ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1987

Seria: GÓRNICTWO z. 154 Nr kol. 1020

Włodzimierz SIKORA, Krzysztof BĄK
Robert KLICH
Instytut Mechanizacji Górnictwa
Politechnika Śląska

DYNAMIKA PRACY GŁOWICY URABIAJĄCEJ KOMBAJNU CHODNIKOWEGO TYPU AM-50

Streszczenie. Praca głowicy urabiającej kombajnu chodnikowego jest bardzo złożona. Działające na poszczególne noże siły są zmienne w czasie i zależą od wielu czynników. Przeprowadzono analizę głowicy urabiającej oraz obliczenia działających sił. Wyznaczono na podstawie konstrukcji głowicy kolejność wchodzenia poszczególnych noży w proces skrawania. Wyznaczono wielkość sił działających na noże, a następnie po ich zsumowaniu wyznaczono sumaryczną siłę skrawania, a na tej podstawie moment obrotowy. Przeprowadzono również analizę pracy noży jako proces stochastyczny. Siły skrawania każdego noża zmieniają się od 0 do maksimum. Jednakże wielkości tych sił są rozłożone w czasie i sumaryczna siła nie jest sumą sił średnich, ale nie jest także sumą sił maksymalnych. Zastosowanie rachunku stochastycznego pozwoliło na wyznaczenie prawdopodobnego rozkładu sił. Obliczone wartości porównano z wynikami pomiarów poboru mocy przez głowice urabiające kombajnów AM-50. Zaistniałe różnice wynikają z braku dostatecznej ilości badań głównie noży stożkowych. Dotychczasowe teorie wyznaczania sił skrawania odnoszą się do noży klinowych, stąd sformułowano wnioski dotyczące konieczności przeprowadzenia wszechstronnych badań noży stożkowych.

1. WSTĘP

Pobór mocy silnika głowicy urabiającej, moment użyteczny oraz siły skrawania zmieniają się w złożony sposób w czasie pracy organu urabiającego. Główną przyczyną tego jest zmienność sumy sił skrawania. Do podstawowych przyczyn wahań sumy sił skrawania należą [4]:

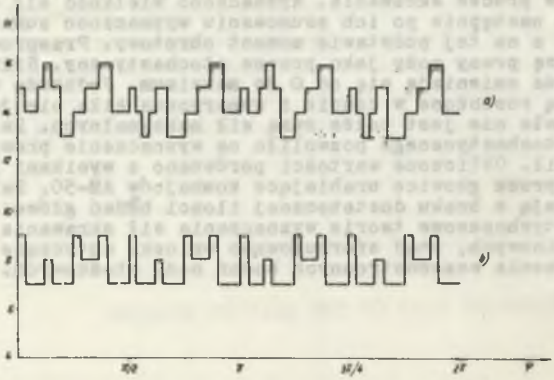
1. Zmiany własności i stanu węgla oraz skał towarzyszących.
2. Zmiany liczby pracujących równocześnie noży, wynikające z nierówności czoła przodku oraz z wchodzenia i wychodzenia noży ze strefy skrawania. Zmiany te zależą od układu noży na organie.
3. Zmiany głębokości skrawu wynikające ze zmian prędkości posuwu oraz z różnego wysunięcia i oddalenia noży na jednej linii.
4. Różnice wynikające z różnych typów skrawów (otwierający, półotwarty, półwgłębiony itp.) oraz z różnego stanu stępienia ostrzy.
5. Zmiany sił skrawania jednym nożem wynikające z cyklicznego odrywania większych bryłek i miażdżenia skały powierzchnią natarcia.

Do przyczyn zmian sumy sił skrawania można również zaliczyć znaczną różnicę prędkości skrawania noży usytuowanych na największych i na najmniejszych średnicach oraz zmiany tej prędkości w obrębie strefy skrawania. Istnieje bowiem zależność oporów skrawania od prędkości skrawania.

Znajomość wartości sumy średnich sił skrawania, zmienności tej wartości, wartości maksymalnych i prawdopodobieństwa działania określonej sumy sił większej od średniej ma istotne znaczenie przy projektowaniu i ocenie pracy elementów urabiających. Pozwala między innymi na ich ocenę z punktu widzenia wytrzymałości zmęczeniowej.

2. ANALIZA PODSTAWOWYCH PRZYCZYN POWODUJĄCYCH ZMIANY SUMY SIŁ SKRAWANIA

Kombajny chodnikowe pracują w różnorodnych warunkach, w większości przypadków w chodnikach kamienno-węglowych i węglowo-kamiennych. Zaobserwowano znaczny wzrost amplitudy wahań poboru mocy silnika głowicy urabiającej podczas urabiania skał towarzyszących [8].



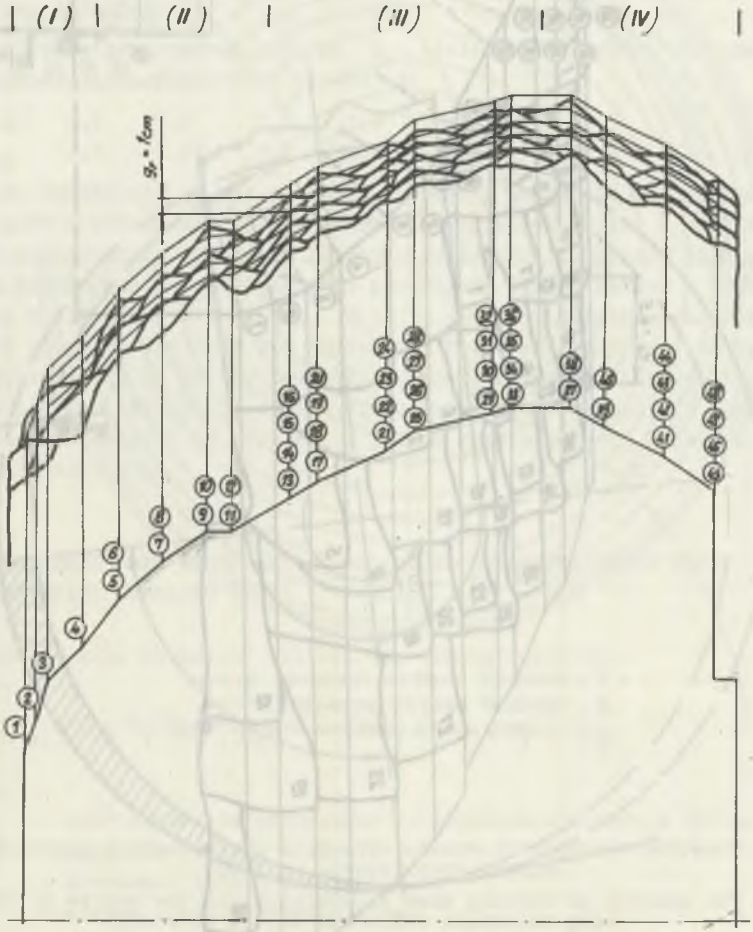
Rys. 1. Przebieg zmian liczby czynnych noży w okresie jednego obrotu organu
a - grubość warstwy urabianej (poziomej): 300 mm, b - grubość warstwy urabianej (poziomej): 90 mm

