ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1976

Seria: Górnictwo z. 72 Nr kol. 471

Jan Rynik
Piotr Sobota

ANALIZA URABIANIA JEDNOKIERUNKOWEGO I DWUKIERUNKOWEGO KOMBAJNAMI BĘBNOWYMI W ŚCIANACH ZAWAŁOWYCH

Streszczenie. W artykule przeprowadzono statystyczną analizę wpływu wysokości ścian zawałowych na kształtowanie się wydajności przodkowej i całkowitego kosztu wydobycia 1 tony węgla, przy stosowaniu jedno- dwukierunkowego sposobu urabiania. Analizowane ściany podzielono na zbiory charakteryzujące się tym samym stopniem wyposażenia technicznego, a różniące się sposobem urabiania. Dla poszczególnych zbiorów ścian obliczono metodą najmniejszych kwadratów równania prostych regresji i współczynniki korelacji zupełnej, na podstawie których dokonano porównania wydajności i kosztów przy urabianiu jednokierunkowym i dwukierunkowym.

1. Wstęp

Zastosowanie w polskim górnictwie węglowym wąskozabiorowych kombajnów ścianowych z bębnowymi organami urabiającymi stworzyło przesłanki do wdrożenia w przodkach ścianowych nowych form organizacji pracy. Kompleksowa organizacja robót w przodkach ścianowych zależy w dużej mierze od stanu i poziomu uzbrojenia przodka w maszyny i urządzenia oraz od zastosowanego sposobu urabiania. W Polskim Górnictwie Węglowym stosowane są dwa systemy urabiania: jednokierunkowy i dwukierunkowy.

Dwukierunkowy system urabiania pozwala na lepsze wykorzystanie czasu pracy maszyny, co w konsekwencji prowadzi do wzrostu wydajności pracy i koncentracji wydobycia.

W praktyce górniczej możliwości te nie są jednak w pełni wykorzystywane i to nie tylko z przyczyn obiektywnych.

2. Analiza ilościowa przodków ścianowych z urabianiem jedno- i dwukierunkowym

Systemy ścianowe spełniają podstawowe założenia nowoczesnych form organizacji pracy i koncentracji wydobycia. W 1974 roku wydobycie ze ścian stanowiło 87,3% całkowitego wydobycia kopalń, a z zabierek zaledwie 0,98%. Wśród systemów ścianowych zdecydowaną przewagę mają ściany zawałowe (66,3% wydobycia w stosunku do wszystkich systemów ścianowych), którym od początku mechanizacji urabiania poświęcano najwięcej uwagi i które są w tej chwili najlepiej wyposażone w kombajny, strugi, obudowy i środki

transportu urobku.

Dane stanowiące przedmiot analizy dotyczą wszystkich polskich kopalń węgla kamiennego i obejmują jeden wybrany miesiąc sprawozdawczy - listopad 1974 roku. Zaczerpnięte one zostały ze skomputeryzowanego systemu analityczno-rozliczeniowego eksploatacyjnej działalności kopalni węgla kamiennego IOS. Dane otrzymano z arkusza wynikowego IOS-8, który zawiera następujące informacje:

- typ maszyny urabiającej,
- typ obudowy ścianowej,
- system eksploatacji,
- nachylenie pokładu,
- wysokość ścian,
- wielkość wydobycia dobowego i miesięcznego,
- dobowy i miesięczny postęp ściany,
- wydajność przodkowa,
- sposób urabiania i organizacji pracy,
- koszt robocizny w zł/t,
- koszt materiałów w zł/t,
- koszty amortyzacji, energii i inne w zł/t,
- koszt całkowity w zł/t.

TABLICA 1

Podział ścian ze względu na sposób kierowania stropem oraz typ obudowy	Kombajny	
	urabiająco-ładujące	ładujące
1. Ściany zawałowe		
- z obudową indywidualną	231	-
- z obudową zmechanizowaną	134	-
2. Ściany z podsadzką płynną		
- z obudową indywidualną	128	41
- z obudową zmechanizowaną	8	-
3. Ściany z podsadzką suchą		
- z obudową indywidulaną	22	-
- z obudową zmechanizowaną	-	-

Jak wynika z tablicy 1, w wybranym miesiącu najwięcej czynnych było ścian zawałowych, z których do dalszej analizy przyjęto ściany wyposażone w kombajny bębnowe urabiająco-ładujące oraz obudowę indywidualną lub zmechanizowaną (365 ścian). Ściany te podzielono ze względu na sposób urabiania kombajnem, co przedstawiono w tablicy 2.
Najliczniejszą grupę stanowią ściany o urabianiu jednokierunkowym (211 ścian). Ścian z urabianiem dwukierunkowym zanotowano 133, natomiast z urabianiem dwukierunkowym nawrotnym tylko 21. Przez urabianie dwukierunko-

we nawrotne należy rozumieć tutaj urabianie kombajnem w obu kierunkach ściany, z tym że dla wykonania pełnego cyklu pracy kombajn musi przejechać ścianę dwukrotnie tzn. w pierwszej fazie urabia przystropową warstwę węgla, a podczas jazdy z powrotem warstwę przyspągową. Ze względu na zbyt małą liczbę ścian wyposażonych w kombajny urabiające dwukierunkowo nawrotnie nie uwzględniono ich w dalszej analizie.

