

# TECHNOLOGIA URABIANIA POKŁADU O MIĄŻSZOŚCI ODPOWIADAJĄCEJ GRUBOŚCI JEDNEJ STRUGI ZMODYFIKOWANEGO WIÓRA POZIOMEGO

## MINING TECHNOLOGY THE LAYER OF THICKNESS OF ONE STREAM THE MODIFIED HORIZONTAL CHIP

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

*Omówiono możliwości technologiczne urabiania wielonaczyniową koparką kołową pokładu o miąższości rzędu grubości wióra poziomego przy pracy zabierką czołową. Omówiono warunki umożliwiające stosowanie różnych odmian technologii oraz określono konsekwencje jakie mogą wynikać z ich zastosowania. Podano zależności opisujące poszczególne analizowane warianty technologii pracy koparki.*

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

*The technological possibilities of the bucket wheel excavator mining of the layer with thickness of the horizontal chip in frontal block were discussed. The conditions for using various technology variants are described and the consequences that may result from their application are described. The dependencies describing particular analyzed variants of excavator working technology are given.*

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

### Wprowadzenie

Wieloczerpakowe koparki kołowe tworzone były z myślą o zastosowaniu ich do eksploatacji dużych złóż i o znacznej miąższości pokładów, głównie nadkładowych. Występujące niejednokrotnie w tych złożach cienkie warstwy kopaliny były, jako nieopłacalne, usuwane wraz nadkładem.

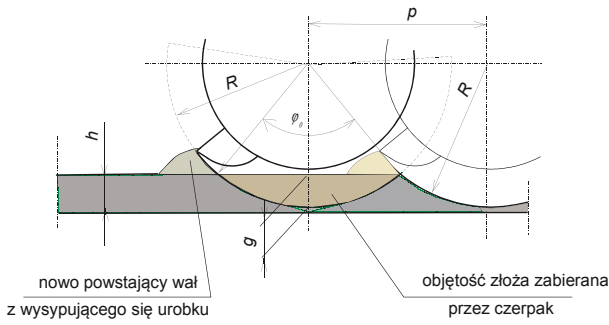
Wyczerpywanie się zasobów naturalnych narzuca konieczność, z jednej strony eksploatację złóż o rozwarstwieniu kopaliny na wiele przeważnie cienkich pokładów, jak i z drugiej selektywną eksploatację również pokładów o małej miąższości usuwanych dotychczas wraz z nadkładem [1]. Z tych względów teoria technologii urabiania koparką kołową stopni o zaniżonej miąższości wzbudza coraz większe zainteresowanie. Dotychczas nie jest ona rozwinięta w zadowalającym stanie. W literaturze można spotkać jedynie jej fragmenty, dotyczące niektórych wybranych sposobów urabiania takich pokładów. Istnieje jednak w zależności od względnej, w stosunku do średnicy koła czerpakowego, miąższości pokładu wiele jeszcze nie opisanych możliwości technologicznych. Niniejsza publikacja zawiera właśnie opis jednej z nich – urabianie jednej strugi zmodyfikowanym wiórem poziomym przy selektywnej pracy zabierką czołową.

### Geometria strugi urabianej zabierką czołową wiórem poziomym pokładu o miąższości rzędu wysokości czerpaka

W zasadzie koparką kołową, w miarę efektywnie, można urabiać pokłady o miąższości nawet zbliżonej do wysokości czerpaka. Wydaje się, że przy tak małej wysokości urabianego stopnia najefektywniejszą jest technologia urabiania wiórem przedstawionym na rysunku 1. Formalnie jest to wiór poziomy, gdyż uzyskuje się go poprzez opuszczanie koła czerpakowego. Jednak, przy takim kształcie wióra warunki wchodzenia czerpaka w caliznę odpowiadają wiórowi pionowemu. Dopiero od połowy jego „wysokości” uzyskuje on kształt właściwego wióra poziomego. Autor w swych pracach taki kształt wióra określa mianem zmodyfikowanego wióra poziomego [2]. Wymaga to jednak dużego podjazdu do urabiania kolejnej strugi, na tyle dużego, aby powierzchnia boczna wióra  $S_g$  miała kształt odcinka koła. Mianowicie:

$$p = 2 \sqrt{g(2R - g)} \quad (1)$$

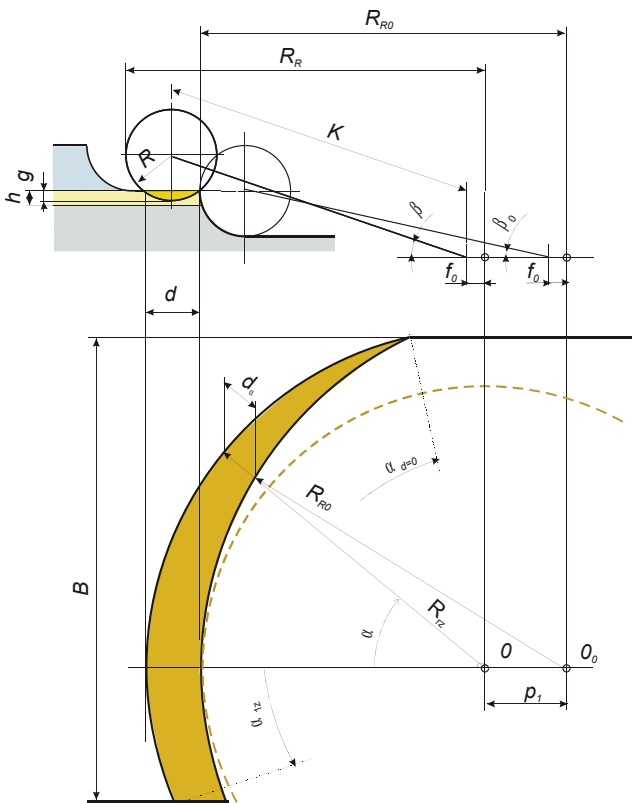
gdzie:  $p$  – podjazd,  $g$  – grubość wióra,  $R$  – promień koła czerpakowego.



Rys. 1. Specjalna technologia urabiania wiórem poziomym pokładu o miąższości zbliżonej do wysokości czerpaka  
 Fig. 1. Special mining technology of chip horizontal layer with a thickness similar to the height of the bucket

Wielkość tej powierzchni określa zależność [3]:

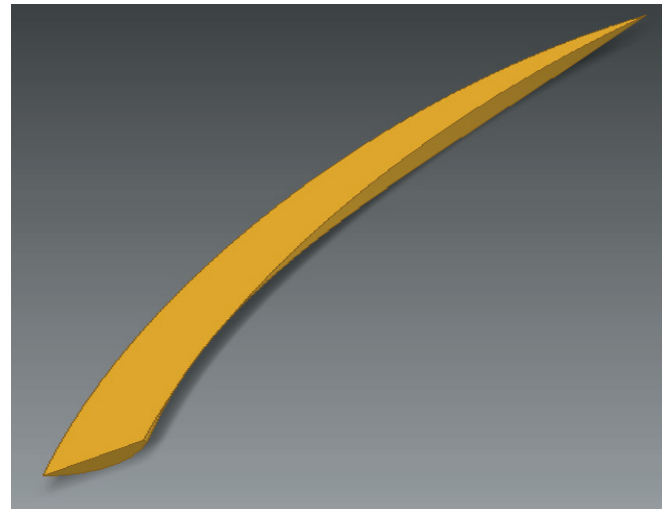
$$S_g = R \sqrt{g(2R - g) + \frac{4}{3}g^2} - (R - g) \sqrt{g(2R - g)} \quad (2)$$



Rys. 2. Geometria strugi urabianej zabierką czołową bez podpięter  
 Fig. 2. The geometry of the stream mining frontal block without sub-benches

Zasadniczo ten sposób pracy koparki odnosi się do urabiania podpiętami, gdy jednym z nich jest urabiany pokład. Zostało to opisane w publikacji [2]. Przy pracy zabierką czołową bez podpięter uzyskiwana głębokość zabioru na ogół nie umożliwia urabiania takim wiórem więcej niż jednej strugi (rys. 2). Wtedy dla tej „pierwszej” strugi wielkość powierzchni bocznej wióra ulega zmianie wraz kątem z obrotu nadwozia. Jest to rezultatem coraz większego nasuwania się teoretycznej strugi na obszar niższego stopnia, urobionego podczas poprzedniego zabioru. Obrót nadwozia koparki (względem kierunku jazdy) powoduje jednostronne skracanie długości poziomej wióra. Model takiej strugi pokazany jest na rysunku 3.

