

Antoni KOZIEL

Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG, Gliwice

### **WYZNACZANIE WSKAŹNIKA ENERGOCHŁONNOŚCI URABIANIA KOMBAJNÓW ŚCIANOWYCH NA PODSTAWIE OKREŚLANIA PARAMETRÓW FIZYCZNO-MECHANICZNYCH SKAŁ**

Streszczenie. Opisano metody badawcze służące do wyznaczania wskaźnika energochłonności urabiania kombajnu ścianowego w zależności od parametrów fizyczno-mechanicznych skał. W referacie przedstawiono wyniki eksperymentów, w szczególności zależność energochłonności urabiania od prędkości przechodzenia fali ultradźwiękowej przez próbki skał oraz od wytrzymałości skał na ściskanie.

### **DETERMINATION OF AN ENERGY CONSUMPTION COEFFICIENT OF MINING EFFECTED BY MEANS OF LONGWALL SHEARERS ON THE BASIS OF DETERMINING OF PHYSICAL AND MECHANICAL PARAMETERS OF ROCKS**

Summary. Research methods used for determining the energy consumption coefficient of mining effected by means of a longwall shearer according to physical and mechanical parameters of rocks have been described. The paper presents also results obtained in consequence of experiments and in particular the dependence of the energy consumption coefficient of mining upon the speed of passing of an ultrasonic wave through samples of rocks and upon the compression strength of rocks.

### **BESTIMMUNG DES ENERGIEAUFWANDSFAKTORS DER UNTER ANWENDUNG VON WALZENSCHRÄMLADERN DURCHFÜHRTEM GEWINNUNG AUF GRUND DER BESTIMMUNG VON PHYSIKALISCH- MECHANISCHEN EIGENSCHAFTEN DES GESTEINS**

Zusammenfassung. Die Prüfmethode, die zur Bestimmung des Energieaufwandsfaktors der unter Anwendung des Walzenschrämladers durchgeführten Gewinnung in Abhängigkeit von physikalisch-mechanischen Eigenschaften des Gesteins angewandt werden, sind beschrieben. Die Ergebnisse der Experimente und insbesondere die Abhängigkeit des Energieaufwandes bei der Gewinnung von der Geschwindigkeit, mit der eine Ultraschallwelle durch die Gesteinsversuchskörper übergeht, sowie von der Druckfestigkeit des Gesteins sind im Vortrag dargestellt.

## 1. WSTĘP

Wraz z rozwojem metod numerycznych wzrosło zapotrzebowanie na precyzyjne dane do konstrukcji maszyn i weryfikacji hipotez wysnutych na podstawie obserwacji. Weryfikacja hipotez w wyniku eksperymentów numerycznych musi również uwzględniać warunki brzegowe i początkowe, które mogą być ustalane tylko na podstawie badań doświadczalnych.

Kombajn ścianowy jest konstrukcją o skomplikowanej geometrii, wykonaną z materiałów o złożonych właściwościach. W procesie urabiania oddziałuje na kombajn w czasie i przestrzeni wiele czynników zewnętrznych, określanych jako warunki górnictwo-geologiczne i eksploatacyjne.

Istotny jest więc problem doboru maszyny urabiającej do istniejących w miejscu lokalizacji warunków również ze względów techniczno-ekonomicznych, zwłaszcza w ścianach o dużej koncentracji wydobywania.

Dotychczasowe prace ustaliły pewne proporcje między parametrami maszyny urabiającej a własnościami mechanicznymi skał, co doprowadziło do znacznej liczby modeli matematycznych i hipotez nie dających konstruktorowi wystarczających podstaw do opracowania maszyny na podstawie szerokiego zakresu badanych własności mechanicznych węgla.

W tak złożonym systemie efektywne okazują się metody hybrydowe, sprzęgające badania eksperymentalne z numerycznymi. Uzyskiwane wyniki badań są przetwarzane i stają się podstawą do obliczeń konstrukcyjnych, które z kolei wyznaczają następny etap badań.

Prowadzone w warunkach rzeczywistych badania mają ustalić zależności między własnościami mechanicznymi skał określającymi warunki pracy a parametrami konstrukcyjnymi maszyny, szczególnie pod kątem oceny wykorzystania zainstalowanej mocy, doboru organów urabiających, drgań i stopnia zużycia jej poszczególnych elementów.

## 2. CEL I ZAKRES PRACY

Parametrami fizyczno-mechanicznymi skał o podstawowym znaczeniu w procesie urabiania są między innymi wytrzymałość skał na ściskanie  $R_C$ , wskaźnik skrawalności  $A$ , pozwalający na zaklasyfikowanie węgla wg stopnia trudności urabiania [6]. Parametry powyższe mogą być wyznaczane wieloma metodami, które oprócz zalet posiadają również szereg niedogodności. Fakt ten był inspiracją do opracowania nowoczesnej metody opartej na pomiarze przechodzenia fali ultradźwiękowej przez próbkę skały [2]. Metoda powyższa umożliwia określenie modułu akustycznego  $H$ , odzwierciedlającego właściwości skały i zdefiniowanego wg zależności:

$$H = \rho v_t^2, \quad \text{w } J/m^3$$

gdzie:

$\rho$  - gęstość właściwa skały w  $kg/m^3$ ,

$v_t$  - prędkość przechodzenia fali ultradźwiękowej przez próbkę skały w  $m/s$ .