TABLICA 2

Rodzaj ścian	Sposób urabiania kombajnem		
	jednokierunkowy	dwukierunkowy	dwukierunkowy nawrotny
ściany zawałowe			
- z obudową indywidualną	148	67	16
- z obudową zmechanizowaną	63	66	5

3. Statystyczna analiza wydajności przodkowej w ścianach zawałowych z urabianiem jedno- i dwukierunkowym

Przyjęty materiał statystyczny podzielono na grupy odpowiadające ścianom zawałowym o tym samym stopniu wyposażenia technicznego, lecz o przeciwstawnym sposobie urabiania kombajnem. Dane te poddano analizie statystycznej w celu wskazania sposobu eksploatacji ścian zawałowych zapewniającego maksymalną wydajność przodkową i koncentrację wydobycia. Dla poszczególnych grup ścian określono wpływ wybranych parametrów wyrobisk ścianowych na uzyskiwaną w tych ścianach wydajność przodkową.

Przy pomocy metody najmniejszych kwadratów obliczono równania prostych regresji i współczynniki korelacji zupełnej.
Prosta najmniejszych kwadratów wyrażona jest wzorem:

$$y = a + bx$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i \sum_{i=1}^{n} y_i}{n}}{\sum_{n=1}^{n} x_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2}{n}}$$

gdzie:

$\bar{x}$, $\bar{y}$ – średnie arytmetyczne parametrów badanego zbioru,

x_i, y_i – pary wartości zmiennych odnoszące się do poszczególnych obserwacji,

n – ilość obserwacji (wystąpień) w badanym zbiorze.

Współczynnik korelacji zupełnej obliczono ze wzoru:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{n} (y_i - \bar{y})^2}}$$

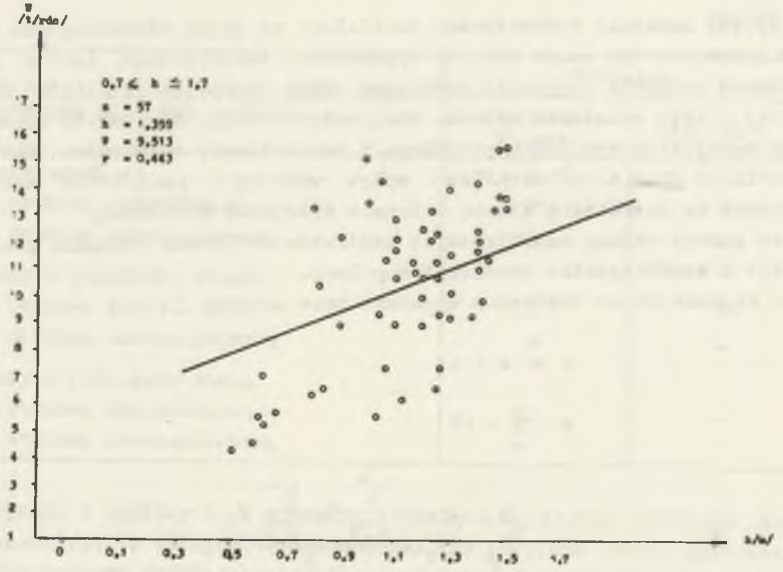
W pracy przedstawiono przykładowo wpływ wysokości ściany na uzyskiwaną wydajność przy określonym sposobie urabiania kombajnem, przy czym wprowadzono oznaczenia (rys. 1 ÷ 6):

W – wydajność przodkowa, liczona z urobku brutto (t/rdn),

h – wysokość ściany (m),

n – liczba ścian w podzbiorze,

r – współczynnik korelacji zupełnej.