Jak wynika z rysunku 2, przy kącie obrotu nadwozia  $\alpha$  odcinki  $p_1$ ,  $R_{R0}$  oraz  $R_R - d_\alpha$  tworzą trójkąt. Zatem w oparciu o twierdzenie cosinusów otrzymuje się:



Rys. 3. Model strugi przy urabianiu selektywnym zabierką czołową pokładu o miąższości  $h \geq g$   
 Fig. 3. Stream model by selective mining of frontal block layer with a thickness  $h \geq g$

$$R_{R0}^2 = p_1^2 + (R_{rz} - d_\alpha)^2 - 2 p_1 (R_{rz} - d_\alpha) \cos(\pi - \alpha) \quad (3)$$

gdzie:  $\alpha$  - kąt obrotu nadwozia koparki względem kierunku jazdy,  $d_\alpha$  - rzeczywista pozostała długość wióra, przy kącie obrotu nadwozia  $\alpha$ ,  $R_{Rz}$  - zewnętrzny promień urabiania strugi, równy:

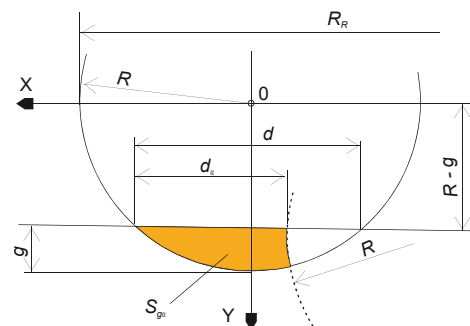
$$R_{Rz} = R_R - R + 0,5 d \quad (4)$$

Z kolei [3]:

$$d = 2 \sqrt{g(2R - g)} \quad (5)$$

Stąd rzeczywisty kąt obrotu nadwozia, przy którym uzyskuje się zerową wartość wióra wynosi:

$$\arccos \alpha_{d_\alpha=0} = \frac{R_{R0}^2 - [R_R - R + \sqrt{g(2R - g)}]^2 - p_1^2}{2(R_R - R + \sqrt{g(2R - g)}) p_1} \quad (6)$$



Rys. 4. Schemat dla obliczenia powierzchni bocznej wióra przy kącie obrotu nadwozia  $\alpha$   
 Fig. 4. Scheme for calculation of the chip side surface at the angle of rotation of the  $\alpha$  body

Zastępując obrys koła, przy urabianiu stopnia położonego poniżej przerostu, odcinkiem pionowym (rys. 4), co jest bardzo bliskie rzeczywistości, powierzchnię boczną wióra strugi, w zależności od kąta obrotu nadwozia, można wyznaczyć z zależności:

$$S_{ga} = \int_{x=-(d_a-0,5d)}^{x=0,5d} (\sqrt{R^2 - x^2} - (R - g)) dx =$$

$$= \int_{x=-(d_a-0,5d)}^{x=0,5d} \sqrt{R^2 - x^2} dx - \int_{x=-(d_a-0,5d)}^{x=0,5d} (R - g) dx \quad (7)$$

Pierwszą z całek, występującą w zależności (7) można obliczyć korzystając z podstawienia [4]:

$$x = R \sin t \quad (8)$$

Mianowicie:

$$\int \sqrt{R^2 - x^2} dx = R^2 \int \cos^2 t dt = R^2 \left[ \frac{1}{2}t + \frac{1}{4}\sin 2t \right] + C \quad (9)$$

Aby powrócić do zmiennej  $x$  w zależności (9) należy oczywiście skorzystać z podstawienia:

$$t = \arcsin \frac{x}{R} \quad (10)$$

Stąd ostatecznie:

$$S_{ga} = \frac{1}{4}d \sqrt{R^2 - \frac{1}{4}d^2} + \frac{1}{2} \left( d_a - \frac{1}{2}d \right) \sqrt{R^2 - \left( d_a - \frac{1}{2}d \right)^2} +$$

$$+ \frac{R^2}{2} \left( \arcsin \frac{d}{2R} + \arcsin \frac{2d_a - d}{2R} \right) - (R - g)d_a \quad (11)$$

**Odmiany technologiczne urabiania cienkiego pokładu zmienionym wiórem poziomym zabierką czołową**

W zależności od wielkości zabioru, przy selektywnym urabianiu zabierką czołową, można korzystać z wielu odmian technologii urabiania pokładu o miąższości nie odbiegającej od grubości zmodyfikowanego wióra poziomego. Wśród nich można wyróżnić dwie zasadnicze odmiany technologii.

Jedna z nich jest przedstawiona na rysunku 2. Ten sposób pracy możliwy jest przy najmniejszej wielkości zabioru, ale oczywiście nie mniejszym niż wynikającej z zależności (1). Wyróżnia go możliwość minimalizacji strat urabianego pokładu. Możliwe jest jednak zwiększenie wydajności efektywnej koparki, poprzez zwiększenie, w granicach możliwości, prędkości obrotu nadwozia wraz z kątem jego obrotu zgodnie z zależnością:

$$v_a = v_0 \frac{S_g}{S_{ga}} \quad (12)$$

gdzie:  $S_g$  - powierzchnia boczna wióra przy kącie obrotu nadwozia równym zero, określona zależnością (2),  $S_{ga}$  - powierzchnia boczna wióra przy kącie  $\alpha$  obrotu nadwozia,  $v_0$  - prędkość liniowa obrotu nadwozia koparki przy kącie jego obrotu równym zero,  $v_a$  - prędkość liniowa obrotu nadwozia przy kącie obrotu  $\alpha$ .

