

## PROBLEMY URABIANIA SELEKTYWNEGO<sup>1</sup>

### PROBLEMS MINING SELECTIVE

Stefan Wojciech Szepietowski - „Poltegor-Instytut” Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Wrocław

W artykule omówiono problemy związane z różnymi technologiami pracy selektywnej wielonaczyniową koparką kołową, ze szczególnym uwzględnieniem urabiania pokładów o małej miąższości. Dokonano analizy wydajności koparki pracującej w tych warunkach oraz podano zależności, które wstępnie można traktować jako kryteria opłacalności pracy selektywnej wielonaczyniowej koparki kołowej. Określono wymagania jakie stwarza budowie koparki urabianie selektywne.

**Słowa kluczowe:** wielonaczyniowa koparka kołowa, technologia urabiania selektywnego, wydajność

The article discusses the problems associated with the different technologies work selective bucket wheel excavator circular, with particular emphasis on mining deposits of small thickness. The analysis of performance of excavators working in these conditions and are given according to a pre-can be considered as criteria for making work pay selective bucket wheel excavator. It specifies the requirements posed by the construction of selective mining of excavators.

**Keywords:** bucket wheel excavator, selective mining technology, efficiency

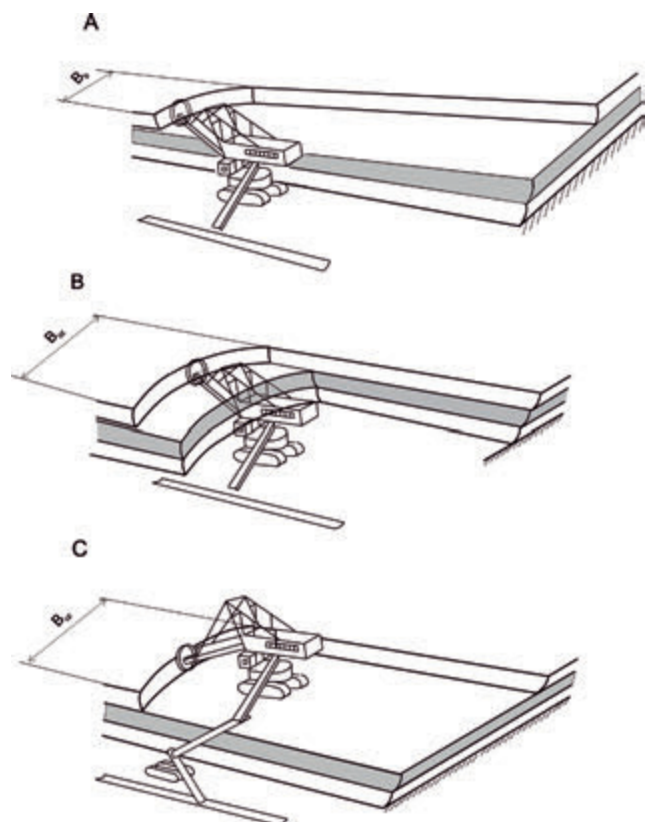
#### Sposoby pracy selektywnej wielonaczyniowej koparki kołowej

Można wyróżnić trzy podstawowe systemy pracy selektywnej wielonaczyniowej koparki kołowej (rys. 1):

- zabierką boczną,
- zabierką czołową,
- pracą podpiętami.

Podczas pracy zabierką boczną koparka przemieszcza się wzdłuż frontu między przenośnikiem poziomym a skarżą boczną, utworzoną podczas urabiania poprzedniego frontu. Cała zabierka leży wtedy na zewnątrz obrysu podwozia koparki. Ogranicza to znacznie jej szerokość. Przesuwając się wzdłuż frontu, koparka zdejmuje, podczas jednego przejazdu, całą górną warstwę jednego rodzaju skały na całej długości frontu. W zależności do miąższości tej warstwy, korzystając z jednego lub kilku stopni. Następnie dokonuje się przełączenia układu odbierającego urobek i koparka pracując analogicznie, urabia następną warstwę. Mała jednak szerokość zabierki zwiększa częstotliwość przesuwania przenośników poziomych i ujemnie wpływa na wydajność efektywną koparki, szczególnie, gdy urabianie prowadzi się z kątem obrotu nadwozia większym niż 60° to jest poza zakres automatycznej regulacji prędkości obrotu nadwozia [1]. Dlatego, do tego rodzaju pracy selektywnej preferowane są koparki o dłuższych wysięgnikach koła czerpakowego.

Przy selektywnym urabianiu zabierką czołową uzyskuje się największą jej szerokość, co umożliwiła minimalizację ruchów manewrowych koparki i uzyskanie możliwie dużej wydajności



Rys.1. Sposoby urabiania selektywne wielonaczyniową koparką kołową  
A - urabianie zabierką boczną, B - urabianie zabierką czołową,  
C - urabianie podpiętami  
Fig.1. Methods for the selective mining of bucket wheel excavator  
A - mining of side block, B - mining of front block, C - mining of sub-bench

<sup>1</sup> Istotna modyfikacja fragmentu i dalszy ciąg artykułu tegoż autora umieszczonego w Górnictwie Odkrywkowym nr 3, 2015

efektywnej maszyny. W takim przypadku zależy ona głównie od możliwej do uzyskania głębokości zabioru, ale również i od liczby i miąższości poszczególnych warstw, występujących na froncie pracy koparki. Jednak, przy odstawie urobku od koparki układem przenośników taśmowych, każdorazowe przejście do urabiania innego materiału wiąże się z koniecznością przesterowania układu transportowego na odbiór odmiennego rodzaju urobku. Nie musi to wymagać postoju koparki na czas potrzebny do opróżnienia całego układu przenośników z danego rodzaju urobku. Minimalny czas przerwy w pracy koparki przy każdorazowej zmianie rodzaju przetransportowanego urobku, przy odpowiednim sterowaniu, określa zależność:

$$t_{kp+} = (t_o + t_p) + t_{rp} \quad (1)$$

gdzie:  $t_{kp}$  - czas przerwy w pracy koła czerpakowego,  $t_o$  - czas potrzebny dla opróżnienia z urobku pierwszego (licząc od punktu przesterowywania) członu układu transportowego,  $t_p$  - czas przesterowania układu transportowego,  $t_{rp}$  - czas potrzebny na rozruch zatrzymanej części układu przenośników.