Fig. 1. Course of changes of the number of working cutters in time of one organ cycle
a) thickness of mining layer (horizontal): 300 mm, b) thickness of mining layer (horizontal): 90 mm

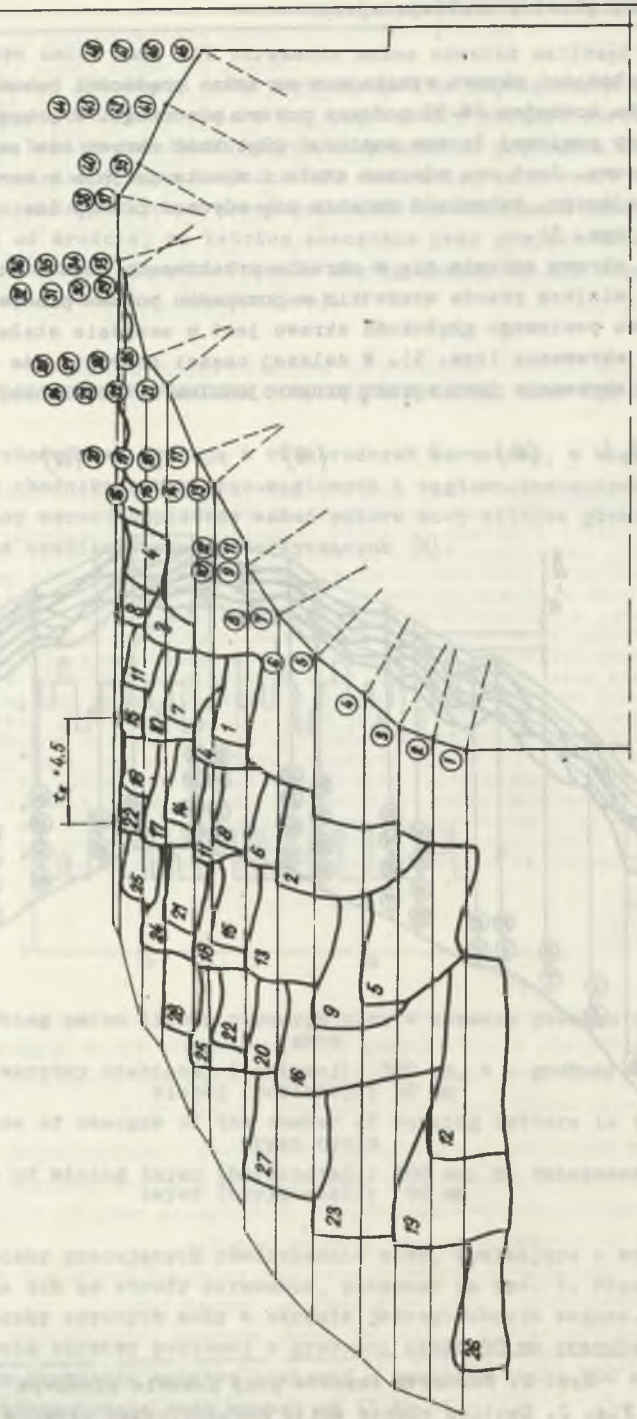
Zmiany liczby pracujących równocześnie noży, wynikające z wchodzenia i wychodzenia ich ze strefy skrawania, pokazano na rys. 1. Przedstawiono tu zmiany liczby czynnych noży w okresie jednego obrotu organu. W przypadku urabiania warstwy poziomej o grubości około 90 mm pracuje 7-9 noży, a w przypadku urabiania warstwy poziomej o grubości około 300 mm liczba pracujących równocześnie noży wynosi od 13 do 16.

Zmiany głębokości skrawu wynikające ze zmian prędkości posuwu występują w przypadku kombajnu AM-50 podczas posuwu pionowego. W przypadku urabiania warstwy poziomej (posuw poziomy) głębokość skrawu nie zależy od prędkości posuwu. Jest ona wówczas stała i wynika jedynie z konstrukcji organu urabiającego, natomiast zmienia się wówczas odstęp linii skrawania t (rys. 2 i rys. 3).