Moduł akustyczny  $H$  charakteryzuje własności energii sprężystej i niszczącej strukturę skał oraz niejednorodność jej struktury, mających wpływ na energochłonność procesu urabiania [4]. Ponieważ wartość modułu akustycznego  $H$  wyrażona w  $J/m^3$  jest związana wymiarowo z wartością energochłonności urabiania  $E_u$  w  $kWh/t$ , można postawić tezę o prognozowalności energochłonności urabiania kombajmem ścianowym na podstawie określenia modułu akustycznego.

Wskaźnik energochłonności urabiania kombajnem ścianowym  $E_u$  jest jednym z najbardziej istotnych, gdyż charakteryzuje wydajność procesu urabiania, uwzględnia parametry maszyny, tj. zainstalowaną moc napędów elektrycznych organów urabiających i posuwu kombajnu, średnice organów, zabiór oraz uwzględnia parametry ściany, tzn. wysokość i długość. Charakteryzuje wreszcie ekonomikę procesu wydobywania węgla. Określenie wskaźnika energochłonności urabiania  $E_u$  przed lokalizacją maszyny urabiającej jest więc istotne ze względu na jej właściwy dobór, szczególnie w ścianie o dużej koncentracji wydobywania.

Celem pracy było zatem znalezienie zależności pomiędzy modułem akustycznym  $H$  a wskaźnikiem energochłonności urabiania  $E_u$  na podstawie badań w warunkach rzeczywistych. Badania miały na celu wskazanie, w jakim stopniu zmienne parametry skał wpływają na energochłonność urabiania. Ponieważ parametry fizyczno-mechaniczne skał w przygotowywanej do eksploatacji ścianie są zmienne, stąd ścisłe określenie wskaźnika energochłonności urabiania nie jest możliwe. Można mówić jedynie o prognozowanej energochłonności urabiania zawartej w pewnych granicach.

Zakres pracy obejmował równoległe badania:

- 1 - własności fizyczno-mechanicznych skał (węgla) z wybranych pokładów oraz wyznaczenie wartości modułu akustycznego  $H$ ,
- 2 - energochłonności urabiania kombajnem w ścianach, w których pobrano próbki skał.

### 3. PRZEBIEG BADAŃ

#### 3.1. Badania parametrów fizyczno-mechanicznych skał

##### 3.1.1. Określanie wytrzymałości na ściskanie $R_C$ metodą ultradźwiękową

Wytrzymałość na ściskanie określa się z zależności teoretycznej  $R_C = f(\rho, v_L, v_T)$  [9] gdzie:

- $\rho$  - gęstość pozorna próbki w  $\text{kg/m}^3$ ,
- $v_L$  - prędkość fali podłużnej w  $\text{m/s}$ ,
- $v_T$  - prędkość fali poprzecznej w  $\text{m/s}$ .

Na podstawie pomiarów wykonanych na próbkach foremnych metodą statystycznej analizy korelacyjnej wyznacza się równania nazwane stałymi złożowymi wg zależności:

$$R_C = \frac{M}{N - \rho v_L v_T} ,$$

gdzie:

$M$  - stała złożowa w  $\text{MPa}^2$ .

$N$  - stała złożowa w  $\text{MPa}$ .

Dla danego rodzaju skały można przyjąć, że stosunek prędkości fali podłużnej do poprzecznej jest wielkością stałą, stąd:

$$R_C = \frac{M_0}{N_0 - \rho v_L^2} ,$$

gdzie:

$\rho v_L^2 = H_L$  - podłużny moduł akustyczny w  $\text{MPa}$ .

$M_0, N_0$  - stałe złożowe.

Stosując tę zależność traci się na dokładności pojedynczego pomiaru, lecz zyskuje się na prędkości i prostocie pomiarów, co jest bardzo ważne w ruchu kopalni.

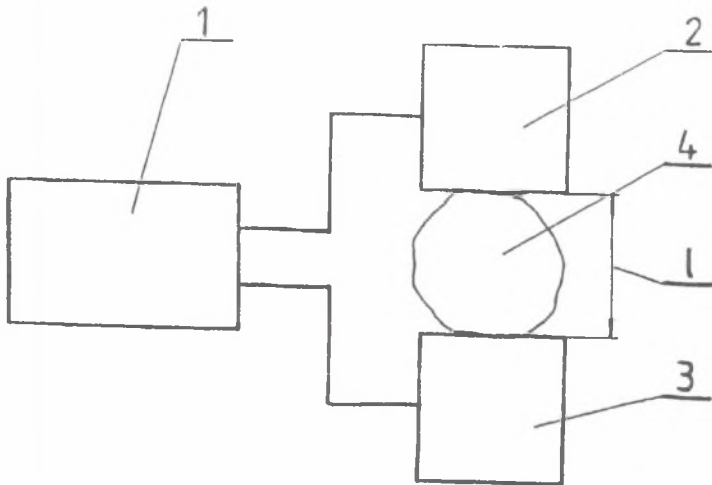
Do skalowania, w celu wyznaczenia wytrzymałości na ściskanie, wymagane są próbki foremne. Po określeniu równania korelacyjnego wytrzymałość na ściskanie można obliczyć znając moduł akustyczny lub podłużny moduł akustyczny.

Podłużny moduł akustyczny można mierzyć na próbkach nieforemnych, co znacznie przyspiesza badania.