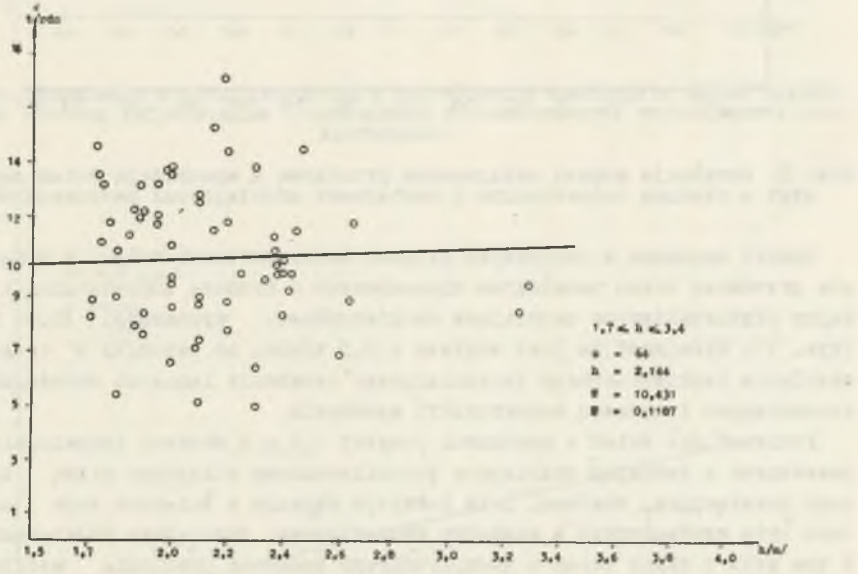
Rys. 1. Korelacja między wydajnością przodkową a wysokością ścian zawałowych z obudową indywidualną i kombajnami pracującymi jednokierunkowo

Szczegółowa analiza obejmuje następujące grupy ścian:

1) ściany zawałowe z obudową indywidualną, o wysokości 0,7 – 1,7 m i urabianiem jednokierunkowym,

2) ściany zawałowe z obudową indywidualną, o wysokości > 1,7 m i urabianiem jednokierunkowym,
3) ściany zawałowe z obudową indywidualną i urabianiem dwukierunkowym,
4) ściany zawałowe z obudową indywidualną, o wysokiści > 1,7 m i urabianiem dwukierunkowym,
5) ściany zawałowe z obudową zmechanizowaną i urabianiem jednokierunkowym,
6) ściany zawałowe z obudową zmechanizowaną i urabianiem dwukierunkowym.

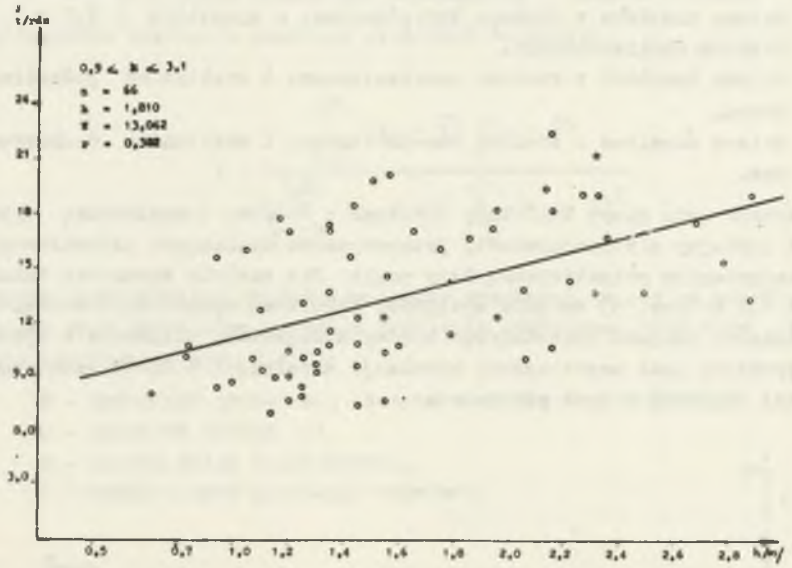
Pierwsze dwie grupy to ściany zawałowe z obudową indywidualną wyposażone w kombajny płytkozabiorowe, jednoorganowe urabiające jednokierunkowo z pozostawieniem przystropowej łaty węgla. Dla zakresu wysokości ścian od 0,7 do 1,7 m (rys. 1) średnia wydajność przodkowa wynosi 9,51 t/rdn. Miarą ścisłości związku zachodzącego między wydajnością przodkową a wysokością wyrobiska jest współczynnik korelacji zupełnej r = 0,443 świadczący o średniej zależności tych parametrów.