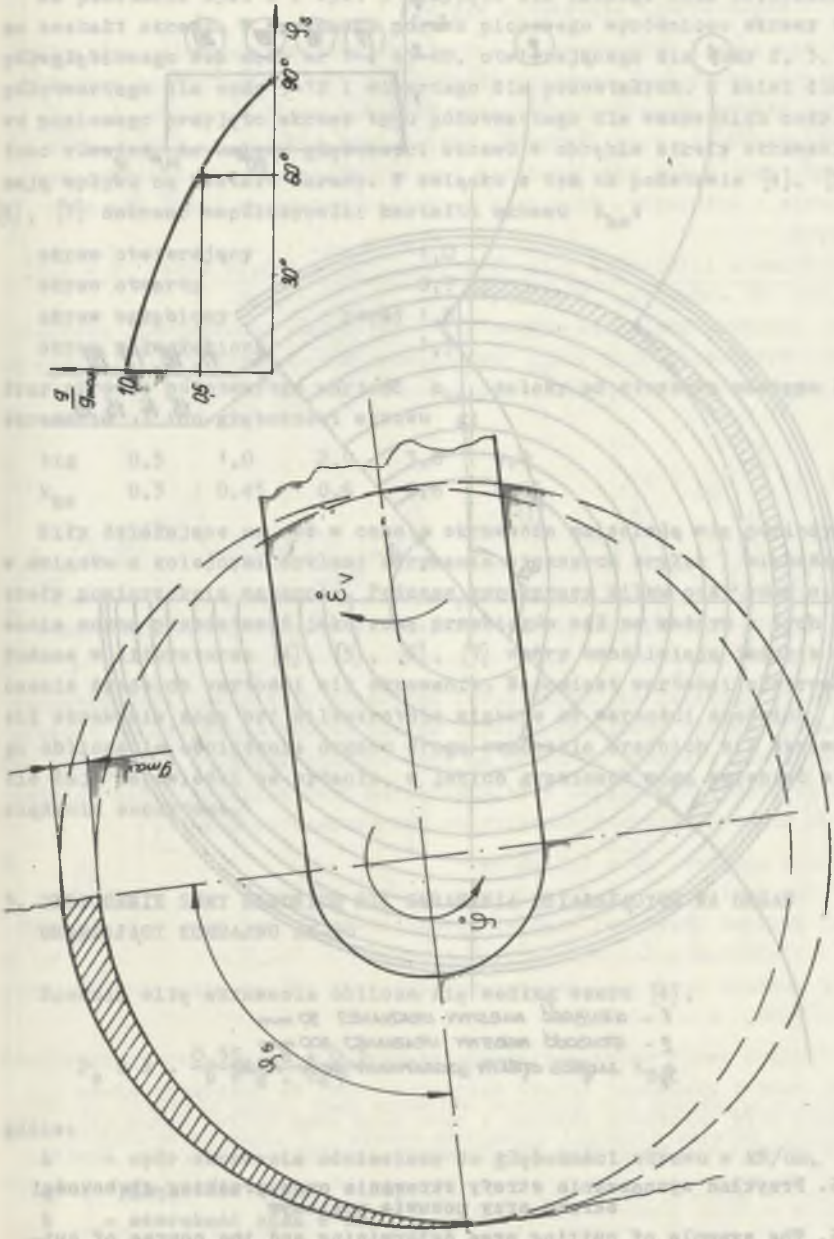
Głębokość skrawu zmienia się w okresie przebywania noża w strefie skrawania. Ma to miejsce przede wszystkim w przypadku posuwu pionowego (rys. 4). Dla posuwu poziomego głębokość skrawu jest w zasadzie stała w obrębie całej strefy skrawania (rys. 5). W dalszej części przyjęto, że wartość średnia siły skrawania jest wprost proporcjonalna do głębokości skrawu,



Rys. 2. Kształty skrawów przy posuwie pionowym
Fig. 2. Cutting shapes while perpendicular advance

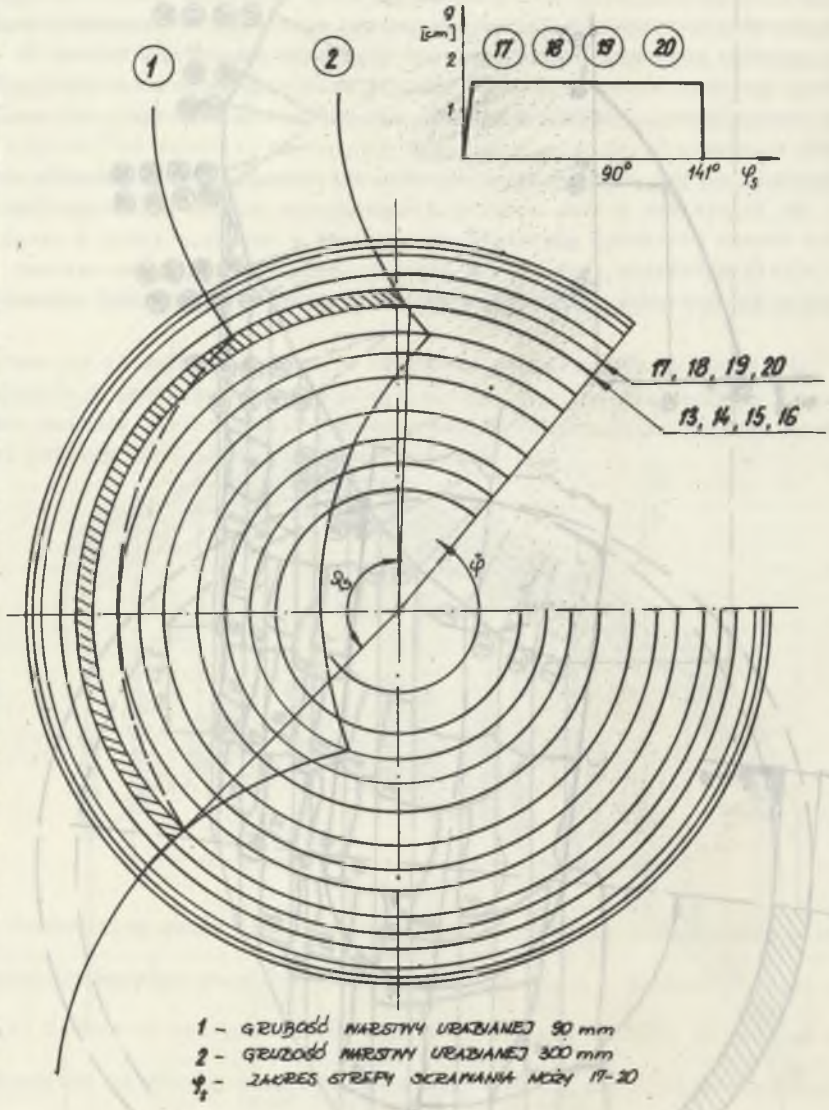


Rys. 3. Kształty skrawów przy posuwie poziomym
Fig. 3. Cutting shapes while horizontal advance



Rys. 4. Przykład wyznaczania strefy skrawania oraz przebieg głębokości skrawu przy posuwie pionowym

4. The example of cutting area determining and the course of cutting thickness while perpendicular advance



Rys. 5. Przykład wyznaczania strefy skrawania oraz przebieg głębokości skrawu przy posuwie poziomym

Fig. 5. The example of cutting area determining and the course of cutting thickness while horizontal advance

tzn. przebieg głębokości skrawu i przebieg siły skrawania są dla danego noża identyczne.