Zgodnie z przedstawioną teorią przeprowadzono badania mające na celu wyznaczenie charakterystyk wytrzymałości na ściskanie  $R_C$  w funkcji prędkości przechodzenia fali ultradźwiękowej podłużnej  $v_L$  dla różnych gatunków skał (węgiel, łupek, piaskowiec, dolomit).

### 3.1.2. Układ pomiarowy

Badania przeprowadzono za pomocą próbnika materiałów typu 543 na stanowisku pomiarowym przedstawionym na schemacie ideowym na rys. 1.



Rys. 1. Schemat ideowy stanowiska do pomiarów prędkości przechodzenia fali ultradźwiękowej przez próbki skał:

1 - próbnik materiału, 2 - głowica nadawcza, 3 - głowica odbiorcza, 4 - próbka skały

Fig. 1. Schematic diagram of a stand for measuring the speed of passing of an ultrasonic wave through rock samples

1 - material sampler, 2 - transmitting head, 3 - receiving head, 4 - rock sample

Mierzono czas przejścia  $t$  fali ultradźwiękowej przez próbkę skalną oraz drogę  $l$  przejścia między dwoma punktami na jej przeciwległych powierzchniach. Na podstawie pomiarów wyznaczono prędkość przechodzenia fali  $v_L$  [1], [2].

### 3.1.3. Organizacja badań i przebieg pomiarów

Próbki skał (węgiela) pobrano w kilku jednoznacznie określonych miejscach (numer sekcji obudowy) urabianej ściany. Z każdego miejsca pobierano kilkadziesiąt próbek węgla (min. 30).

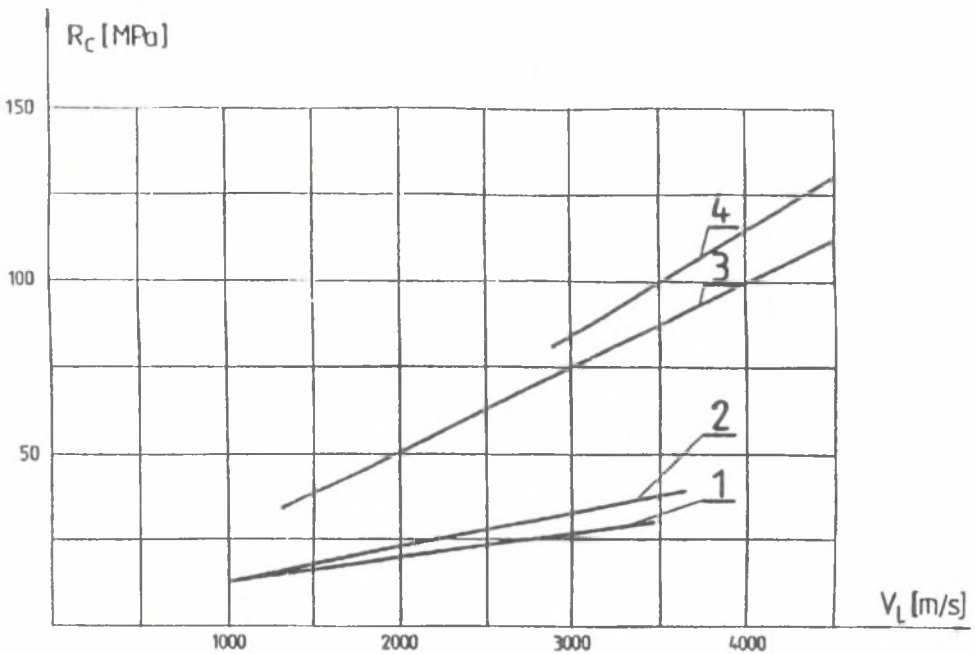
Na podstawie pomiarów i charakterystyk wzorcowych (rys. 2) wyznaczono następujące parametry:

$v_L$  - prędkość przechodzenia fali ultradźwiękowej przez próbkę skały w m/s,

$R_C$  - wytrzymałość na ściskanie w MPa.

Po określeniu wartości gęstości skały  $\rho$  w  $\text{kg/m}^3$  wyznaczono moduł akustyczny  $H$  w  $\text{J/m}^3$  [3] wg zależności:

$$H = \rho v_L^2$$



Rys. 2. Charakterystyki  $R_C=f(v_L)$  dla różnych gatunków skał:

1 - węgiel, 2 - łupek, 3 - piaskowiec, 4 - dolomit

Fig. 2. Characteristics  $R_C=f(v_L)$  for various kinds of rock:

1 - coal, 2 - shale, 3 - sandstone, 4 - dolomite

### 3.2. Określanie energochłonności urabiania metodą określania modułu akustycznego

Na energochłonność procesu niszczenia spistości ośrodka mają wpływ jego własności sprężyste i wielkość naprężeń niszczących. W procesie urabiania skał następuje niszczenie ciągłości skały, wyrażające się zmianą objętości i kształtu rozdrobnionej bryły skalnej. Opór ośrodka przeciwko odkształceniom objętościowym określa wielkość modułu sprężystości podłużnej  $E$ , a przeciw odkształceniom postaciowym wielkość modułu sprężystości poprzecznej  $G$ . Na ogół procesy urabiania i rozdrabniania skał są związane z dynamicznym działaniem siły, dlatego należy do charakteryzowania stosować dynamiczne moduły

sprężystości. Mają one funkcyjne zależności z właściwościami akustycznymi skał. Na wytrzymałość skał wpływa: skład mineralny, struktura, tekstura, porowatość i mikroszczelność. Zgodnie z teorią Griffitha zniszczenie spójności ośrodka następuje przez wzrost naprężeń wokół znajdującej się w ośrodku niejednorodności. Jeśli porowatość skały zwiększa się, to maleje jej gęstość. Wytrzymałość skały przy jej urabianiu zależy zatem od modułów dynamicznych i gęstości pozornej.