Rys. 2. Korelacja między wydajnością przodkową a wysokością ścian zawałowych z obudową indywidualną i kombajnami urabiającymi jednokierunkowo

Przy wysokości ścian powyżej 1,7 m (rys. 2) wydajność średnia wynosi 10,43 t/rdn, a niski współczynnik korelacji zupełnej r = 0,119 świadczy o dużym rozrzucie punktów badanego zbioru i minimalnej zależności badanych parametrów. Takie kształtowanie się omawianej zależności spowodowane jest trudnościami wynikającymi z nieprzystosowania zakresu wysokości urabiania kombajnów do wysokości ścian (pozostawienie warstwy węgla, którą urabia

się przy pomocy materiałów wybuchowych, co wiąże się ze zwiększoną pracochłonnością i niejednokrotnie pogorszeniem warunków stropowych).



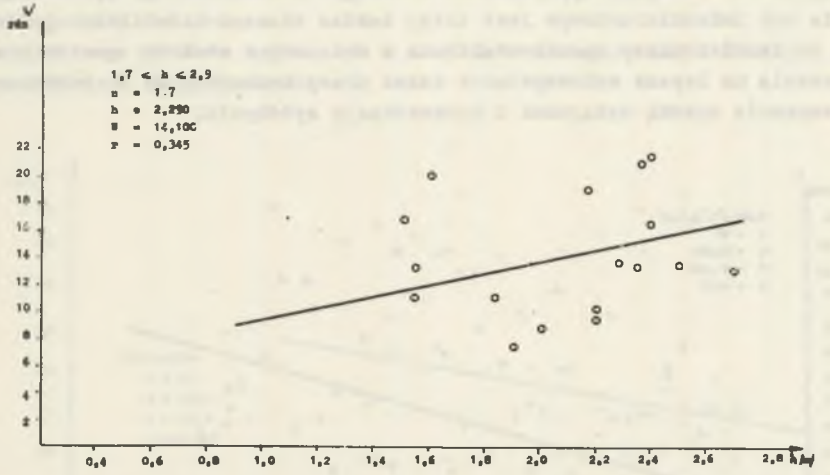
Rys. 3. Korelacja między wydajnością przodkową a wysokością ścian zawałowych z obudową indywidualną i kombajnami urabiającymi dwukierunkowo

Wyniki uzyskane w powyższych grupach ścian porównać można z wydajnością przodkową ścian zawałowych wyposażonych w obudowę indywidualną i kombajny płytkozabierowe urabiające dwukierunkowo, wynoszącą 13,04 t/rdn (rys. 3). Wydajność ta jest większa o 3,5 t/rdn, co świadczy o wyższości urabiania dwukierunkowego zapewniającego uzyskanie lepszych wskaźników ekonomicznych i wyższej koncentracji wydobycia.

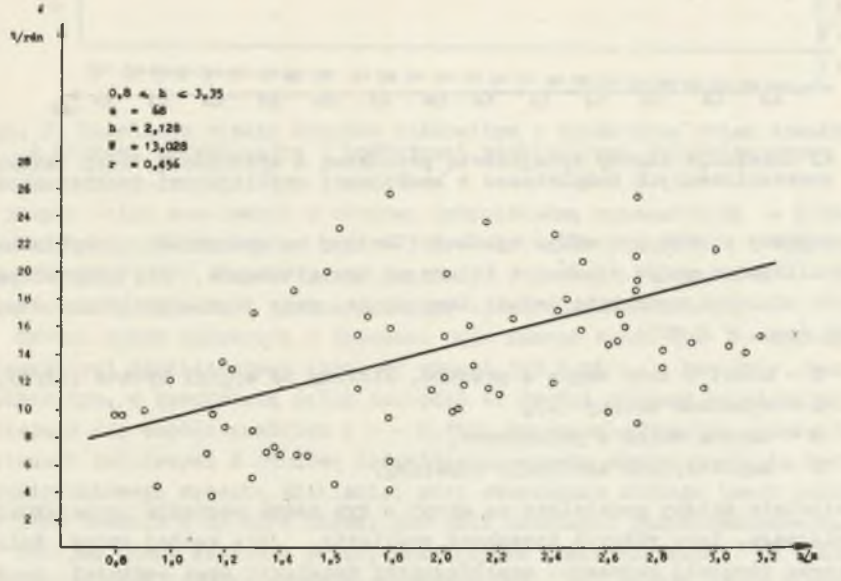
Ponieważ dla ścian o wysokości powyżej 1,7 m z obudową indywidualną wyposażonych w kombajny urabiające jednokierunkowo otrzymano niską zależność korelacyjną, zbadano, jaka istnieje relacja w ścianach tego samego typu lecz wyposażonych w kombajny dwuramionowe, urabiające dwukierunkowo. W tym celu z grupy ścian o dwukierunkowym sposobie urabiania wydzielono dodatkowy podzbiór ścian o wysokości powyżej 1,7 m (rys. 4). Średnia wydajność przodkowa uzyskiwana w ścianach tej podgrupy wynosi 14,10 t/rdn i jest o 3,67 t/rdn wyższa niż w ścianach o jednokierunkowym sposobie urabiania. Niezbyt wysoki poziom współczynnika korelacji zupełnej (r=0,345) spowodowany jest zbyt małą liczbą ścian, która wynosi w tym przypadku 17 i jest zarazem odzwierciedleniem zapotrzebowania przemysłu węglowego na kombajny dwuramionowe o dużym zakresie wysokości urabiania.