Na podstawie rys. 2 i rys. 3 przyjęto dla każdego noża odpowiadający mu kształt skrawu. W przypadku posuwu pionowego wyróżniono skrawy typu półwgłębionego dla noży nr 1 i 45-48, otwierającego dla noży 2, 3, 4, półotwartego dla noży 5-12 i otwartego dla pozostałych. Z kolei dla posuwu poziomego przyjęto skrawy typu półotwartego dla wszystkich noży. Założono również, że zmiany głębokości skrawu w obrębie strefy skrawania nie mają wpływu na kształt skrawu. W związku z tym na podstawie [4], [5], [6], [7] dobrano współczynniki kształtu skrawu k_{ks}:

skraw otwierający	1,0
skraw otwarty	0,5
skraw wgłębiony	ponad 1,5
skraw półwgłębiony	1,3

Przy skrawie półotwartym wartość k_{ks} zależy od stosunku odstępu linii skrawania t do głębokości skrawu g:

t:g	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0
k_{ks}	0,3	0,45	0,6	0,8	0,95

Siły działające na nóż w czasie skrawania zmieniają się periodycznie w związku z kolejnymi cyklami odrywania większych bryłek i miażdżenia skały powierzchnią natarcia. Podczas współpracy kilku noży sumę sił skrawania można przedstawić jako sumę przebiegów sił na każdym z tych noży. Podane w literaturze [4], [5], [6], [7] wzory umożliwiają jedynie wyznaczenie średnich wartości sił skrawania. Natomiast wartości ekstremalne sił skrawania mogą być kilkakrotnie większe od wartości średnich. Dlatego obliczanie obciążenia organu drogą sumowania średnich sił skrawania nie daje odpowiedzi na pytanie, w jakich granicach mogą zmieniać się obciążenia szczytowe.

3. OBLICZENIE SUMY ŚREDNICH SIŁ SKRAWANIA DZIAŁAJĄCYCH NA ORGAN URABIAJĄCY KOMBAJNU AM-50

Srednią siłę skrawania oblicza się według wzoru [4],

$$P_s = A \cdot \frac{0,35 \cdot b + 0,3}{b + g \cdot tg\psi} \cdot t \cdot g \cdot k_\gamma \cdot k_s \cdot k_{od} \qquad (1)$$

gdzie:

- A - opór skrawania odniesiony do głębokości skrawu w kN/cm,
- g - głębokość skrawu w cm,
- b - szerokość noża w cm,
- t - odstęp linii skrawania w cm,
- ψ - kąt bocznego rozkruszenia w stopniach,

k_γ - współczynnik uwzględniający wpływ kąta natarcia,
k_{ks} - współczynnik uwzględniający kształt skrawu,
k_{od} - współczynnik odprężenia węgla.

Wzór ten został opracowany na podstawie badań przeprowadzonych w ZSRR. Kształt noża stożkowego kombajnu AM-50 różni się zasadniczo od kształtu noży, nad którymi prowadzono badania. Wartości współczynników k, k_{ks}, k_{kd} wyznaczono dla noży, których budowa jest podobna do budowy noża pomiarowego, tzn. można było wyróżnić powierzchnię natarcia, powierzchnię przyłożenia i szerokość. Brak jest natomiast podobnych badań dla noży stożkowych.

Na podstawie literatury [1], [5], [9], [10] przyjęto więc: $\gamma = 2{,}5^o$, $k_\gamma = 1{,}25$, $b' = 1{,}2$ cm, $\psi = 70^o$.
Ponadto, ponieważ urabianie odbywa się w wyrobisku chodnikowym, przyjęto $k_{od} = 1$. Wielkości t, g i k_{ks} wyznaczono na podstawie rys. 2 i rys. 3. Sumaryczny moment sił skrawania obliczono ze wzoru:

$$M_s = \sum_{i}^{N} P_{si} \cdot r_i, \tag{2}$$

gdzie:

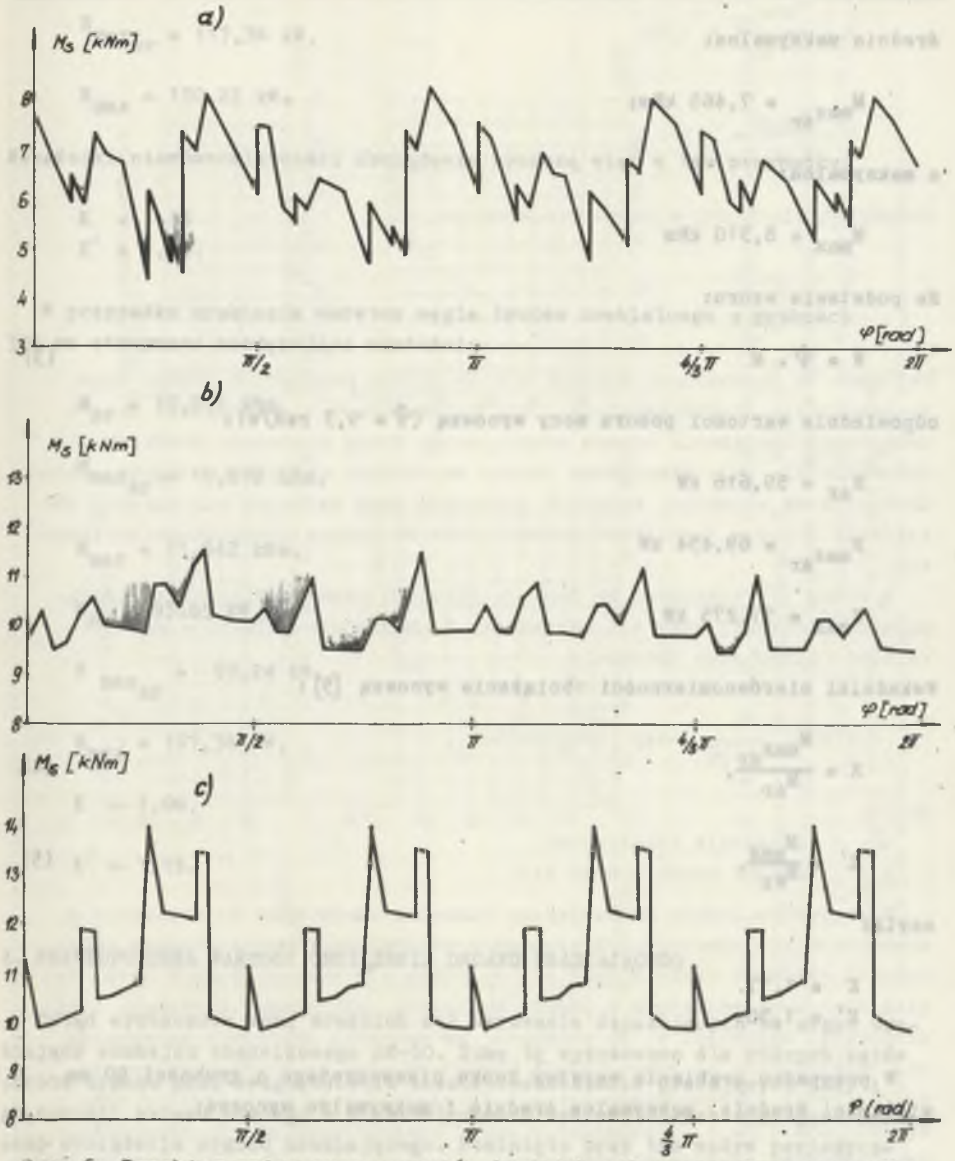
r_i - promień odpowiadający ostrzu noża na i-tej pozycji na organie,
N - liczba noży skrawających równocześnie w danym położeniu organu (rys. 1).

