ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1990

Seria: GÓRNICTWO z. 186 Nr kol. 1073

HYONG Jong Gol

Instytut Mechanizacji Górnictwa
Politechniki Śląskiej, Gliwice

ANALIZA OGÓLNA PARAMETRÓW KONSTRUKCYJNYCH ORGANU ŚLIMAKOWEGO I KOMBAJNU WPŁYWAJĄCYCH NA ZDOLNOŚĆ ŁADOWANIA UROBKU

Streszczenie. W referacie przeanalizowano wpływ ogólnych czynników na zdolność ładowania urobku na przenośnik zgrzebłowy oraz przedstawiono najistotniejsze czynniki wypełnienia i cyrkulacji w procesie ładowania ślimakowym organem urabiającym i sposób obliczenia wydajności ładowania.

1. WSTĘP

W kopalniach stosuje się organy ślimakowe, których zwoje przepychają urobek odspojony ku przenośnikowi i załadowują na przenośnik.
W pracy kombajnu zachodzą cztery główne procesy; jeden to odrywanie od calizny cząstek skały odpowiednim działaniem narzędzi, drugi to usuwanie urobku bezpośrednio z miejsca pracy narzędzi dla umożliwienia dalszego skrawania, trzeci to wtórne kruszenie urobku narzędziami urabiającymi, czwarty to ładowanie urobku na przenośnik.
Załadunek odspojonego od calizny węgla na ścianowy przenośnik zgrzebłowy jest jedną z podstawowych operacji technicznych. Wydajność procesu usuwania urobku z przestrzeni wewnętrznej organu urabiającego musi być co najmniej równa wydajności procesu urabiania, ponieważ w przeciwnym razie występuje dławienie elementu urabiającego urobkiem, co powoduje dodatkowe kruszenie węgla, bezproduktywne zużywanie na to energii oraz zwiększenie oporów ruchu zarówno skrawania jak i posuwu. Skuteczność procesu ładowania jest czynnikiem determinującym zarówno technologię urabiania kombajnem ściany jak i efektywność całego systemu mechanizacyjnego.

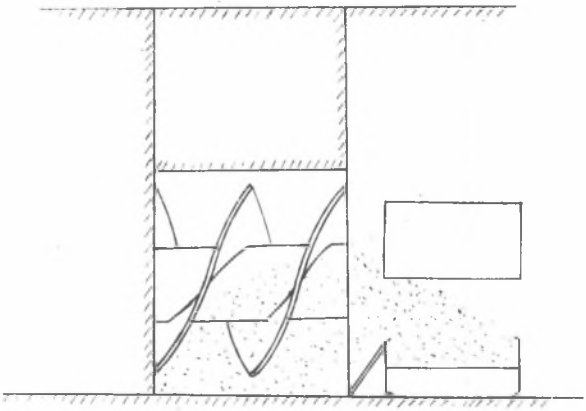
Proces ładowania urobku organem urabiającym kombajnu jest bardzo złożony i zależy od wielu czynników konstrukcyjnych samego organu, kombajnu, przenośnika ścianowego oraz w dużej mierze od czynników eksploatacyjnych związanych z warunkami górniczo-geologicznymi i górniczo-technicznymi.

2. OKREŚLENIE ZDOLNOŚCI (WYDAJNOŚCI) ŁADOWANIA UROBKU

Załadunek organu ślimakowego dokonywany jest:

- organem urabiającym kombajnu w trakcie urabiania i ruchu manewrowego,
- klinem ładującym przenośnik w trakcie przesuwania przenośnika do czoła ściany,
- samoczynnie wskutek samostaczania się urobku.

Na rys. 1 pokazano proces ładowania urobku organem ślimakowym.



Rys. 1. Proces ładowania urobku organem
Fig. 1. Process of loading by the winning organ

Ilość samostaczania się urobku można obliczyć następującym wykresem, który pokazano na rys. 2 [7].
Według [1,6] zdolność ładowania urobku ślimakowym organem urabiającym Q_τ wyraża się następującym wzorem:

① w przypadku bez zjawiska cyrkulacji urobku

$$Q_\tau = \frac{\pi}{4}\left(D_{śr}^2 - d^2\right)\left(1 - \frac{\delta N}{S\cos\alpha}\right) \cdot S \cdot n \quad \varphi_{wy}, \quad [m^3/min] \qquad (1)$$

przy czym $D_{śr}$ wynosi:

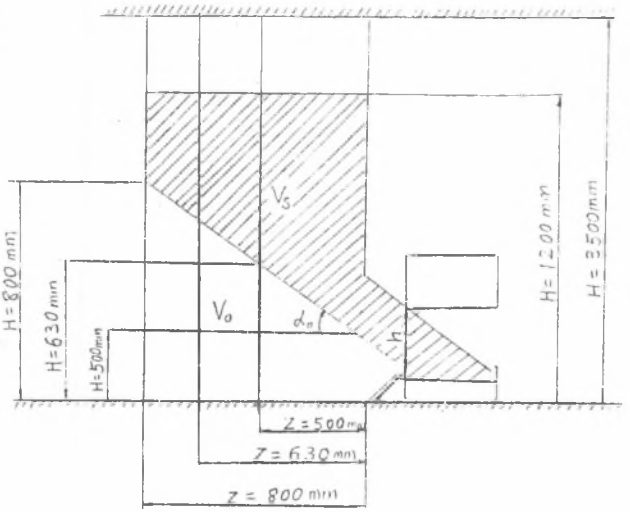
$$D_{śr} = \sqrt[S]{D^2 + \frac{4 \cdot 360(F_u + F_n)}{\pi\beta}} \cong \frac{D_n + D}{2}, \quad [m] \qquad (2)$$

przyjmując:

$$S = \pi D \quad tg\,\alpha,$$

możemy napisać:

$$Q_{\tau} = \frac{\pi}{4}\left(D_{śr}^2 - d^2\right)\left(1 - \frac{\delta N}{\pi D \sin\alpha}\right) S \cdot n \cdot \varphi_{wy}, \quad \left[m^3/min\right]. \qquad (3)$$



Rys. 2. Wykres obliczenia samostaczania się urobku
V_o - ilość urobku będąca do ładowania organem, V_s - ilość samostaczania się urobku, z - zabiór, H - wysokość pokładów węgla, α_o - kąt nachylenia pryzmy urobku pozostającego na spągu, h - wysokość prześwitu

Fig. 2. Diagram for computing self-rolling of a winning
V_o - quantity of a winning for loading by a winning organ, V_s - quantity of a self-rolling winning, z - web, H - hight of the coal seams, α_o - inclination angle of a pile of winning laying on a floor, h - hight of clearance

② w przypadku zjawiska cyrkulacji urobku:

$$Q_{\tau} = \frac{\pi}{4}\left(D_{śr}^2 - d^2\right)\left(1 - \frac{\delta N}{\pi D \sin\alpha}\right) S.n.\varphi_{wy}/K_c, \quad \left[m^3/min\right] \qquad (4)$$

gdzie:

D_n - średnica organu urabiającego z uwzględnieniem noży, m
D - średnica organu urabiającego (ślimaka), m
d - średnica piasty organu, m
N - liczba płatów ślimaka,
β - centralny kąt między sąsiednimi uchwytami, stopnie
F_u - powierzchnia boczna uchwytu nożowego, m^2
F_n - grubość ślimaka (płata) w przekroju prostopadłym, m

δ - grubość ślimaka (płata) w przekroju prostopadłym, m
s - skok ślimaka, m
α - kąt pochylenia ślimaka, stopnie
n - prędkość obrotowa organu urabiającego, min^{-1}
φ_{wy} - współczynnik wypełnienia ślimaka w miejscu wychodu urobku,
K_c - współczynnik cyrkulacji urobku.

Jak widać ze wzorów (3), (4) zdolność ładowania urobku ślimakowym organem urabiającym zależna jest od wielu czynników, a to od:

- konstrukcji samego organu urabiającego,
- parametrów kombajnu i przenośnika ścianowego,
- warunków naturalnych i technicznych przodka ścianowego.

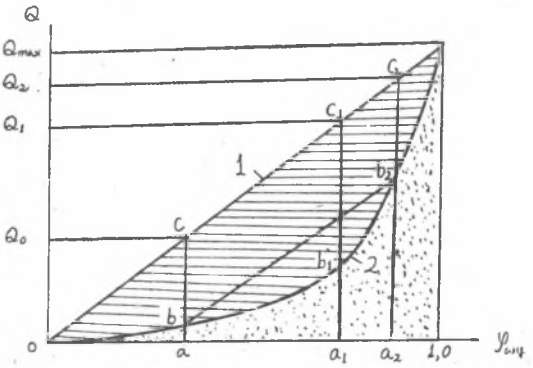
Przede wszystkim na zdolność ładowania urobku organem ślimakowym wpływają: średnica ślimaka, średnica piasty, kąt pochylenia ślimaka, skok ślimaka, prędkość posuwu kombajnu, prędkość obrotowa organu urabiającego i współczynnik wypełnienia urobku oraz współczynnik cyrkulacji urobku. Oprócz wyszczególnionych czynników wpływ wywiera także: liczba płatów ślimaka, kierunek obrotu organu urabiającego, wysokość rynien przenośnika, wysokość prześwitu, wysokość ścian, kąt naturalnego usypu urobku, kąt nachylenia podłużnego itp.