Zatem, oszacowaniem dolnym wielkości straty efektywnego czasu pracy układu KTZ spowodowanej urabianiem selektywnym jest:

$$\Delta T_{ef} \geq T_{ef} \cdot v_p \cdot t_{kp} \quad (2)$$

gdzie:  $T_{ef}$  - efektywny czas pracy układu KTZ bez urabiania selektywnego,  $\Delta T_{ef}$  - strata efektywnego czasu pracy spowodowana urabianiem selektywnym,  $v_p$  - częstotliwość przesterowania układu przenośników.

Przy kilkuwarstwowej budowie urabianego piętra strata ta może być na tyle duża, że uzasadnia przyjęcie podwójnego układu przenośników lub zastosowanie innego sposobu transportu urobku. Na częstotliwość przesterowywania przenośników na odbiór innego rodzaju urobku ma istotny wpływ głębokość zabioru, a to z kolei zależy od długości wysięgnika koła czerpakowego.

Selektywne urabianie podpiętami umożliwia eliminację zasadniczych wad obu wyżej przedstawionych sposobów pracy koparki. Zaniżonej szerokości zabierki, przy urabianiu selektywnym zabierką boczną, jak i nadmiernej częstotliwości przesterowywania układu przenośników, przy pracy selektywnej zabierką czołową. Zatem, ten rodzaj pracy selektywnej nie wymusza stosowania innej długości wysięgnika koła czerpakowego niż wynikającej z technologii typowej pracy wielonaczyniowej koparki kołowej. Praca podpiętami wiąże się z koniecznością tworzenia pochylni na obu końcach frontu, dla przemieszczenia się koparki do pracy na kolejnym podpiętrze. Przy nieparzystej liczbie podpięteń wcięcie koparki do pracy wzdłuż nowego frontu następuje, raz z jednego, raz z drugiego końca piętra. Wydłuża to sumaryczny czas pracy koparki związany z tworzeniem i usuwaniem pochylni, a więc pracy z na ogół obniżoną wydajnością i komplikuje usuwanie pochylni pozostałej przy drugim końcu frontu. Może to wymagać współpracy koparki w wielu przypadkach z dwoma przenośnikami samojezdnymi. Przy bardzo krótkich frontach pracy może się zatem okazać, że w tych warunkach bardziej opłacalna byłaby selektywna praca zabierką boczną.

Podczas pracy selektywnej zabierką czołową, przy każdorazowej zmianie rodzaju urabianej skały, zachodzi konieczność

wycofywania koparki. To wycofanie jest równe głębokości zabioru. Zwiększa to sumaryczną drogę przejazdu koparki, w porównaniu do pracy podpiętami jak i zabierką boczną. Wzrost ten, przy tej samej miąższości piętra, wynosi:

$$\Delta l_{\Sigma} = n_w \cdot l_f \quad (3)$$

gdzie:  $n_w$  - liczba różnych warstw urabianych selektywnie,  $l_f$  - długość frontu pracy koparki,  $\Delta l_{\Sigma}$  - wielkość wzrostu sumarycznej drogi przejazdu koparki przy pracy zabierką czołową.

Selektywne urabianie podpiętami, szczególnie przy niewielkiej miąższości urabianych warstw, wymaga małej deniwelacji spągu urabianej warstwy. Denuwelacja nie powinna przekraczać dopuszczalnego dla koparki pochylenia poziomu jezdnego podczas urabiania, przeważnie 1:10. W przeciwnym przypadku należy liczyć się ze znacznymi stratami zasobów kopaliny. W znacznym stopniu problem ten można ograniczyć stosując podwozie koparki wsparte na teleskopowo wysuwanych gaśnienicach. Umożliwia to przemieszczanie się koparki po poziomie jezdnym o znacznym nachyleniu (rys. 2).