Urabianie prowadzi się najczęściej poziomymi warstwami, rozpoczynając przy spągu. Grubość urabianej warstwy zależy przede wszystkim od rodzaju urabianej skały i wynosi od 20-30 mm przy skałach twardych do 500-600 mm przy łatwo urabialnym węglu. W związku z tym przy obliczaniu sił działających na organ urabiający rozpatrzono następujące przypadki:

1. Posuw pionowy, $A = 2{,}6$ kN/cm.
2. Posuw poziomy;
   a) grubość urabianej warstwy wynosi około 90 mm, tzn. pracują noże 13-36, $A = 5{,}2$ kN/cm.
   b) grubość urabianej warstwy wynosi około 300 mm, tzn. pracują noże 1-36, $A = 2{,}6$ kN/cm.

Dla różnych kątów położenia organu wyznaczono liczbę równocześnie pracujących noży i głębokość skrawu każdego z nich. Na podstawie wzoru (1) wyznaczono siły skrawania każdego z tych noży oraz według wzoru (2) - sumaryczny moment sił skrawania działających na organ urabiający. Wyniki obliczeń przedstawiono na wykresach (rys. 6). W przypadku posuwu pionowego średnia wartość momentu sił skrawania wynosi:

$M_{śr} = 6{,}411$ kNm;



Rys. 6. Przebieg zmian sumy momentów średnich sił skrawania w przypadku a - posuwu pionowego, b - posuwu poziomego (grubość warstwy urabianej ok. 300 mm), c - posuwu poziomego (grubość warstwy urabianej ok. 90 mm)

Fig. 6. Course of changes of average cutting force moments in the case of a - perpendicular advance, b - horizontal advance (mining layer thickness about 300 mm), c - horizontal advance (mining layer thickness about 90 mm)

średnia maksymalna:

$$M_{max_{śr}} = 7{,}469 \text{ kNm};$$

a maksymalna:

$$M_{max} = 8{,}310 \text{ kNm}$$

Na podstawie wzoru:

$$N = \dot{\varphi} \cdot M \tag{3}$$

odpowiednie wartości poboru mocy wynoszą ($\dot{\varphi}$ = 9,3 rad/s):

$$N_{śr} = 59{,}616 \text{ kW}$$

$$N_{max_{śr}} = 69{,}454 \text{ kW}$$

$$N_{max} = 77{,}275 \text{ kW}$$

Wskaźniki nierównomierności obciążenia wynoszą [5]:

$$K = \frac{M_{max_{śr}}}{M_{śr}}, \tag{4}$$

$$K' = \frac{M_{max}}{M_{śr}}, \tag{5}$$

czyli:

$$K = 1{,}17$$
$$K' = 1{,}30.$$

W przypadku urabiania warstwy łupku piaszczystego o grubości 90 mm wielkości średnie, maksymalne średnie i maksymalne wynoszą:

$$M_{śr} = 11{,}156 \text{ kNm},$$

$$M_{max_{śr}} = 12{,}621 \text{ kNm},$$

$$M_{max} = 14{,}004 \text{ kNm},$$

$$N_{śr} = 103{,}74 \text{ kW},$$

$N_{max_{śr}} = 117,36$ kW,

$N_{max} = 130,22$ kW.

Wskaźniki nierównomierności obciążenia wynoszą więc w tym przypadku:

$K = 1,13$
$K' = 1,26$.

W przypadku urabiania warstwy węgla trudno urabialnego o grubości 300 mm otrzymano następujące wartości:

$M_{śr} = 10,071$ kNm,

$M_{max_{śr}} = 10,672$ kNm,

$M_{max} = 11,542$ kNm,

$N_{śr} = 93,65$ kW,

$N_{max_{śr}} = 99,24$ kW,

$N_{max} = 107,36$ kW,

$K = 1,06$,

$K' = 1,15$.