3. WPŁYW WSPÓŁCZYNNIKÓW WYPEŁNIENIA I CYRKULACJI UROBKU NA ZDOLNOŚĆ ŁADOWANIA

Najistotniejszym współczynnikiem charakteryzującym organ urabiający, a wiążącym się z podanymi powyżej czynnikami, są współczynniki wypełnienia i cyrkulacji urobku. Stosunek rzeczywistego pola przekroju strumienia urobku do maksymalnego możliwego pola przekroju strumienia określono współczynnikiem wypełnienia urobku [4]:

$$\varphi_{wy} = \frac{F_{st}}{F_{st\ max}} \tag{5}$$

Na rys. 3 podano zależność zdolności ładowania urobku od współczynnika wypełnienia [4,6].
Jak wynika z rys. 3 przy zwiększeniu współczynnika wypełnienia zmienia się wydajność ładowania wprost proporcjonalnie (prosta 1) natomiast ilość cyrkulującego urobku zmienia się krzywoliniowo (krzywa 2). Przy wzroście współczynnika wypełnienia do określonej wielkości (a) rośnie proporcjonalnie ilość cyrkulującego węgla. W przedziale (o - a) współczynnik cyrkulacji ma stałą wartość. W tym przypadku ilość cyrkulującego węgla jest równa ilości urobku wrzuconej nożami poprzez piastę do przestrzeni roboczej organu.



Rys. 3. Zależność zdolności ładowania urobku od współczynnika wypełnienia

▤ - praktyczna wydajność ładowania, ⊡ - ilość cyrkulującego węgla

Fig. 3. Dependence of loading ability ⊡ - ilość cyrkulującego węgla

- practical loading capacity, - quantity of a circulating coal

Współczynnik wypełnienia w punkcie (a) nazywany jest optymalnym współczynnikiem wypełnienia ($\varphi_{wy\ .\ opt}$).

Po przekroczeniu optymalnego współczynnika wypełnienia $\varphi_{wy\ opt}$ szybko rośnie ilość cyrkulującego węgla. Gdy wystąpi zjawisko dławienia ($\varphi_{wy} = 1$) urobek nie jest ładowany, a występuje tylko cyrkulacja węgla.

Chociaż teoretyczna wydajność ładowania urobku osiąga maksimum, praktycznie ładowanie nie występuje. Przy wysokim współczynniku wypełnienia (a_2) wydajność ładowania Q_2 jest większa od Q_0, ale praktyczna wydajność ładowania urobku jest równa:

$$ac - ab = a_2 c_2 - a_2 b_2 = bc = b_2 c_2 \qquad \text{(p.rys.3)}$$

To znaczy praktycznie wydajność ładowania Q_2 jest równa Q_0. Jeżeli współczynnik wypełnienia jest większy od wartości optymalnej to wzrastają znacznie opory ładowania urobku. Po przekroczeniu $\varphi_{wy\ max}$ zmniejsza się praktyczna wydajność ładowania, ale zwiększa się cyrkulacja. Współczynnik ten zależy od prędkości obrotowej organu, prędkości posuwu kombajnu, kąta pochylenia ślimaka, średnicy ślimaka, średnicy piasty, stopnia chropowatości.

W czasie pracy kombajnów stopień wypełnienia przestrzeni roboczej organu urabiającego uzależniony jest przede wszystkim od wymiarów geometrycznych organu urabiającego, ponieważ zdolność ładowania organem urabiającym zależy proporcjonalnie od kwadratu średnicy ślimaka.

Warunkiem prawidłowego ładowania urobku organem ślimakowym jest, aby urobiony węgiel w ilości Q_u był równy urobkowi załadowanemu na przenośnik Q_τ.