Parametrem uwzględniającym trzy powyższe parametry, od których zależy wytrzymałość skał, jest moduł akustyczny  $H$ . Można go określać na podstawie zależności:

$$H = \rho v_L v_T$$

lub

$$H = \rho v_L^2 \quad (\text{pkt. 3.1.1})$$

Można go również określać parametrami sprężystości wyznaczonymi drogimi i czasochłonnymi metodami przez badania  $E$ ,  $G$ ,  $\nu$ . Wówczas wzór na  $H$  ma postać:

$$H = (E G)^{\frac{1}{2}} \left[ \frac{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}{(1 - \nu)} \right]^{\frac{1}{2}},$$

gdzie:  $\nu$  - liczba Poissona.

Dla jednoosiowego ściskania można zapisać:

$$\sigma_z = f_1(E, G) f_2(\varepsilon_x, \gamma_{xy}),$$

gdzie:

$\sigma_z$  - naprężenie normalne,

$\varepsilon_x$  - deformacja liniowa,

$\gamma_{xy}$  - deformacja kątowna.

Moduły sprężystości są funkcyjnie związane z parametrami akustycznymi, po uwzględnieniu czego otrzymujemy:

$$G = b \rho v_L v_T \quad b = \frac{V_T}{V_L}$$

$$E = (3b - 4b^3) (\rho v_L v_T) / (1 - b^2) = a \rho v_L v_T$$

Ponieważ  $\rho v_L v_T = H$ , otrzymujemy:

$$G = b H \quad E = a H$$

Stąd wielkość naprężeń niszczących skałę

$$\sigma_z = f_3(H) f_4(\varepsilon_x, \gamma_{xy})$$

jest funkcją modułu akustycznego.

Jednostkowa praca ściskania  $A$  równa jest pracy  $A_n$  od naprężeń normalnych i pracy  $A_s$  od naprężeń stycznych

$$A = A_n + A_s$$

lub

$$A = \sigma^2 (2E + \tau^2) 2G,$$

gdzie:

$\tau$  - naprężenie styczne.

Na podstawie analogii można zapisać [10]:

$$H = A_n + A_s$$

lub

$$H = C A_n + d,$$

gdzie:

$a, C, d$  - współczynniki równania.

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że moduł akustyczny jest sumą pracy ściskania od naprężeń normalnych i stycznych i wyraża się w  $J/m^3$ . Praca od naprężeń stycznych ( przy ściskaniu ) stanowi powyżej 60 % pracy od naprężeń normalnych. Moduł akustyczny charakteryzuje więc urobiony ośrodek i wyraża się w  $J/m^3$ . Jego wartość charakteryzuje więc energochłonność urabiania danego typu skały [4].

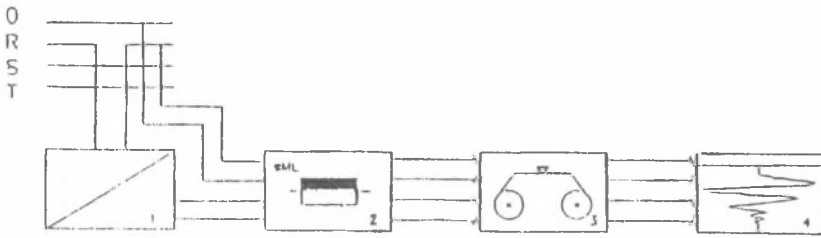
### 3.3. Określanie energochłonności urabiania w warunkach rzeczywistych

#### 3.3.1. Układ pomiarowy

Pomiary sumarycznej mocy czynnej pobieranej przez silniki elektryczne kombajnu ścianowego zrealizowano w układzie pomiarowym przedstawionym na rys. 3.

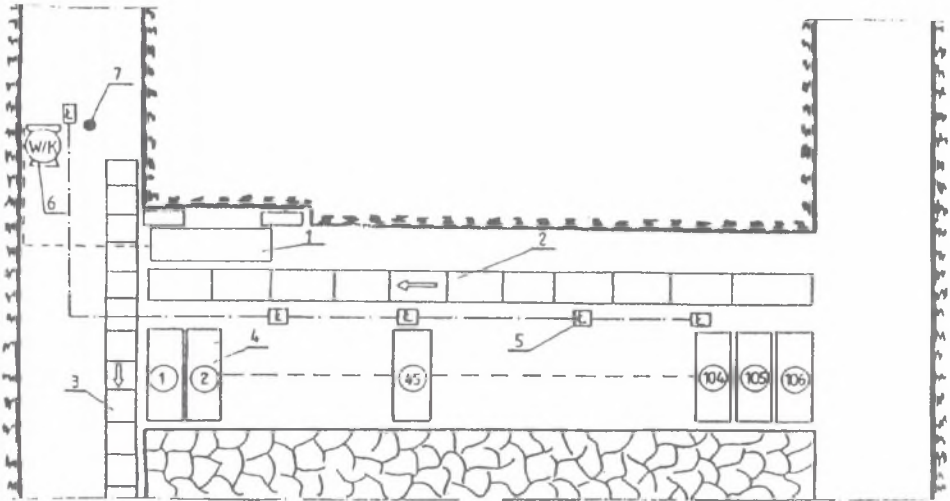
Napięcie i prąd z układu zasilania kombajnu ścianowego podano przez skrzynkę przyłączeniową z zamontowanym przekładnikiem prądowym do przetwornika typu sML, firmy RAEDER. Sygnały pomiarowe napięcia proporcjonalne do mierzonej mocy czynnej  $P$  (prądu  $I$ ) zapisywano na taśmie rejestratora magnetycznego firmy RACAL [3], [7], [8].