4. PRAWDOPODOBNA WARTOŚĆ OBCIĄŻENIA ORGANU URABIAJĄCEGO

Dotąd wyznaczono sumę średnich sił skrawania działających na organ urabiający kombajnu chodnikowego AM-50. Sumę tę wyznaczono dla różnych kątów obrotu organu przy uwzględnieniu liczby równocześnie pracujących noży i głębokości skrawu każdego z nich. Otrzymano wykresy charakteryzujące zmienność obciążenia organu urabiającego. Pominięto przy tym wpływ periodycznych zmian sił skrawania jednym nożem związanych z odrywaniem większych brył od calizny, wpływ miejscowych nierówności czoła przodku i zmian własności urabianych skał (np. drobnych wtrąceń). Na podstawie wyników pomiarów poboru mocy przez silnik głowicy urabiającej [8] obliczono rzeczywiste współczynniki nierównomierności obciążenia. Dla pracy w węglu ich wartości wynoszą:

$$K = \frac{N_{max_{śr}}}{N_{śr}} = 1{,}50,$$

$$K' = \frac{N_{max}}{N_{śr}} = 3{,}55.$$

Natomiast dla pracy w łupku bez wtrąceń:

$$K = 1{,}77,$$
$$K' = 2{,}80.$$

Wartości te są znacznie większe niż obliczone poprzednio. Widać więc, że pominięcie nierównomierności sił działających na pojedyncze noże i obliczenie obciążenia organu urabiającego drogą sumowania średnich sił skrawania nie daje właściwego obrazu zmienności obciążenia organu. Należy dodatkowo określić, w jakich granicach mogą zmieniać się szczyty obciążenia i jakie jest prawdopodobieństwo działania określonego obciążenia.

W pracy [5] wykazano, że funkcję gęstości prawdopodobieństwa wystąpienia określonej sumy sił skrawania P można przedstawić w postaci rozkładu normalnego (Gaussa):

$$f(P) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left[\frac{-(P - P_{śr})^2}{2 \cdot \sigma}\right], \tag{6}$$

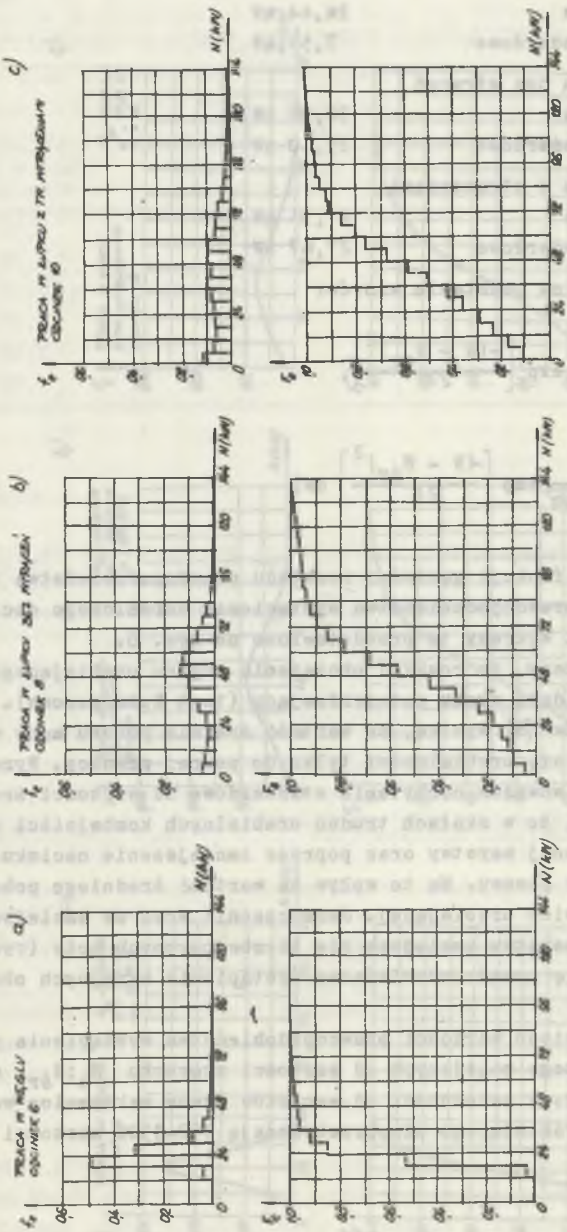
gdzie:

σ - odchylenie standardowe,

$P_{śr}$ - wartość średnia sumy sił.

W przypadku organu urabiającego kombajnu AM-50 mamy do czynienia z sumowaniem się momentów sił skrawania działających na pojedyncze noże. Ponadto wartości średnie tych sił są różne dla poszczególnych noży. Wynika to przede wszystkim z różnic kształtów, głębokości i odstępu linii skrawania. Natomiast w [5] przyjęto, że wartości średnie i maksymalne sił działających na równocześnie pracujące noże są jednakowe oraz że współczynnik nierównomierności sił działających na poszczególne noże wynosi $K = K' = 2$. Natomiast w węglu zawierającym twarde wtrącenia współczynniki te osiągają wartości: $K = 4{,}1$, $K' = 9{,}4$ [5]. Pomimo tych zastrzeżeń przyjęto, że funkcja gęstości prawdopodobieństwa wystąpienia określonego obciążenia organu urabiającego da się sprowadzić do rozkładu normalnego.

Na podstawie wyników pomiarów poboru mocy przez silnik głowicy urabiającej [8] opracowano wykresy przedstawione na rys. 7. Wartości średnie poboru mocy i odchylenia standardowe od wartości średniej wynoszą [8]:



Rys. 7. Gęstość prawdopodobieństwa $f_e = \mathcal{N}\{N_a \leqslant N \leqslant N_a + \Delta N\}$ i rozkład prawdopodobieństwa wystąpienia określonego obciążenia organu urabiającego $F_e = \mathcal{N}\{N \leqslant N_a + \Delta N\}$

a – praca w węglu, b – praca w żupku bez wtrąceń, c – praca w żupku z twardymi wtrąceniami

Fig. 7. Probability density $f_e = \mathcal{N}\{N_a \leqslant N \leqslant N_a + \Delta N\}$ and the distribution of the probable occurence of a given mining organ load $F_e = \mathcal{N}\{N \leqslant N_a + \Delta N\}$

a – work in coal, b – work in bas without inclusions, c – work in bas with hard inclusions

1) dla pracy w węglu
   - wartość średnia 24,44 kW
   - odchylenie standardowe 7,51 kW

2) dla pracy w łupku bez wtrąceń
   - wartość średnia 50,30 kW
   - odchylenie standardowe 25,40 kW

