \text{ Mg/h}$ ,
  - ładowarka LKP0903 + wóz odstawczy CB4P-24K –  $81 \text{ m}^3/\text{h} \equiv 162 \text{ Mg/h}$ ;

Dla drogi transportowej  $L = 400 \text{ [m]}$ :

  - ładowarka LKP0805 – wóz odstawczy CB4-24TB –  $46 \text{ m}^3/\text{h} \equiv 92 \text{ Mg/h}$ ,
  - ładowarka LKP0805 – wóz odstawczy CB4-PCK –  $47 \text{ m}^3/\text{h} \equiv 94 \text{ Mg/h}$ ,
  - ładowarka LKP0903 – wóz odstawczy CB4-24TB –  $50 \text{ m}^3/\text{h} \equiv 100 \text{ Mg/h}$ ,
  - ładowarka LKP0903 – wóz odstawczy CB4P-24K –  $57 \text{ m}^3/\text{h} \equiv 114 \text{ Mg/h}$ .
6. Wyniki przeprowadzonych obliczeń wskazują ponadto, że dwukrotne wydłużenie drogi odstawy urobku dla wozu odstawczego skutkuje obniżeniem jego wydajności o ok. 25%.

## Literatura

- [1] Franasik K., Żur T., *Mechanizacja podziemnych kopalń rud*, Wyd. Śląsk, Katowice 1983.
- [2] Dolnośląska Fabryka Maszyn ZANAM – LEGMENT Sp. z o.o., *Wóz odstawczy szufladowy CB4P-24K. Dokumentacja techniczno-ruchowa. Instrukcja oryginalna, nr fabryczny: 1455/10*, Polkowice 2010.
- [3] KGHM ZANAM Sp. z o.o., *Wóz odstawczy szufladowy CB4P-24K. Dokumentacja techniczno-ruchowa. Instrukcja oryginalna nr DTR/267.C/TGO740013/13A1, nr fabryczny 011/2013*, Polkowice 2013.
- [4] KGHM ZANAM Sp. z o.o., *Wóz odstawczy szufladowy CB4P-24K. Dokumentacja techniczno-ruchowa. Instrukcja oryginalna nr DTR/X\_610\_00000\_80000\_A/730815, nr fabryczny 003/2015*, Polkowice 2015.
- [5] KGHM ZANAM Sp. z o.o., *Wóz odstawczy szufladowy CB4-24TB. Dokumentacja techniczno-ruchowa. Instrukcja oryginalna nr DTR/X\_610\_0000079000\_A/356080, nr fabryczny 001/2012*, Polkowice 2013.
- [6] KGHM ZANAM S.A., *Wóz odstawczy szufladowy CB4-24TB. Dokumentacja techniczno-ruchowa. Instrukcja oryginalna nr DTR/X\_610\_0000080000\_A/730815, nr. fabryczny 003/2015*, Polkowice 2015.
- [7] Grupa Kapitałowa KGHM Polska Miedź S.A. Dolnośląska Fabryka Maszyn Zanam – Legment Sp. z o.o., *Wóz odstawczy szufladowy CB4PCK. Dokumentacja techniczno-ruchowa. Instrukcja oryginalna nr. DTR/272.A-B/TGO720005/13A1, nr fabryczny 007/2013*, Polkowice 2013.
- [8] KGHM ZANAM Sp. z o.o., *Wóz odstawczy szufladowy CB4PCK. Dokumentacja techniczno-ruchowa. Instrukcja oryginalna nr DTR/272.A-B/72074, nr fabryczny 009/2014*, Polkowice 2014.
- [9] Dolnośląska Fabryka Maszyn ZANAM – LEGMENT Sp. z o.o., *Samojezdny wóz odstawczy CB4P-24K. Wersja A – wysokość wozu 2000 mm. Dokumentacja techniczno-ruchowa*, Polkowice–Legnica 2004.
- [10] Dolnośląska Fabryka Maszyn ZANAM – LEGMENT Sp. z o.o., *Cz. I. Dokumentacja Informacyjno-dostawcza CB4P-24K, Cz. II. Instrukcja obsługi i użytkowania, Cz. III. Instrukcja warsztatowa napraw, Cz. IV. Katalog części*, Polkowice–Legnica 2004.
- [11] KGHM ZANAM, *Dokumentacja techniczno-ruchowa LKP-1601B nr DTR/X\_280\_000000410/900116*, Polkowice 2016.
- [12] KGHM ZANAM, *Dokumentacja techniczno-ruchowa LKP-0900B nr DTR/230\_0000004915/870715*, Polkowice 2015.
- [13] KGHM ZANAM, *Dokumentacja techniczno-ruchowa LKP-0805C nr DTR225.C/860215*, Polkowice 2015.
- [14] KGHM ZANAM, *Dokumentacja techniczno-ruchowa LKP-0403D nr DTR/X\_220\_0000043000\_A/821815*, Polkowice 2016.
- [15] KGHM ZANAM, *Dokumentacja techniczno-ruchowa LKP-0903 nr DTR/233.A/890115*, Polkowice 2015.