Rys. 3. Schemat blokowy toru pomiarów parametrów elektrycznych:  
 1 - przekładnik prądowy, 2 - przetwornik sML, 3 - rejestrator magnetyczny, 4 - rejestrator pisakowy

Fig. 3. Block diagram of a measuring circuit of electric parameters:  
 1 - measuring transformer, 2 - converter sML, 3 - magnetic recorder, 4 - pen recorder



Rys. 4. Szkic sytuacyjny stanowiska pomiarowego  
 1 - kombajn ścianowy, 2 - przenośnik ścianowy, 3 - przenośnik podścianowy, 4 - obudowa podścianowa, 5 - łączność głośno mówiąca, 6 - wyłącznik, 7 - stanowisko pomiarowe

Fig. 4. Layout of measuring stand:  
 1 - longwall shearer, 2 - face conveyor, 3 - longwall support, 5 - loudspeaking communication system, 6 - breaker switch, 7 - measuring stand

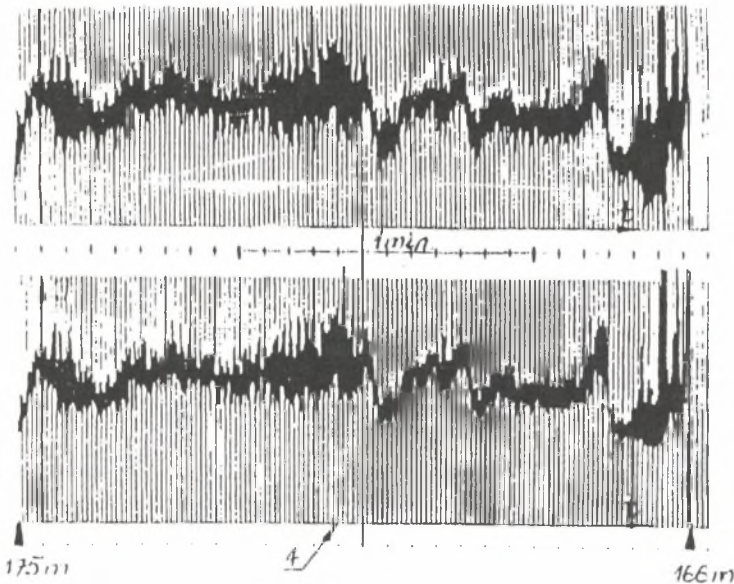


### 3.3.2. Stanowisko badawcze i organizacja badań

Szkic sytuacyjny stanowiska badawczego w ścianie wydobywczej przedstawiono na rys. 4.

Stanowisko pomiarowe (7) zlokalizowano w chodniku podścianowym przy kopalnianym wyłączniku stycznikowym (6). Łączność pomiędzy stanowiskiem pomiarowym a stanowiskiem kombajnisty(1) utrzymywano za pomocą systemu łączności głośno mówiącej (5). Położenie kombajnu w ścianie rejestrowano na ścieżce fonii po przekazaniu informacji o jego położeniu w ścianie.

Punktem odniesienia w stosunku do numerowanej sekcji obudowy był organ atakujący kombajnu ścianowego. W czasie badań zapisywano również komentarz informujący o wariancie pracy kombajnu ścianowego.



Rys. 5. Oscylogram przebiegu poboru mocy czynnej  $P$  i prądu  $I$  - KWK „Piast” - kombajn KGS-500, ściana 517 - pomiar I

- urabianie do napędu przedniego

-  $v=4$  m/min

- stałe kalibracji  $K_p = \sqrt{3} * 8$  kW/dz

$K_i = 8$  A/dz

- miejsce pobrania próbki 4

Fig. 5. Oscillogram of the course of consumption of active power  $P$  and current  $I$  at the Colliery „Piast” - the KGS-500 shearer, the longwall 517 - measurement I

- minig towards the front drive

-  $v=4$  m/min

- calibration constants:  $K_p = \sqrt{3} * 8$  kW/dz

$K_i = 8$  A/dz

- site of drawing of the sample 4

#### 4. WYNIKI BADAŃ

Na podstawie odtworzonych wyników pomiarów mocy czynnej ( przykładowy oscylogram podano na rys. 5 ) obliczono wartości średniej energochłonności urabiania wg zależności:

$$E_w = \frac{\overline{P} \cdot t}{h \cdot l \cdot z \cdot \overline{\rho}} = \frac{\overline{P}}{h \cdot z \cdot \overline{V} \cdot \overline{\rho}},$$

gdzie:

$\overline{P}$  - moc czynna średnia, w kW

t - czas urabiania na wyznaczonym odcinku, w przedziale którego pobrano próbki skał, w min

$\overline{V}$  - średnia prędkość kombajnu, w m/min

h - wysokość ściany, w m

l - długość odcinka urabianego, w m

z - zabiór organu urabiającego, w m

$\overline{\rho}$  - gęstość średnia skały (węgla), w kg/m<sup>3</sup>.