### Wpływ urabiania selektywnego na wydajność wielonaczyniowej koparki kołowej

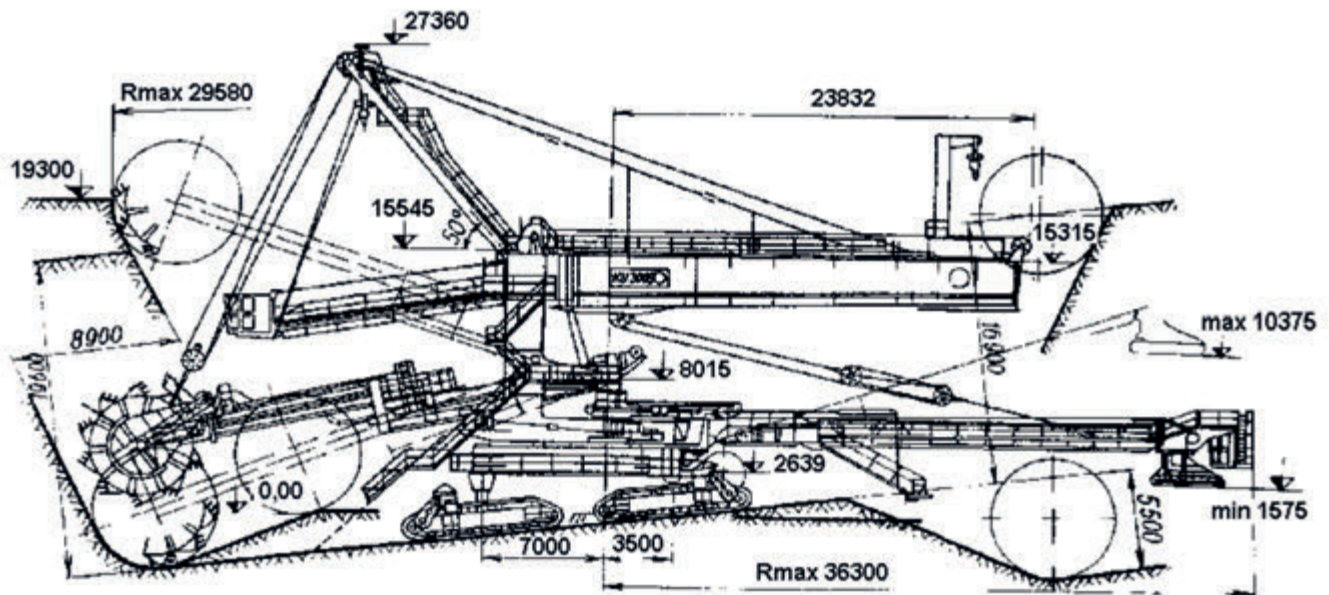
Przy oszacowaniu wydajności efektywnej wielonaczyniowej koparki kołowej, w warunkach normalnej pracy, pomija się problem plantowania poziomu jezdnej maszyny, ze względu na niewielki okres plantowania w porównaniu z czasem urabiania całej zabierki [3,4]. Ponadto, na ogół istnieje możliwość takiego rozplanowania podziału piętra na stopnie, aby nie dochodziło od znaczniejszego obniżenia wydajności podczas plantowania. Jednak urabianie selektywne bardzo często wiąże się z urabianiem stopni o zaniżonej wysokości. Co może mieć miejsce nie tylko podczas plantowania stropu poszczególnych warstw, ale również w przypadku niewielkiej miąższości niektórych warstw. Dlatego problem urabiania cienkich pokładów i ewentualnie zaniżonej w wyniku tego wydajności koparki nie może być pominięty przy analizie pracy selektywnej. W ocenie bilansowości złóż eksploatowanych odkrywko jednym z parametrów jest wartość stosunku grubości nadkładu do miąższości złoża. Kryje się w tym milczące założenie, że w przypadku pracy selektywnej miąższość warstwy kopaliny nie ogranicza wydajności koparki urabiającej kopalinę. Jeśli tak nie jest, to przy selektywnym urabianiu przy warunku zachowania tej samej opłacalności eksploatacji złoża wartość stosunku  $N/K_s$  powinna wynosić:

$$N / K_s = N / K_G \frac{Q_{efe}}{Q_{Sefe}} \quad (4)$$

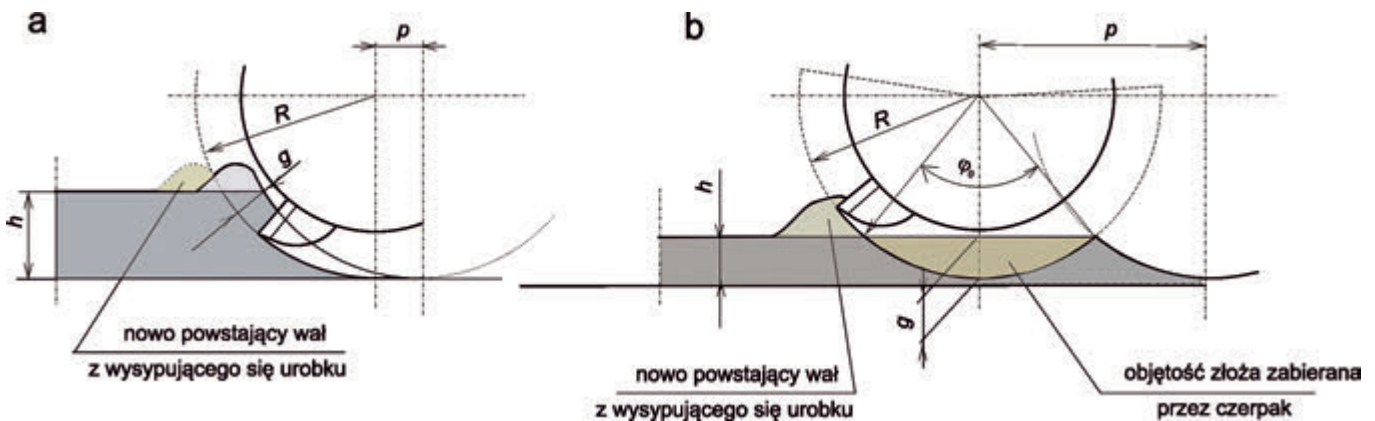
gdzie:  $N/K_G$  - graniczna wartość stosunku grubości nadkładu do miąższości złoża,  $Q_{efe}$  - wydajność efektywna koparki w pracy normalnej,  $Q_{Sefe}$  - wydajność efektywna koparki przy urabianiu selektywnym.