Granice możliwości wynikają z jednej strony z parametrów napędu obrotu nadwozia koparki oraz z drugiej z szerokości czerpaków na kole czerpakowym.

Przyjęcie niewielkiego uproszczenia (dopuszczalnego w tym przypadku): rysunek 2.

$$\beta = \beta_0 \quad (13)$$

prowadzi do zależności:

$$d_a \approx d \cos \alpha \quad (14)$$

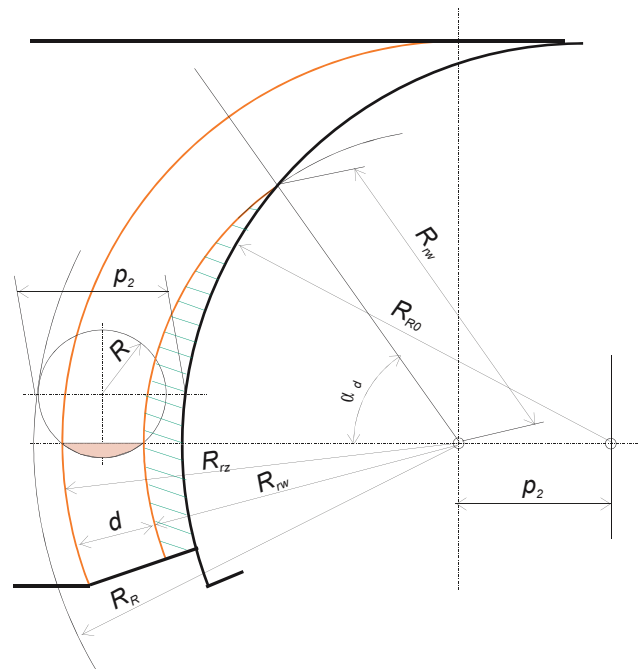
stąd:

$$S_{ga} \approx \frac{1}{4}d \sqrt{R^2 - \frac{1}{4}d^2} + \frac{1}{2}d \left( \cos \alpha - \frac{1}{2} \right) \sqrt{R^2 - d^2 \left( \cos \alpha - \frac{1}{2} \right)^2} +$$

$$+ \frac{R^2}{2} \left( \arcsin \frac{d}{2R} - \arcsin \frac{d(2 \cos \alpha - 1)}{2R} \right) - (R - g)d \cos \alpha \quad (15)$$

Podstawienie wzoru (15) do zależności (12) umożliwia wykorzystanie jej do sterowania pracą koparki.

Druga ze wspomnianych wyżej technologii, zobrazowana jest na rysunku 5. Można ją stosować gdy głębokość zabioru jest na tyle duża, że umożliwia podjazd do urabiania z pokładu pierwszej strugi większy od wartości określonej wzorem (1). Teoretycznie umożliwia uzyskanie największej wydajności efektywnej przy urabianiu selektywnym takiego pokładu zabierką czołową bez podpięter. Uzyskuje się stałą wydajność koparki aż do kąta obrotu nadwozia  $\alpha_d$ , bez zwiększania prędkości obrotu. Oczywiście można uzyskać stałą wydajność, przy większym kącie obrotu, zwiększając prędkość.



Rys. 5. Jedna z możliwych technologii urabiania zabierką czołową pokładu o miąższości odpowiadającej wysokości czerpaka  
 Fig. 5. A possible mining technology of frontal block layer with a thickness equivalent to the bucket height

Podobnie jak wynikało z rysunku 2 również z rysunku 4 wynika, że odcinki  $p_2, R_{rw}, R_{r0}$  tworzą trójkąt. Stąd po uwzględnieniu, że

$$R_{rw} = R_r - R - 0,5d \quad (16)$$

i zależności (5) otrzymuje się:

$$\arccos \alpha_d = \frac{R_{r0}^2 - \left( R_r - R - \sqrt{g(2R - g)} \right)^2 - p_2^2}{2 \left( R_r - R - \sqrt{g(2R - g)} \right) p_2} \quad (17)$$

gdzie:  $\alpha_d$  - kąt w zakresie którego uzyskuje się stałą wartość wydajności, przy tej samej prędkości obrotu nadwozia, pozostałe oznaczenia według rysunku 4.