Równolegle wyznaczono średnie wartości modułu akustycznego H, charakteryzującego właściwości skał na odcinku badania energochłonności urabiania.

Wyniki dotychczasowych badań pozwoliły wyznaczyć zależność  $E_u = f(H)$  oraz  $E_u = f(R_c)$ . Wyznaczono funkcję regresji równania liniowego  $\hat{E}_u = f(H)$  - rys. 6 (  $Y = a + bx$  ) oraz  $\hat{E}_u = f(R_c)$  - rys. 7, a następnie określono współczynnik korelacji i zbadano jego istotność.

Współczynnik korelacji  $R_{xy}$  wynosi 0,71 (  $x = H$ ,  $y = E_u$  ) - tabela 1 oraz 0,67 (  $x = R_c$ ,  $y = E_u$  ) - tabela 2.

Badanie istotności współczynnika korelacji oraz sprawdzenie hipotezy wykazało, że nie ma podstaw do przyjęcia hipotezy o braku korelacji liniowej funkcji regresji pomiędzy energochłonnością urabiania  $E_u$ , a modułem akustycznym H, charakteryzującym urobiony urobek.

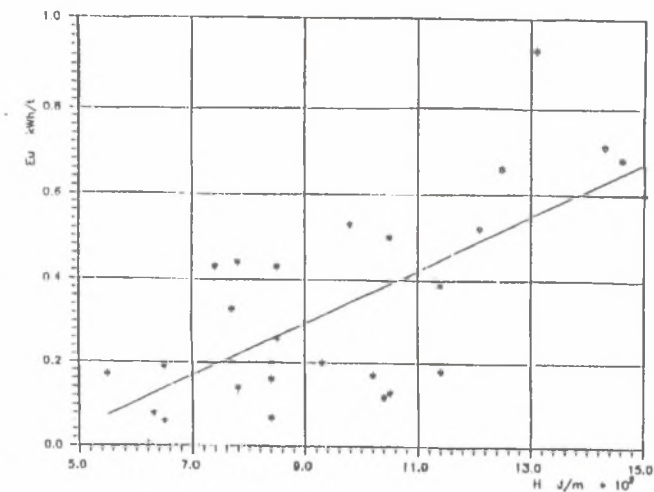
#### 5. WNIOSKI

##### 5.1. Przeprowadzone badania i pomiary wykazały, że:

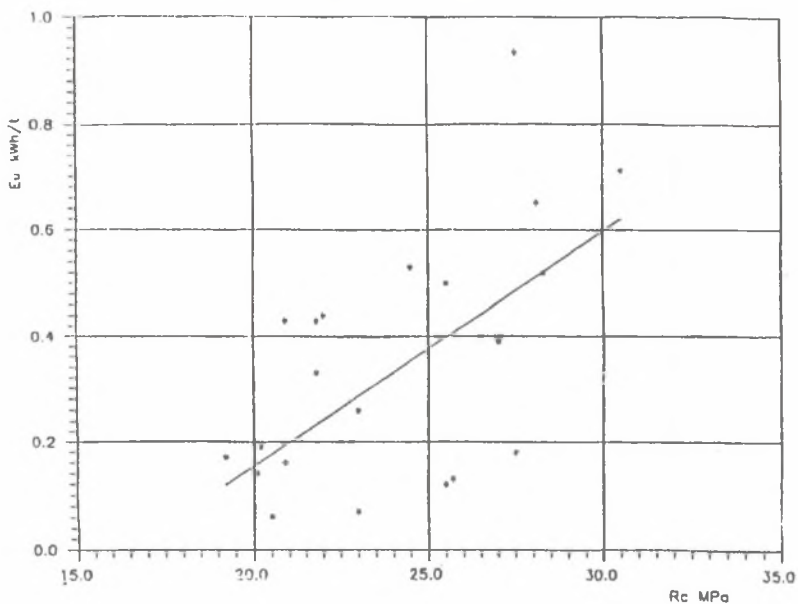
- istnieje zależność liniowa pomiędzy energochłonnością urabiania  $E_u$ , a urabianym ośrodkiem wyrażonym przez wartość modułu akustycznego  $E_u = 0,0629 H - 0,27$  oraz  $E_u = 0,0443 R_c - 0,73$ ,
- otrzymane parametry statystyczne ww. funkcji świadczą o poprawności postawionej tezy o zależności liniowej  $E_u = f(H)$  oraz  $E_u = f(R_c)$ .

##### 5.2. Prowadzone w dalszym ciągu badania i pomiary pozwolą dokładnie opisać procesy energochłonności urabiania, w szczególności:

- określą rozdział mocy na organy urabiające i napędy posuwu,
- pozwolą określić stopień wykorzystania zainstalowanej mocy.