Podobnie selektywne urabianie przynajmniej części kopaliny nie przewyższa kosztów jej wydobywania bez pracy selektywnej gdy:

$$Q_{Sefe} \geq Q_{efe} \frac{N_z}{K_z} \quad (5)$$



Rys. 2. Koparka KU 300 z hydraulicznie wysuwanymi gąsienicami [2]  
Fig. 2. KU 300 excavator with hydraulically retractable crawlers [2]



Rys. 3. Urabianie cienkiego pokładu  
a - wiórem pionowym, b - zmodyfikowanym wiórem poziomym  
Fig. 3. Extracting small layer  
a - vertical chip, b - a modified horizontal chip

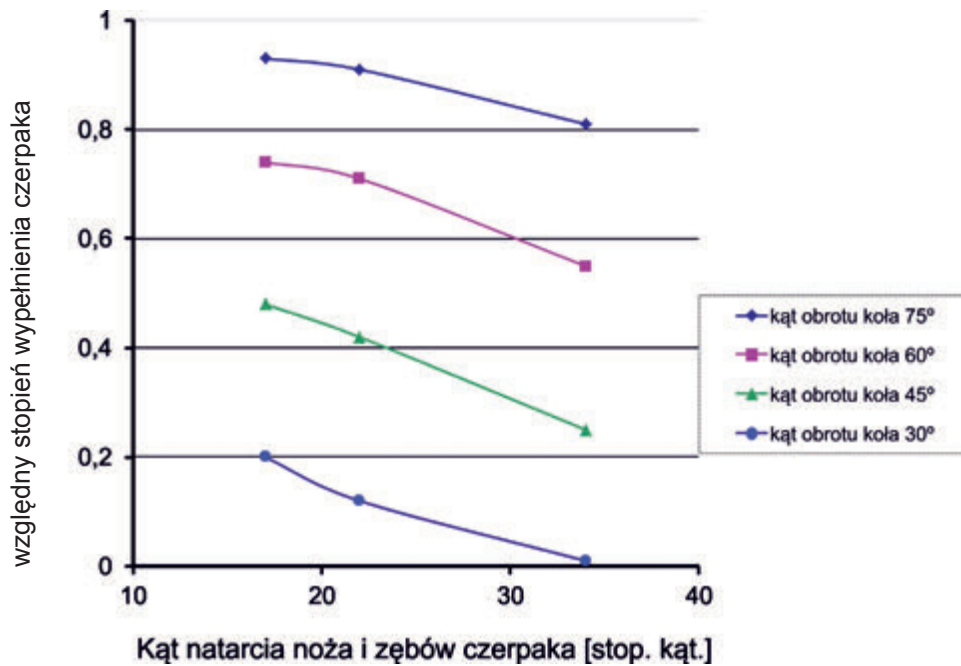
gdzie:  $N_z$  - grubość nadkładu w danym złożu,  $K_z$  - miąższość kopaliny danego złoża.

Z zależności (4) i (5) wynika, że opłacalność pracy selektywnej zależy głównie od tego w jakim stopniu rozdzielne urabianie różnych warstw skalnych tą samą koparką, zmniejsza jej wydajność efektywną. Może to wystąpić, gdy miąższość przynajmniej jednej z selektywnie urabianych warstw jest na tyle mała, że koparka zmuszona jest pracować z zaniżoną wysokością urabianego stopnia.

Przy znacznie zaniżonej wysokości urabianego stopnia część urobku wysypuje się z czerpaka, tworząc wał na stopniu stopnia (rys. 3). Ten wał przesuwa się wraz z urabianiem kolejnej strugi. Podczas tego w wielu przypadkach może rosnąć do pewnej granicy również wysokość tego wału. Zwiększa to pozorną wysokość stopnia, a tym samym powiększa możliwości rzeczywistego wypełnienia czerpaka urobkiem. Dotychczas brak jest jakichkolwiek badań umożliwiających ocenę wielkości takiego wału dla konkretnych warunków urabiania. Ponadto, jak wskazują doświadczenia eksploatacyjne, w warunkach normalnej pracy koparki kołowej rzeczywiste wypełnienie czerpaka urobkiem może być 1,3 razy większe niż jego objętość teore-

tyczna (nominalna) [1]. W rezultacie przy, niewiele mniejszej od promienia koła czerpakowego wysokości urabianego stopnia - rzędu 0,8 promienia koparka w warunkach eksploatacyjnych uzyskuje niezaniżoną wydajność efektywną. Z danych ujętych w publikacji [5] widać, że istotny wpływ na teoretyczny stopień wypełnienia czerpaka urobkiem, przy zaniżonych wysokościach stopnia ma kąt „natarcia” powierzchni środkowej części noża, po której urobek przesuwa się do wnętrza czerpaka (rys. 4). Jedne z ostatnio stosowanych czerpaków do pracy koparki SchRs 4600 w skałach trudno urabialnych, mają niewielki kąt natarcia wynoszący 17 stopni kątowych [5]. Taką wartość można przyjąć również dla pracy selektywnej.