Wykorzystanie zależności (17) do sterowania pracą koparki, ze względu na występowanie w niej kłopotliwej do określenia wielkości  $R_{R0}$ , może stwarzać znaczne utrudnienia. Przyjęcie i w tym przypadku uproszczenia (13) prowadzi do stwierdzenia  $R_{R0} \approx R_R$ , a to przy niewielkim błędzie, umożliwia eliminację wielkości  $R_{R0}$  z zależności (17).

Ten sposób pracy koparki wiąże się jednak ze zmniejszeniem stopnia wykorzystania zasobów, już i tak niewielkich, tego pokładu. Strata obejmuje część pokładu, leżąca przed urabianą strugą (obszar zakreskowany na rys. 5) jak i znajdujący się na nim wał urobku z poprzedniego zabioru. Przy jeszcze większej głębokości zabioru, można dodatkowo stosować różne warianty kolejnych urabianych strug w zależności od aktualnych warunków.

Urabianie strugi, w sposób przedstawiony na rysunku 5, umożliwi odpajanie wióra o objętości przekraczającej pojemność czepaka. W rezultacie uzyskuje się większy wał urobku wysypującego się z czepaka przed strugą. Zatem, przy niewielkim nadmiarze rozmiaru zabioru, najważniejsze byłoby urabianie następnej strugi wiórem pionowym.

## Podsumowanie

Pierwszy z opisanych zasadniczych sposobów urabiania zabierką czołową pokładu o miąższości zbliżonej do grubości

wióra poziomego, zobrazony na rysunku 2, cechuje się możliwie dużym stopniem wykorzystania zasobów pokładu. Ten sposób pracy powinien być stosowany przede wszystkim przy pracy podpiętami. Drugi, przedstawiony na rysunku 4, charakteryzujący się dążeniem do uzyskania możliwie dużej wydajności, odpowiada warunkom pracy bez podpięte.

Zaletą pracy podpiętami jest zmniejszenie liczby ruchów manewrowych mechanizmu jazdy oraz skrócenie sumarycznej długości drogi jazdy koparki w stosunku do pracy bez podpięte. Przy założeniu, że utworzenie każdego z podpięte zmniejsza o jeden liczbę stopni danego piętra, a tak jest zazwyczaj, to stopień zmniejszenia sumarycznej drogi przejazdu koparki podczas urabiania danego poziomu roboczego wyniesie:

$$Z_L = \frac{n_p - 1}{2n_s - 1} \quad \text{dla} \quad 2 \leq n_p \leq n_s \quad (18)$$

gdzie:  $n_p$  - liczba podpięte utworzonych na piętrze roboczym zamiast stopni,  $n_s$  - liczb stopni istniejących na poziomie roboczym, przy pracy bez podpięte,  $Z_L$  - stopień zmniejszenia długości drogi jazdy koparki.

Praca podpiętami, szczególnie przy urabianiu selektywnym, ma wiele zalet. Wymaga jednak tworzenia rozbudowanych pochylni z obu stron frontu roboczego koparki. Może to być nawet decydujące utrudnienie w przypadku stosunkowo krótkiego frontu. Ponadto, gdy przenośnik poziomy składa się z dwóch niezależnych członów, mogą wystąpić dodatkowo problemy z minięciem dodatkowej stacji napędowej [5].

## Literatura

- [1] Koziół W., Kaczerewski T., *Diagnostyka procesu odkrywkowej eksploatacji złoża węgla brunatnego*. Przegląd Górniczy 2014 nr 10 s. 41-45, ISSN 0033-216X
- [2] Szepietowski S. W., *Problemy urabiania selektywnego*. Górnictwo Odkrywkowe nr 6 2016 s. 28-34, ISSN 0033-2075
- [3] Poradnik Mechanika tom I/II Wydaw. Naukowo-Techniczne Warszawa 1985
- [4] Фихтенгольц Г. М. *Курс Дифференциального и Интегрального Исчисления*. 7«НАУКА», Москва 1966
- [5] Broniewski J., *Opracowanie technologii obejścia pośrednich stacji napędowych przenośników poziomych przez koparki typu KWK 1500 wraz z technologią ich pracy*. Opracowanie Zakładów Naukowych Centralnego Ośrodka Badawczego Projektowego Górnictwa Odkrywkowego POLTEGOR we Wrocławiu, nr. arch. 38955. Praca niepubl.



Z cyklu: Tajemnicza moc nacieków mineralnych

Fot. Renata S-K