Rys. 6. Liniowa funkcja regresji  $E_u = f(H)$   
Fig. 6. Linear function of regression  $E_u = f(H)$



Rys. 7. Liniowa funkcja regresji  $E_u = f(R_c)$   
Fig. 7. Linear function of regression  $E_u = f(R_c)$

$$Y = 0.0629x - 0.27$$

$x_i$	$y_i$	$x_i - x_m$	$y_i - y_m$	$(x_i - x_m)(y_i - y_m)$	$(x_i - x_m)^2$	$(y_i - y_m)^2$
9.300	0.200	-0.489	-0.146	0.071	0.239	0.021
7.800	0.140	-1.989	-0.206	0.409	3.957	0.042
8.400	0.160	-1.389	-0.186	0.258	1.930	0.034
8.500	0.430	-1.289	0.084	-0.109	1.662	0.007
13.100	0.930	3.311	0.584	1.934	10.961	0.341
14.300	0.710	4.511	0.364	1.643	20.347	0.133
12.100	0.520	2.311	0.174	0.403	5.339	0.030
11.400	0.180	1.611	-0.166	-0.267	2.594	0.027
8.400	0.070	-1.389	-0.276	0.383	1.930	0.076
6.500	0.060	-3.289	-0.286	0.940	10.819	0.082
8.400	0.200	-1.389	-0.146	0.202	1.930	0.021
5.500	0.170	-4.289	-0.176	0.754	18.398	0.031
10.400	0.120	0.611	-0.226	-0.138	0.373	0.051
8.500	0.260	-1.289	-0.086	0.111	1.662	0.007
7.600	0.430	-2.389	0.084	-0.201	5.709	0.007
6.500	0.190	-3.289	-0.156	0.512	10.819	0.024
10.200	0.170	0.411	-0.176	-0.072	0.169	0.031
10.500	0.130	0.711	-0.216	-0.153	0.505	0.047
15.000	0.600	5.211	0.254	1.325	27.152	0.065
14.600	0.680	4.811	0.334	1.608	23.143	0.112
7.700	0.330	-2.089	-0.016	0.033	4.365	0.000
11.300	0.400	1.511	0.054	0.082	2.282	0.003
7.800	0.440	-1.989	0.094	-0.188	3.957	0.009
11.400	0.390	1.611	0.044	0.071	2.594	0.002
9.800	0.530	0.011	0.184	0.002	0.000	0.034
12.500	0.660	2.711	0.314	0.852	7.348	0.099
6.300	0.080	-3.489	-0.266	0.927	12.175	0.071
10.500	0.500	0.711	0.154	0.110	0.505	0.024

Współczynnik korelacji  
Correlation coefficient

$$R_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_m)(y_i - y_m)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2 \sum_{i=1}^n (y_i - y_m)^2}}$$

$$R_{xy} = 0.711$$

$$x_m = 9.789 \quad y_m = 0.346$$

$$\Sigma = 11.5 \quad \Sigma^2 = 182.87 \quad \Sigma^3 = 1.43$$

Examination of the significance of correlation coefficients  
Badanie istotności współczynnika korelacji:

at:  
przy:  $t_{\alpha, n-2} = 2.76$  (na poziomie  $\alpha = 0.01$ )

$$t = \frac{R_{xy}}{\sqrt{1 - R_{xy}^2}} \sqrt{n-2}$$

$$t = 5.15$$

$$|t| > t_{\alpha}$$

Tabela 2

$$\hat{y} = 0,044340x - 0,73287$$

x	y	y <sup>2</sup>	x <sup>2</sup>	x·y	(y-y <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	(x-x <sup>2</sup> )	(y-y <sup>2</sup> )	(x-x <sup>2</sup> )(y-y <sup>2</sup> )	(x-x <sup>2</sup> )(y-y <sup>2</sup> )	R <sub>xy</sub>	t
22.500	0.200	1.923	1.145	-0.945	0.873	-1.811	-0.145	0.263	3.279	0.021	
20.100	0.140	1.483	0.994	-0.854	0.730	-4.211	-0.205	0.865	17.730	0.042	0.667
20.900	0.160	1.623	1.045	-0.885	0.783	-3.411	-0.185	0.632	11.633	0.034	23.268
20.900	0.430	1.623	1.045	-0.615	0.378	-3.411	0.089	-0.289	11.633	0.007	
27.500	0.930	3.042	1.460	-0.530	0.281	3.189	0.585	1.865	10.172	0.342	
30.500	0.710	3.845	1.618	-0.938	0.881	6.189	0.365	2.257	38.307	0.133	
28.300	0.520	3.246	1.510	-0.970	0.980	3.989	0.175	0.697	15.914	0.031	
27.400	0.189	3.017	1.453	-1.273	1.622	3.089	-0.165	-0.511	9.544	0.027	
23.000	0.070	2.023	1.177	-1.107	1.225	-1.311	-0.275	0.361	1.718	0.076	
20.500	0.040	1.552	1.019	-0.959	0.921	-3.811	-0.285	1.087	14.522	0.081	
27.000	0.390	2.918	1.428	-1.038	1.078	2.689	0.045	0.120	7.232	0.002	
24.500	0.530	2.338	1.271	-0.741	0.549	0.189	0.185	0.035	0.036	0.034	
28.100	0.650	3.195	1.497	-0.847	0.718	3.789	0.305	1.154	14.359	0.093	
20.000	0.090	1.454	0.999	-0.909	0.824	-4.311	-0.265	1.144	10.582	0.070	
25.500	0.590	2.562	1.334	-0.834	0.695	1.189	0.155	0.184	1.414	0.024	
22.800	0.200	1.982	1.164	-0.964	0.930	-1.511	-0.145	0.220	2.282	0.021	
19.200	0.170	1.354	0.938	-0.768	0.589	-5.111	-0.175	0.896	26.119	0.031	
25.500	0.120	2.562	1.334	-1.214	1.474	1.189	-0.275	-0.268	1.414	0.051	
23.000	0.260	2.023	1.177	-0.917	0.840	-1.311	-0.085	0.112	1.718	0.007	
21.800	0.430	1.788	1.101	-0.671	0.451	-2.511	0.085	-0.213	6.304	0.007	
20.200	0.190	1.500	1.001	-0.811	0.657	-4.111	-0.155	0.639	16.898	0.024	
25.000	0.170	2.448	1.303	-1.133	1.283	0.689	-0.175	-0.121	0.475	0.031	
25.700	0.130	2.608	1.347	-1.217	1.480	1.389	-0.215	-0.299	1.930	0.046	
30.500	0.600	3.845	1.618	-1.048	1.099	6.189	0.255	1.576	38.307	0.065	
30.000	0.680	3.704	1.617	-0.937	0.878	5.689	0.335	1.904	32.368	0.112	
21.800	0.330	1.788	1.101	-0.771	0.595	-2.511	-0.015	0.039	6.304	0.000	
26.500	0.400	2.796	1.397	-0.997	0.994	2.189	0.055	0.120	4.793	0.003	
22.000	0.440	1.826	1.114	-0.674	0.454	-2.311	0.095	-0.219	5.339	0.009	
A sr	B sr					suma:		14.249	320.327	1.425	
24.311	0.345										
					sum(y-y <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> :	74.789					
					N=	28.000					