3) dla pracy w łupku z wtrąceniami
   - wartość średnia 41,31 kW
   - odchylenie standardowe 27,67 kW

Dla tych przypadków na podstawie wzorów:

$$f_t(N) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[\frac{-(N - N_{śr})^2}{2\sigma}\right], \tag{7}$$

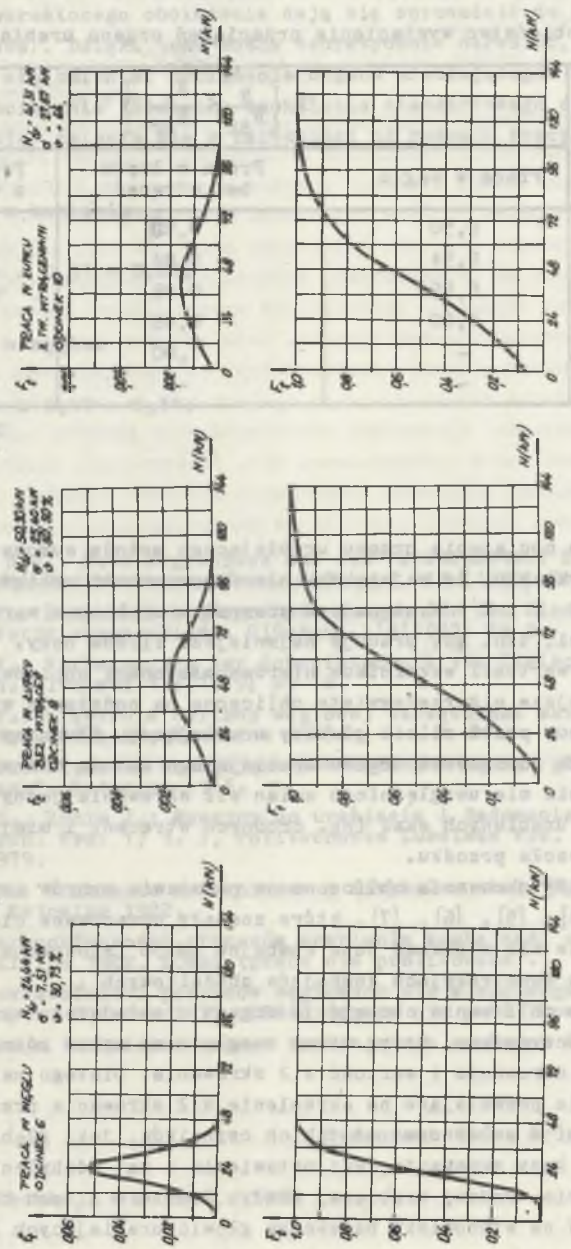
$$F_t(N) = \int_0^N \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[\frac{-(N - N_{śr})^2}{2\sigma}\right] dN, \tag{8}$$

sporządzono wykresy funkcji gęstości rozkładu prawdopodobieństwa i dystrybuant rozkładu prawdopodobieństwa wystąpienia określonego obciążenia organu urabiającego. Wykresy te przedstawiono na rys. 8.

Sprawdzenie hipotezy, że rozkład obciążenia organu urabiającego jest rozkładem normalnym, dało wynik potwierdzający (test Kołmogorowa).

Z wyników pomiarów [8] wynika, że wartość średnia poboru mocy wzrasta wraz z pogarszaniem się urabialności tylko do pewnej granicy. Wyraźnie natomiast wzrastają wówczas odchylenia standardowe od wartości średniej. Tłumaczy się to tym, że w skałach trudno urabialnych kombajniści zmniejszają grubość urabianej warstwy oraz poprzez zmniejszenie nacisku głowicy na caliznę, prędkość posuwu. Ma to wpływ na wartość średniego poboru mocy przez silnik głowicy urabiającej. Jednocześnie wraz ze zmniejszeniem grubości urabianej warstwy zmniejsza się liczba czynnych noży (rys. 1), przez co zwiększa się prawdopodobieństwo wystąpienia skrajnych obciążeń [4], [5], [6], [7].

W tabeli 1 zestawiono wartości prawdopodobieństwa wystąpienia przeciążeń organu urabiającego mniejszych od wartości stosunku $N_a:N_{śr}$ dla różnych urabianych skał. W zależności od warunków pracy maksymalne wartości obciążenia organu urabiającego nie przekraczają 250-350% wartości średniej.



Rys. 8. Gęstość prawdopodobieństwa $f_t = \mathcal{K}\{N = N_a\}$ i rozkład prawdopodobieństwa wystąpienia określonego obciążenia organu urabiającego $P_t = \mathcal{K}\{N < N_a\}$
a – praca w węglu, b – praca w żupku bez wtrąceń, c – praca w żupku z twardymi wtrąceniami

Fig. 8. Probability density $f_t = \mathcal{K}\{N = N_a\}$ and the distribution of the probable occurence of a given mining organ load $P_t = \mathcal{K}\{N < N_a\}$
a – work in coal, b – work in bas without inclusions, c – work in bas with hard inclusions

Tabela 1

Prawdopodobieństwo wystąpienia przeciążeń organu urabiającego

$\frac{N_a}{N_{śr}}$	$\mathcal{P}\left\{\frac{N}{N_{śr}} < \frac{N_a}{N_{śr}}\right\}$		
	Praca w węglu	Praca w łupku bez wtrąceń	Praca w łupku z wtrąceniami
1,0	0,50	0,50	0,50
1,5	0,94	0,84	0,78
2,0	0,99	0,96	0,93
2,5	1,00	0,98	0,97
3,0	-	1,00	0,99
3,5	-	-	1,00

5. PODSUMOWANIE

1. Obliczenie obciążenia organu urabiającego metodą sumowania średnich sił skrawania wykazało, że największa nierównomierność obciążenia (wyrażona wskaźnikami K i K') występuje w przypadku urabiania warstwy o niewielkiej grubości, tzn. gdy pracuje najmniejsza liczba noży.