W związku z tym współczynnik wypełnienia powinien być możliwie jak najmniejszy; powoduje to korzystne odprowadzanie węgla na przenośnik zgrzebłowy, małą cyrkulację urobku i małe jego kruszenie.
Zjawisko cyrkulacji charakteryzuje się współczynnikiem cyrkulacji. Współczynnikiem cyrkulacji nazywamy stosunek ilości ładowania urobku do ilości urabiania [4]:

$$K_c = \frac{Q_\tau}{Q_u} = \frac{Q_u + Q_c}{Q_u} = 1 + \frac{Q_c}{Q_u} \tag{6}$$

gdzie:

Q_c - ilość materiału podlegającego cyrkulacji,
Q_u - ilość materiału urobionego.

Współczynnik cyrkulacji uzależniony jest od prędkości obrotowej organu urabiającego, prędkości posuwu kombajnu, stopnia wypełnienia urobku, kąta pochylenia ślimaka, kierunku obrotów organu, liczby płatów ślimaka, liczby linii skrawania, liczby noży w linii skrawania. Prędkość posuwu kombajnu znacznie wpływa na zdolność ładowania urobku, współczynniki wypełnienia i cyrkulacji urobku. Z warunku $Q_u = Q_\tau$ wynika, wyrażenie na optymalną prędkość posuwu [3]

$$v_{p\ opt} = K_v \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4\,D} \cdot \frac{S}{Z} \cdot n \quad [m/min] \tag{7}$$

Można wyliczyć następującym wzorem prędkość obrotową organu urabiającego, która też wpływa na zdolność ładowania, współczynniki wypełnienia i cyrkulacji urobku [5]:

$$n_{opt} = \frac{v_{p\ opt}}{l} = \frac{v_{p\ opt}}{g\,N_n}, \quad [min^{-1}] \tag{8}$$

gdzie:

l - droga posuwu organu przypadająca na jeden obrót organu, [m/ob.]
g - głębokość warstwy skrawania na jeden obrót organu, [m/ob.]
N_n - liczba noży w linii skrawania.

Liczba noży również wpływa na współczynnik cyrkulacji, ale jej wpływ jest niewielki, dlatego można nie uwzględniać przy projektowaniu kombajnu. Przy nadsiębiernej pracy organu urabiającego powiększa się cyrkulacja, przy podsiębiernej pracy organu zmniejsza.

Modernizacja organów urabiających charakteryzuje się trzema wskaźnikami:

- wskaźnikiem zużycia mocy,
- wskaźnikiem kruszenia urobku,
- zdolnością urabiania i ładowania.

Proces ładowania urobku organem urabiającym odspojonego od calizny węgla na ścianowy przenośnik zgrzebłowy jest jedną z podstawowych operacji technicznych realizowanych przez kombajn ślimakowy. Dlatego koniecznie musi uwzględniać przy projektowaniu kombajnu ścianowego czynniki wpływające na zdolność ładowania urobku na przenośnik zgrzebłowy.
Dla przykładu obliczamy współczynnik wypełnienia urobku organu ślimakowego kombajnu KWB-3RDUW.

W tablicy 1 przedstawiono dane techniczne kombajnu KWB-3RDUW.

Tablica 1

Dane techniczne

Lp.	D_n [mm]	D [mm]	d [mm]	S [mm]	α stopień	δ [mm]	N	H [m]	Z [m]
1	1800	1646	535	1985	21	36	4	3,5	0,63

Współczynnik wypełnienia urobku można liczyć następującym wzorem [6]:

$$\varphi_{wy} = \frac{Z \cdot V_p \left(K_1 \cdot H \cdot K_r - K_2 \frac{D_n - D_{śr}}{2}\right)}{\frac{\pi}{4}\left(D_{śr}^2 - d^2\right)\left(1 - \frac{\delta N}{\pi D \sin\alpha}\right) S_m} \tag{8}$$

gdzie:

k_1 - stosunek ilości urabiania do ilości ładowania dolnym organem,

k_2 - współczynnik uwzględniający kierunek organu urabiającego i kąt naturalnego usypu urobku (1,25),

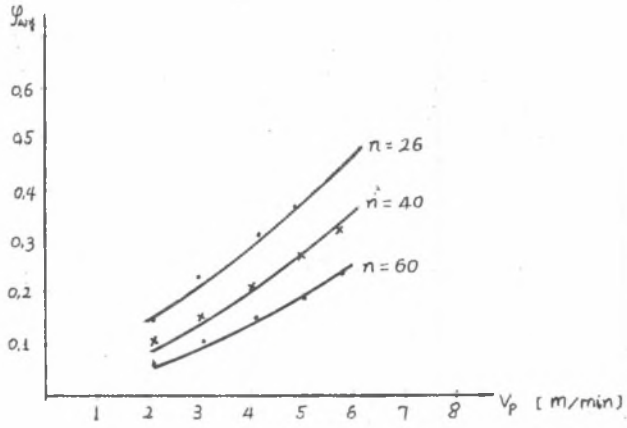
k_r - współczynnik rozluzowania.