Uwzględniając powyższe (to jest możliwość napełnienia czerpaka wynoszącą 1,3 objętości teoretycznej i zwiększenia pozorną wysokość stopnia o powstały wał urobku) oraz podaną w pracy [5] zależność teoretycznego wypełnienia czerpaka w funkcji wysokości urabianego stopnia autor w oparciu o własne doświadczenia, proponuje przyjąć, że rzeczywista wydajność efektywna koparki w pracy selektywnej maleje od wysokości urabianego stopnia mniejszej niż 0,8 promienia koła czerpakowego do wartości  $0,64 Q_{efe}$  przy wysokości stopnia wynoszącej 0,3 promienia koła:



Rys. 4. Teoretyczny stopień wypełnienia czepaka w funkcji kąta natarcia powierzchni noża czepaka oraz wysokości urabianego stopnia, mierzonego kątem obrotu koła czepakowego, w momencie wyjścia czepaka z urabianej calizny

Fig. 4. Theoretical degree of filling the bucket as a function of the angle of attack the surface of the blade bucket and the amount extracting extent measured angle of rotation of the bucket wheel, the exit bucket of mined escarpment

$$Q_{S_{efe17^\circ}} \approx \begin{cases} Q_{efe} & \text{dla } R > h \geq 0,8R \\ Q_{efe} \left[ 1 - 0,64 \left( 0,8 - \frac{h}{R} \right) \right] & \text{dla } 0,8R > h \geq 0,0,25R \end{cases} \quad (6)$$

gdzie:  $h$  - wysokość urabianego stopnia,  $R$  - promień koła czepakowego,  $Q_{S_{efe17^\circ}}$  - wydajność efektywna koparki pracującej selektywnie na zaniżonej wysokości urabianego stopnia z czepakami o kącie natarcie około 17 stopni kątowych.

Przy jeszcze mniejszych wysokościach urabianego stopnia niż  $0,25R$  zależność (6) może dawać zawyżone wartości wydajności efektywnej. Wdaje się, że przy tak niskich wysokościach urabianego stopnia lepsze efekty można uzyskać poprzez, proponowane w literaturze [6], urabianie zmodyfikowanym wiórem poziomym (rys. 3b). Powierzchnia boczna takiego wióra ma kształt odcinka koła, stąd jego objętość:

$$V_{pz} = \frac{1}{2} R^2 (\varphi_0 - \sin \varphi_0) b \quad (7)$$

gdzie:  $b$  - szerokość wióra,  $V_{pz}$  - objętość zmodyfikowanego wióra poziomego,  $\varphi_0$  - kąt środkowy odpowiadający odcinkowi koła.

Na podstawie rysunku 5:

$$g = R \left( 1 - \cos \left( \frac{1}{2} \varphi_0 \right) \right) \quad (8)$$

Stąd:

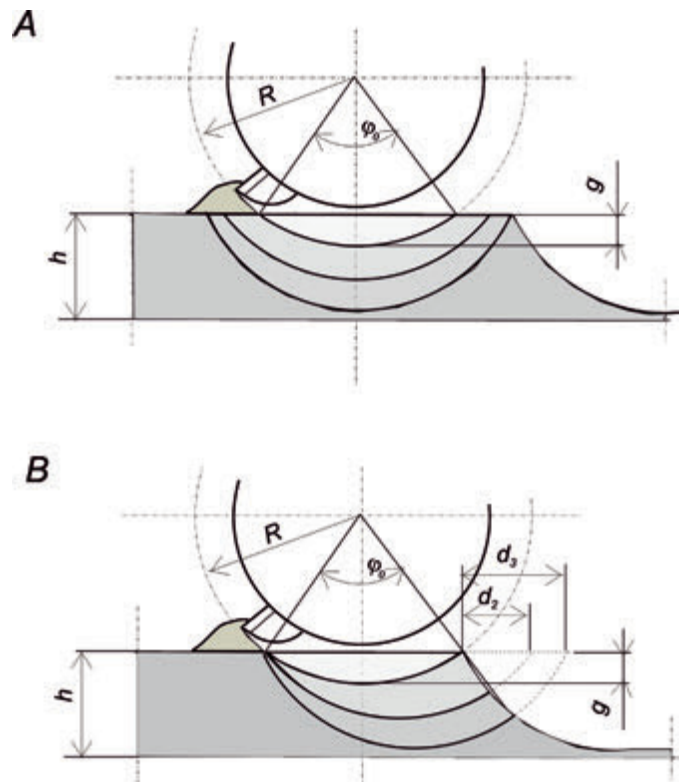
$$\varphi_0 = 2 \arccos \left( 1 - \frac{g}{R} \right) \quad (9)$$

Po uwzględnieniu zależności (9) otrzymuje się ostatecznie:

$$V_{pz} = \frac{1}{2} R^2 \left[ 2 \arccos \left( 1 - \frac{g}{R} \right) - \sin \left( 2 \arccos \left( 1 - \frac{g}{R} \right) \right) \right] b \quad (10)$$

Jeżeli miąższość urabianej warstwy jest wyraźnie większa od  $g$  (rys. 5) to można ją urabiać kolejnymi wiórami poziomymi.

Możliwą objętość wióra przy kolejno urabianej strudze można określić w oparciu o rekurencyjny wzór (rys. 5A):



Rys. 5. Technologia urabiania wielu strug zmodyfikowanym wiórem poziomym

Fig. 5. The technology of mining multiple streams modified chip horizontal

Względna wartość objętości tak odcinanych wiórów (odniesiona do objętości wióra nominalnego o wysokości równej  $R$  i analogicznych wielkości  $b$  oraz  $g$   $V_{pzAi}/V_n$ ), wynikająca z zależności (12), przedstawiona jest na rysunku 6.