średnia odchylenie standardowe  $S^* = 0,931$  mean standard deviation

Examination of the significance of correlation coefficient  
 Badanie istotności współczynnika korelacji:

przy at  $t = 23,268$

$t_{kr/n=28/} = 2,76$  / na poziomie istotności  $\alpha = 0,01$  /  
 at the significance level

jest  $|t| > t_{kr}$

Wniosek: Hipotezę o braku korelacji należy odrzucić.

Conclusion: The hypothesis stating that there is no correlation should be rejected.

## LITERATURA

- [1] Kozieł A.: Prognozowanie energochłonności urabiania na podstawie określania wybranych parametrów skał. Organizacja i kierowanie pracami badawczo-rozwojowymi w dziedzinie maszyn i urządzeń górniczych. Materiały konferencyjne. Szczyrk, 1993.
- [2] Chrzan T., Frankiewicz W., Kozieł A.: Ultradźwiękowa metoda wyznaczania wytrzymałości na ściskanie oraz skrawalności węgla, CMG KOMAG, Gliwice 1993.
- [3] Kozieł A.: Badania parametrów elektrycznych kombajnów ścianowych w zależności od kategorii stopnia trudności urabiania. Praca wykonana w CMG KOMAG, Gliwice 1993.
- [4] Chrzan T.: Moduł akustyczny - względny wskaźnik energochłonności procesu niszczenia spoiwości ośrodka skalnego. Górnictwo i geologia. Wrocław 1992.
- [5] Gliński J.: Energetyczne wskaźniki właściwości skał i procesów wydobywczych. 1988.
- [6] Bęben A.: Technika wiertnicza w odkrywkowym górnictwie skalnym. Katowice 1992.
- [7] Brychta P., Lütkenhaus H.: Messung elektrischer Antriebsleistung unter Tage. Glückauf 125 (1989) Nr 7/8.
- [8] Instrukcja obsługi systemu sML firmy RAEDER u. Co - 1993.
- [9] Chrzan T., Frankiewicz W.: Instrukcja stosowania metody akustycznej do określania wytrzymałości na ściskanie - Politechnika Wrocławska, 1988.
- [10] Zakowski M., Zawadzki J.: Wytrzymałość materiałów. PWN, Warszawa 1983.

Recenzent: Dr hab. inż J. Kaźmierczak prof. Pol. Śl

Wpłynęło do Redakcji w czerwcu 1994 r.

## Abstract

When carrying out the verification of a design such as a longwall shearer it is of essential importance to determine its basic parameters under real working conditions. The relationship between physical and mechanical properties of rocks and energy consumption coefficient of mining is one of the vital quantities.

Physical and mechanical parameters of rocks which matter as the basic ones are among others: compression strength  $R_C$  and cuttability factor  $A$  determined on the basis of measuring the speed at which an ultrasonic wave passes through rock samples.

The above named method makes it possible to determine an acoustic module  $H$  which characterises properties of elastic strain energy and of energy which destructs the rock structure as well as its heterogeneity. The energy consumption coefficient  $E_U$  of mining determined under real conditions characterises efficiency of mining and verifies parameters of the machine especially in respect of the selection of electric drives, cutting drums and gears.

The determination of energy consumption coefficient  $E_U$  of mining prior to siting of a winning machine is of particular importance in the case of faces characterised by high concentration of output. Finding of the relationship between the acoustic module  $H$  and the energy consumption coefficient  $E_U$  of mining results in solving of the presented problem.

The course and results of tests have been presented in the paper. The description covers also the basic relationships:  $E_U = f(H)$  and  $E_U = f(R_C)$ . The performed examinations of the

significance of a correlation coefficient of the determined relationship as well as the verification of the hypothesis have indicated that there is a relationship between the determined parameters  $E_U$  and  $H$ .

The tests being continued are aimed at the determination of how the power is distributed among particular drives of a longwall shearer and at stating the degree of utilisation of the installed power.