W tablicy 2 przedstawiono współczynnik wypełnienia urobku dla różnych prędkości obrotowych organu urabiającego.

Tablica 2

Lp.	Prędkość obrotowa $n[min^{-1}]$	Współczynnik wypełnienia φ_{wy}				
		V_p= 2 m/min	V_p=3 m/min	V_p=4m/min	V_p=5m/min	V_p=6 m/min
1	26	0,15	0,23	0,31	0,35	0,46
2	40	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
3	60	0,06	0,10	0,13	0,16	0,20

Na rys. 4 pokazano zależność współczynnika wypełnienia od prędkości posuwu kombajnu ścianowego przy różnych prędkościach obrotowych organu urabiającego.



Rys. 4. Zależność współczynnika wypełnienia od prędkości posuwu kombajnu
Fig. 4. Dependence of coefficient of filling on a shearе speed

WNIOSKI

1. Optymalny współczynnik wypełnienia organu urabiającego urobkiem zawiera się w granicach 0,3 - 0,6. Jeżeli ten współczynnik jest mniejszy od 0,3 albo większy od 0,6, wydajność ładowania się zmniejsza.

2. Wraz ze wzrostem prędkości posuwu kombajnu ścianowego rośnie współczynnik wypełnienia.
Ten współczynnik wahał się w granicach 0,15 - 0,46 przy wzroście prędkości posuwu kombajnu od 2 do 6 m/min przy $n = 26\ min^{-1}$.

3. Wzrost prędkości obrotowej organu urabiającego powoduje zmniejszenie współczynnika wypełnienia.
Ten współczynnik wahał się w zakresie 0,06 - 0,15 przy wzroście prędkości obrotowej od 26 do 60 min^{-1}, V = 2 m/min.

LITERATURA

[1] Jaromin Z.: Badanie wychodu sortymentów węgla i zdolność ładowania w zależności od typu organu urabiającego kombajnu. Mechanizacja Górnictwa 36/1971.

[2] Jaszczuk M.: Wpływ technologii urabiania oraz średnic organów urabiających na załadunek urobku na przenośnik zgrzebłowy. ZN Pol.Śl. s.Górnictwo z. 137, Gliwice 1985.

[3] Opolski T., Korecki Z.: Ścianowe kombajny węglowe. Wyd. Śląsk, Katowice 1977.

[4] Minicew V.T.: Ugle-dobyvajuscie kombajny. Moskwa 1976.

[5] Savev L.M.: Vzaimosviaz parametrow otbojki i pogruzki ugla snekowym ispolnitielnym organom Vyjemocnogo kombajna. Izviestia Wysich ucebnych zaviedieni, Gornyj Żurnal 1979/1.

[6] Sek Zincho: Tangang gigeselbi. Phenian 1978.

[7] Dokkin A.: Vybor parametrów wyemocnych maszyn. Moskwa 1976.

[8] Bojko H.G.: Osnovy teorii wygryzki uglja snekowym ispolnitelinym organem. Ugol 12/1984.

Recenzent: Prof. dr inż. Włodzimierz Sikora

Wpłynęło do Redakcji w styczniu 1990

ОБЩИЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ
ЧЕРВЯЧНОГО ОРГАНА И КОМБАЙНА, ВЛИЯЮЩИХ
НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОГРУЗКИ ДОБЫЧИ

Р е з ю м е

В работе проанализировано влияние общих факторов на погрузку добычи на скребковый конвейер, а также наиболее важных факторы заполнения и циркуляции в процессе погрузки червячным органом и способ разчета производительности погрузки.

GENERAL ANALYSIS OF CONSTRUCTIONAL PARAMETERS
FOR WORM TYPE WINNING ORGAN AND SHEARER
INFLUENCING ITS LOADING CAPACITY

S u m m a r y

In the paper analysis of general factors influencing loading capacity of shearer was done. Main factors deciding to which degree AFC is loaded and phenomenan of load circulation is considered. The way of calculation of shearer loading autput is also presented.