Dla większości istniejących koparek wartość stosunku

$$V_{pzAi} = \begin{cases} V_{pz} & i=1 \\ \frac{1}{2} R^2 b \left\{ \left[ 2 \arccos \left( 1 - \frac{ig}{R} \right) - \sin \left( 2 \arccos \left( 1 - \frac{ig}{R} \right) \right) \right] + \right. & \\ \left. - \left[ 2 \arccos \left( 1 - \frac{(i-1)g}{R} \right) - \sin \left( 2 \arccos \left( 1 - \frac{(i-1)g}{R} \right) \right) \right] \right\} & 2 \leq i < \frac{R}{g} \end{cases} \quad (11)$$

$$\frac{V_{pzAi}}{V_n} = \begin{cases} \frac{1}{2} \left( \frac{g}{R} \right)^{-1} \left[ 2 \arccos \left( 1 - \frac{g}{R} \right) - \sin \left( 2 \arccos \left( 1 - \frac{g}{R} \right) \right) \right] & i=1 \\ \frac{1}{2} \left( \frac{g}{R} \right)^{-1} \left\{ \left[ 2 \arccos \left( 1 - \frac{ig}{R} \right) - \sin \left( 2 \arccos \left( 1 - \frac{ig}{R} \right) \right) \right] + \right. & \\ \left. - \left[ 2 \arccos \left( 1 - \frac{(i-1)g}{R} \right) - \sin \left( 2 \arccos \left( 1 - \frac{(i-1)g}{R} \right) \right) \right] \right\} & 2 \leq i < \frac{R}{g} \end{cases} \quad (12)$$

nominalnej grubości wióra do promienia koła czerpakowego waha się około 0,12 ÷ 0,13. Wtedy odpowiednia objętość wióra, tylko pierwszej strugi, jest mniejsza od nominalnej pojemności czerpaka - 0,65 (rys. 6). Pełne jego napełnienie, pomijając wysypywanie się urobku, wymagałoby zwiększenia prędkości obrotu nadwozia koparki. Przy takiej technologii urabiania wymagany jest duży podjazd koparki do urabiania następnej zabierki, wynoszący:

$$p = 2 \sqrt{h_c (2R - h_c)} \quad (13)$$

gdzie:  $h$  - miąższość urabianej tą technologią warstwy. Może to ograniczać urabianie selektywne zabierką czołową. Ponadto, w wyniku sposobu pracy koparki, przedstawionego na rysunku 5A, na spągu urabianej warstwy powstaje pozostałość w postaci grzebienia, który stanowi przeszkodę w przypadku selektywnego urabiania podpiętami. Ze względu na sierpowatość strugi, z kątem obrotu nadwozia liczonym względem kierunku jazdy, zmniejsza się długość urabianego zmodyfikowanego wióra poziomego, co jednocześnie powoduje zmniejszenie wysokości grzebienia. Jego wysokość osiąga wartość zero, dla kąta obrotu nadwozia 60 stopni kątowych.

Technologia przedstawiona na rysunku 5B, polegająca na odpowiednim wycofywaniu koparki przed urabianiem kolejnej strugi zmodyfikowanym wiórem poziomym, umożliwia prawie całkowitą likwidację tego grzebienia. Wielkość tego wycofania koparki ( $d$  na rys. 5B), w funkcji liczby urabianych strug można wyznaczyć, wychodząc z wzoru na długość cięciwy koła, z zależności:

$$d_i = 2 \left[ \sqrt{ig(2R - ig)} - \sqrt{g(2R - g)} \right] \quad \text{gdzie } 1 \leq i < \frac{R}{g} \quad (14)$$

Powoduje to zmniejszenie, poza pierwszą warstwą, objętości odcinanych wiórów. Przyjmując, w uproszczeniu, że różnicę powierzchni bocznej wiórów dla  $i$ -tej liczby warstw spowodowanej zmianą technologii można przedstawić w postaci trójkąta o podstawie  $d_i$  (rys. 6B), można ocenić, że ta różnica objętości wiórów w przybliżeniu wyniesie:

$$V_{tracBi} = \begin{cases} 0 & \text{dla } i=1 \\ \frac{1}{2} g b [(i-1)d_i - (i-2)d_{i-2}] & \text{dla } 2 \leq i < \frac{R}{g} \end{cases} \quad (15)$$

Zatem stosunek objętości tak odcinanego wióra kolejnej strugi do objętości wióra nominalnego wyniesie:

$$\frac{V_{pzBi}}{V_n} = \frac{V_{pzAi} - V_{tracBi}}{R g b} \quad (16)$$

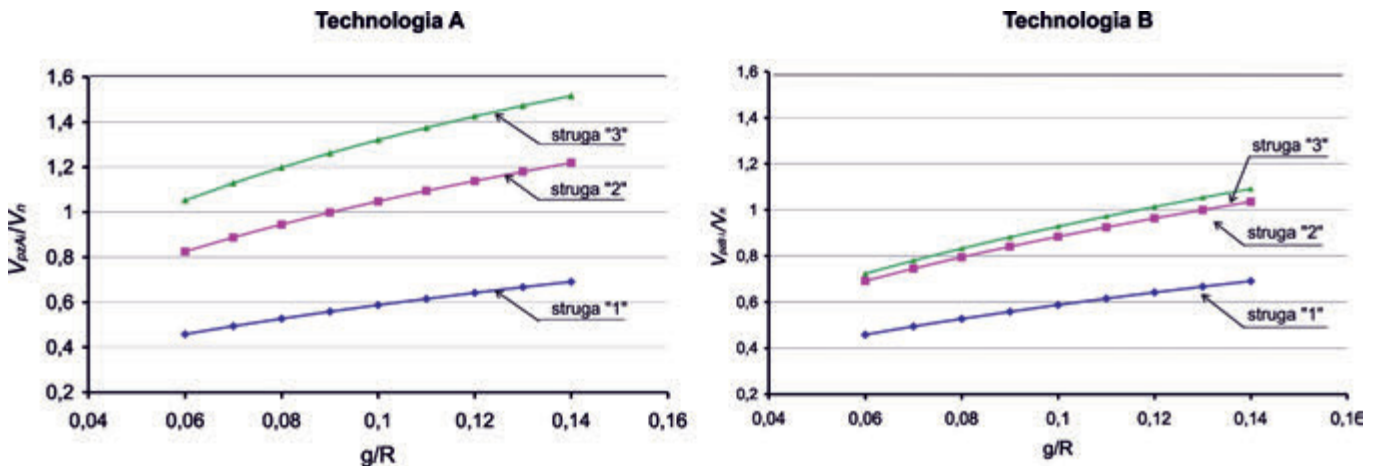
Uwzględniając zależności (12), (14), (15) i dokonując pewnych przekształceń otrzymuje się ostatecznie:

$$\frac{V_{pzBi}}{V_n} = \frac{V_{pzAi}}{V_n} - \begin{cases} 0 & i=1 \\ (i-1) \sqrt{\frac{g}{R} \left( 2 - \frac{ig}{R} \right)} - (i-2) \sqrt{\frac{g}{R} \left( 2 - \frac{(i-1)g}{R} \right)} + & \\ - \sqrt{\frac{g}{R} \left( 2 - \frac{gt}{R} \right)} & 2 \leq i < \frac{R}{g} \end{cases} \quad (17)$$

Jak widać na rysunku 6 zastosowanie technologii B powoduje dość znaczne zmniejszenie, poza pierwszą warstwą, objętości możliwego do odspojenia wióra. Jednak nie na tyle duże, aby przy stosunku  $g/R$  odpowiadającej nominalnej wartości dla większości koparek, pogorszyć możliwość wypełnienia czerpaka w stosunku do technologii A.

Przy urabianiu zmodyfikowanym wiórem poziomym znaczna część wióra i to w obrębie, gdy największa jest jego chwilowa grubość, dokonuje się podczas ruchu poziomego czerpaka. Wtedy proces wypełniania czerpaka zasadniczo przebiega w wyniku oporu przesuwania urobku jak i, przynajmniej częściowo, siły jego odspajania. W rezultacie uzyskuje się większe wypełnienie czerpaka w momencie wysypywania się z niego urobku, niż przy wiórze pionowym, dla małej wysokości urabianego stopnia. Jeżeli uwzględni się jeszcze oddziaływanie wału utworzonego z urobku wysypującego się z czerpaków przy tak małych wysokościach urabianego stopnia, to zdaniem autora, można przyjąć, że przy urabianiu pierwszej strugi wydajność będzie nie mniejsza niż 0,6, a kolejnych równa wydajności koparki uzyskiwanej przy niezaniżonej wysokości stopnia.

Efektywne urabianie zmodyfikowanym wiórem poziomym stwarza znaczne utrudnienia dla operatora. Wymaga precyzyjnego sterowania podjazdem koparki, co jest niemożliwe bez pełnej automatyzacji. Dlatego, wydaje się, że w przypadku miąższości warstwy urabianej selektywnie przekraczającej  $3g$ , wysokość stopnia byłaby na tyle duża, że właściwe byłoby stosowanie urabiania wiórem pionowym.



Rys. 6. Względna wartość zmodyfikowanego wióra poziomego w zależności od stosunku  $g/R$  dla kolejno odcinanych strug  
Fig. 6. Relative value of the modified horizontal chip depending on the ratio  $g/R$  sequentially on the cut plane

### Wielonaczyniowa koparka kołowa do urabiania selektywnego

Z powyższej analizy wynika, że wymagania jakie stwarza budowie koparki selektywne urabianie, nie są zbyt wielkie i w znacznym stopniu zależą od prognozowanej technologii. Koparka przeznaczona do pracy zabierką boczną powinna mieć wydłużony wysięgnik koła czerpakowego. Przy innej technologii jego długość ma takie samo znaczenie jak i przy normalnej pracy. Dla pracy selektywnej podpiętrami wskazane jest, aby koparka mogła pracować na poziomie roboczym o znacznym pochyleniu. Można przyjąć zalecenie, że powinno ono wynosić przynajmniej 1:10 czyli takie po jakim większość koparek może przemieszczać się bez pracy. Urabianie selektywne na ogół wiąże się z urabianiem pokładów o niewielkiej miąższości. Dla efektywnej pracy w takich warunkach wymagane jest aby średnica koła czerpakowego była możliwie jak najmniejsza, gdyż wtedy można uzyskać większy stopień wypełnienia czerpaków.

Selektywne urabianie, a raczej związana z nim praca przy niższej wysokości urabianego stopnia, wywiera największy wpływ na budowę samych czerpaków. Jak było wykazane wyżej, przede wszystkim kąt natarcia zębów i noża w środkowej części czerpaka powinien być stosunkowo niewielki. Obecnie

stosowane są czerpaki o różnej wielkości kątów natarcia, między innymi o wielkości 17 stopni kątowych [5]. Można zatem przyjąć, że kąt natarcia w czerpakach dla pracy selektywnej nie powinien być większy niż 20°. Nawet wtedy, gdy prognoza nie przewiduje pracy na niższej wysokości stopnia, gdyż pozwoli to na minimalizację przyspągowej straty kopaliny. Przy zaniżonej wysokości urabianego stopnia można uzyskać większe wypełnienie czerpaka poprzez zwiększenie, w porównaniu z normalną pracą, szerokości urabianego wióra. Aby to umożliwić należy zastosować czerpaki o szerokości większej od wynikającej z zależności:

$$b_{cz} = 1,1\sqrt[3]{I_1} \quad (18)$$

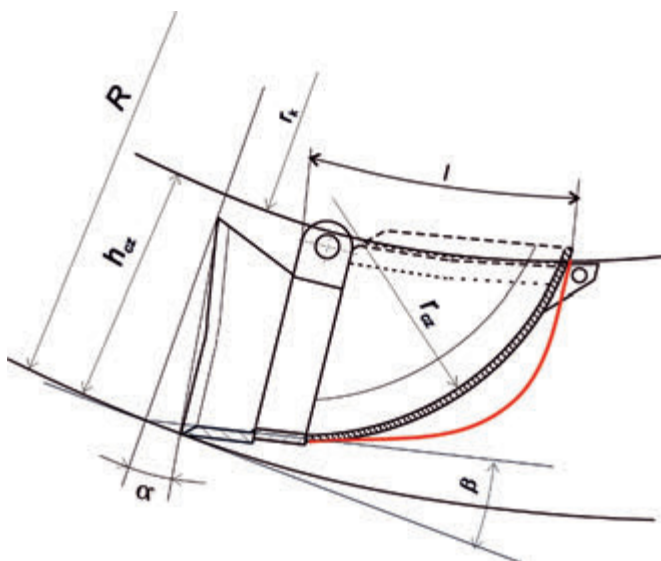
gdzie:  $b_{cz}$  - szerokość czerpaka,  $I_1$  - objętość czerpaka określonej przez Pfeiffer'a [8] na podstawie badań statystycznych.

Tym samym wywołuje to konieczność stosowania w koparkach do pracy selektywnej większego zakresu prędkości obrotu nadwozie niż do normalnej pracy. Zazwyczaj płaszcz czerpaka, w rzucie na płaszczyznę koła, ma kształt łuku o promieniu nie mniejszym niż wysokość czerpaka [9]. Taki kształt jest niekorzystny przy urabianiu stopnia o zaniżonej wysokości, gdyż gromadzi gros urobku w przedniej części czerpaka. Aby można było uzyskać większą objętość urobku w czerpaku zanim zacznie się on wysypywać przy niewielkim kącie obrotu koła czerpakowego należy zmienić kształt tylnej części płaszcza w sposób pokazany czerwoną linią na rysunku 7. Taki płaszcz pogarsza może proces grawitacyjnego rozładunku czerpaka, ale rekompensuje to zwiększona szerokość czerpaka [9].

### Podsumowanie

Istnieje wiele sposobów pracy selektywnej. Spośród szeregu możliwości technologicznych można dobrać taką, która przy danej miąższości pokładu, prowadzi do maksymalizacji wydajności koparki. Wymaga to jednak opracowania metod wyznaczania wydajności koparki z uwzględnieniem sposobu jej pracy i względnej wysokości urabianego stopnia (miąższości pokładu). Warunkowane to jest dobrym rozpoznaniem doświadczalnym procesu tworzenia się wału z urobku wysypującego się z czerpaka, przy zaniżonej wysokości urabianego stopnia.

Podane w publikacji zależności (4) i (5) można wstępnie traktować jako kryteria opłacalności urabiania selektywego wielonaczyniową koparką kołową.



Rys. 7. Zmieniony płaszcz czerpaka dla urabiania selektywnego  
Fig. 7. Revised coat Bucket for selective mining

## Literatura

- [1] Kołkiewicz W., *Zastosowanie maszyn podstawowych w górnictwie odkrywkowym*. Wyd. Śląsk 1973
- [2] <http://www.gornictwi.info/prirucka/tehnika/uhli.htm>
- [3] Władimirow W.M., Trofimow W.K., *Powyszenie proizwoditelnostn karjernih mnogokowszowych ekskawatorow*. Moskwa «NEDRA» 1980 UKD 621.879.423:622.271.012.3, ss. 312
- [4] Kołkiewicz W., Szatan M., *Metody analizy i optymalizacji doboru parametrów układu „Wielonaczyniowa koparka kołowa - Front pracy”*. Wyd. Red. Górnictwo Odkrywkowe 2002
- [5] Szepietowski S.W., *Wpływ urabiania selektywnego na efektywność eksploatacji wielonaczyniowej koparki kołowej*. Górnictwo Odkrywkowe nr 3, 2015 s.13-18
- [6] Szepietowski S.W., Szepietowski M., *Maszyny podstawowe w odkrywkowej eksploatacji węgla brunatnego złoża Legnica W: Scenariusze technologii udostępniania złoża i przetwórstwa węgla brunatnego w rejonie Legnicy*. Wyd. Red. Górnictwo Odkrywkowe Wrocław 2008 ISBN 978-83-60905-16-6 ss. 78
- [7] Kozioł W., Kaczerewski T., *Diagnostyka procesu odkrywkowej eksploatacji złoża węgla brunatnego*. Przegląd Górniczy 2014 nr 10 ss. 41-45
- [8] Pfeifer M., *Grenzleistungen von Schaufelrädern*. Dissertation Bergakademie Freiberg 1967
- [9] Szepietowski S.W., *Zespół urabiania wielonaczyniowej koparki kołowej*. Wyd. Redakcja „Górnictwa Odkrywkowego”, ISBN 83-913875-7-7 Wrocław 2006 ss. 184



Z cyklu: „Pustka na granicy nicości”

Fot. Renata S-K