2. Otrzymane wartości wskaźników nierównomierności obciążenia K i K' są znacznie mniejsze niż rzeczywiste obliczone na podstawie wyników pomiarów poboru mocy przez silnik głowicy urabiającej. Tłumaczy się to tym, że w obliczeniach obciążenia organu urabiającego metodą sumowania średnich sił skrawania nie uwzględniono zmian sił skrawania jednym nożem oraz zmian własności urabianych skał (np. drobnych wtrąceń) i miejscowych nierównomierności czoła przodku.

3. Średnie siły skrawania obliczono na podstawie wzorów zamieszczonych w literaturze [4], [5], [6], [7], które zostały opracowane dla noży o odmiennym kształcie niż stożkowe noże kombajnu AM-50 (stosowane też coraz szerzej w nowych konstrukcjach kombajnów chodnikowych).

4. Prawidłowe obliczenia obciążenia organu urabiającego wymagają doboru szeregu współczynników, które winny uwzględniać wpływ różnych czynników na przebieg skrawania i wartość sił skrawania. Dlatego należy przeprowadzić badania pozwalające na określenie sił skrawania przy skrawaniu nożami stożkowymi w zależności od takich czynników, jak: głębokość i kształt skrawu, kąty skrawania, kąt ustawienia i kąt odchylenia noża, prędkość skrawania, rodzaj urabianej skały. Niektóre z tych badań przeprowadzono w RFN na stanowisku badawczym głowic urabiających kombajnów chodnikowych w ramach prac związanych z doskonaleniem budowy głowic [1], [2], [3].

5. Funkcje gęstości prawdopodobieństwa i rozkładu prawdopodobieństwa wystąpienia określonego obciążenia dają się sprowadzić do rozkładu normalnego (Gaussa). Dzięki temu można teoretycznie określić, w jakich granichach może się zmieniać obciążenie organu urabiającego. Współczynnik zmienności obciążenia (stosunek odchylenia standardowego do wartości średniej obciążenia) zmienia się w zależności od rodzaju pracy w następujący sposób:

a) dla pracy w kamieniu:

$$\vartheta = \frac{\sigma}{N_{śr}} = 0{,}51 - 0{,}67;$$

b) dla pracy w węglu:

$$\vartheta = \frac{\sigma}{N_{śr}} = 0{,}17 - 0{,}31.$$

LITERATURA

[1] Kleinert H.W.: Neue Ergebnisse aus dem Versuchsstand Schneidköpfe für Teilschnitt-Vortriebsmaschinen. Glückauf 118 (1982) Nr 9.

[2] Mertens V.: Betriebliche Grenzbedingungen für den Einsatz von Teilschnitt-Vortriebsmaschinen. Glückauf 118(1982) Nr 9.

[3] Mertens V.: Verbesserung der Schneidtechnik von Tielschnitt-Vortriebsmaschinen. Glückauf 115(1979) Nr 18.

[4] Opolski T.: Urąbianie calizny węglowej narzędziami skrawającymi. Wyd. 1, Wyd. "Śląsk", Katowice 1965.

[5] Opolski T.: Elementy urabiające nowoczesnych maszyn górniczych. Wyd.1, Wyd. "Śląsk", Katowice 1965.

[6] Opolski T., Rynik J.: Maszyny do urabiania i ładowania w kopalniach podziemnych. Wyd. 1, t. I, Politechnika Lubelska Wyd. Uczelniane, Lublin 1979.

[7] Opolski T.: Urabianie mechaniczne i fizykalne skał. Wyd. 1, Wyd. "Śląsk", Katowice 1982.

[8] Ocena energochłonności procesów urabiania kombajnami chodnikowymi. Cz. 1, Gliwice 1982, KOMAG (praca nie publikowana).

[9] Pomiary skrawalności pokładów węglowych dla właściwego doboru maszyn urabiających. Gliwice 1975, KOMAG (praca nie publlikowana).

[10] Dokumentacja techniczna organu urabiającego kombajnu AM-50.

Recenzent: Doc. dr inż. Karol REICH

Wpłynęło do Redakcji w styczniu 1987 r.

ДИНАМИКА РАБОТЫ ОТБОЙНОЙ ГОЛОВКИ ШТРЕКОПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА ТИПА АМ-50

Р е з ю м е

Работа отбойной головки штрекопроходческого комбайна сложная. Силы, действующие на отбойные ножи, изменяются во времени и зависят от многих факторов. Был проведён анализ отбойной головки и расчитаны действующие силы. На основании конструкции головки определена последовательность ввода отдельных ножей в процесс резания. Определены величины сил, действующих на ножи, а затем, после их ссумирования, определена суммарная сила резания, и на этом основании определён вращательный момент. Также проведён анализ работы ножей как стохастической процесс. Силы резания каждого ножа изменяются от 0 до максимума. Однако, величины этих сил распределены во времени и суммарная их сила не является суммой средних сил, а также не является суммой сил максимальных. Применение стохастического расчёта позволило обозначить предположительное распределение сил. Рассчитанные величины сравнены были с результатами измерений потребления мощности отбойной головки комбайна АМ-50. Разница является результатом недостаточного количества исследований, в основном конических ножей.

Прежние теории определения сил резания относятся к клиновым ножам, поэтому сформулированы предложения, относящиеся к проведению всесторонних исследований конических ножей.

DYNAMICS OF THE MINING HEAD WORK OF THE HEADING MACHINE OF THE TYPE AM-50

S u m m a r y .

Mining head work of the heading machine is very complex. Forces influencing the particular cutters change in time and depend on many factors.

The analysis of mining head and calculations of influencing forces were made.

On the basis of the head construction the turn of particular cutters in the cutting process was determined.

Force quantity influencing the cutters and after summing up total cutting force were determined and on that basis turning moment, too.

The analysis of cutter work was carried out as a stochastic process.

Cutting forces of each cutter change from 0 to maximum. However, quantities of these forces are distributed in time and the total force is not the sum of average forces and it is not the sum of maximum forces, either.

Using stochastic calculation helped to determine probable force distribution.

Calculated values were compared to the results of measurements of power consumption by mining heads of the heading machines AM-50.

The differences result from lack of adequate number of investigations mainly of conic cutters.

Present theories of cutting force determining concern the wedge cutters, therefore there are conclusions to carry out versatile studies of the conic cutters.