Następną grupę stanowią ściany zawałowe z obudową zmechanizowaną wyposażone w kombajny urabiające jednokierunkowo (rys. 5). Średnia wydajność

przodkowa w tych ścianach wynosi 13,03 t/rdn, a współczynnik korelacji zupełnej r = 0,456, co wskazuje na średni poziom związku pomiędzy wydajnością a wysokością ściany.

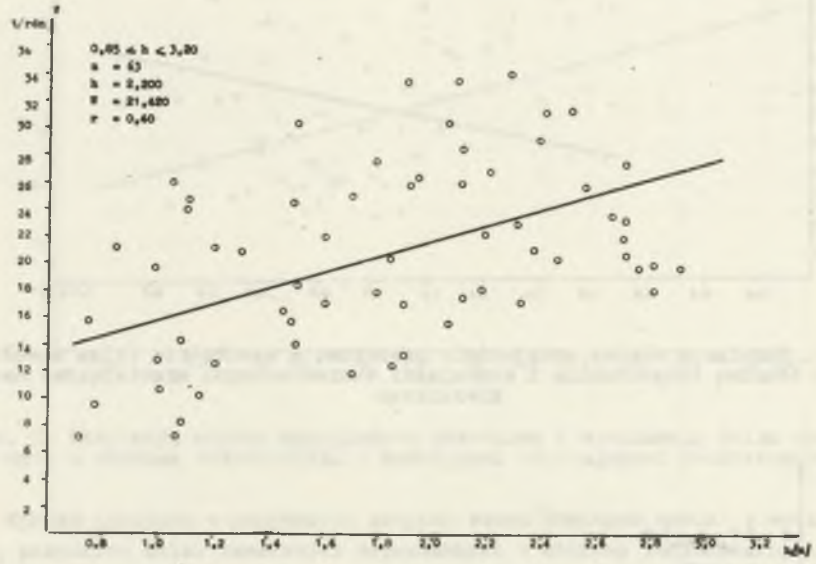


Rys. 4. Korelacja między wydajnością przodkową a wysokością ścian zawałowych z obudową indywidualną i kombajnami dwuramionowymi urabiającymi dwukierunkowo



Rys. 5. Korelacja między wydajnością przodkową a wysokością ścian zawałowych zmechanizowanych kompleksowo z kombajnami urabiającymi jednokierunkowo

Natomiast w ścianach zawałowych z obudową zmechanizowaną i kombajnami urabiającymi dwukierunkowo (rys. 6) średnia wydajność przodkowa wynosi 21,42 t/rdn i jest o 8,4 t/rdn wyższa niż przy urabianiu jednokierunkowym w ścianach o tym samym wyposażeniu. Przewaga dwukierunkowego sposobu urabiania nad jednokierunkowym jest tutaj bardzo znaczna i dobitnie podkreśla, że dwukierunkowy sposób urabiania w ścianach z obudową zmechanizowaną pozwala na lepsze wykorzystanie czasu pracy kombajnu, co w konsekwencji zapewnia wysoką wydajność i koncentrację wydobycia.



Rys. 6. Korelacja między wydajnością przodkową a wysokością ścian zawałowych zmechanizowanych kompleksowo z kombajnami urabiającymi dwukierunkowo

W podobny sposób jak wpływ wysokości ściany na wydajność wyrobiskową przeanalizowano wpływ wysokości ściany na kształtowanie się całkowitych kosztów własnych wydobycia jednej tony węgla, przy czym wprowadzono oznaczenia (rys. 7 ÷ 10):

K – koszt 1 tony węgla w przodku, liczony na węgiel brutto (zł/t),
h – wysokość ściany (m),
n – liczba ścian w podzbiorze,
r – współczynnik korelacji zupełnej.

Wszystkie ściany podzielono na grupy o tym samym poziomie wyposażenia technicznego, lecz różnych sposobach urabiania. Dla każdej grupy ścian obliczono równania regresji, współczynniki korelacji oraz wartości średnie zmiennej niezależnej i zależnej. W analizie uwzględniono cztery grupy ścian:

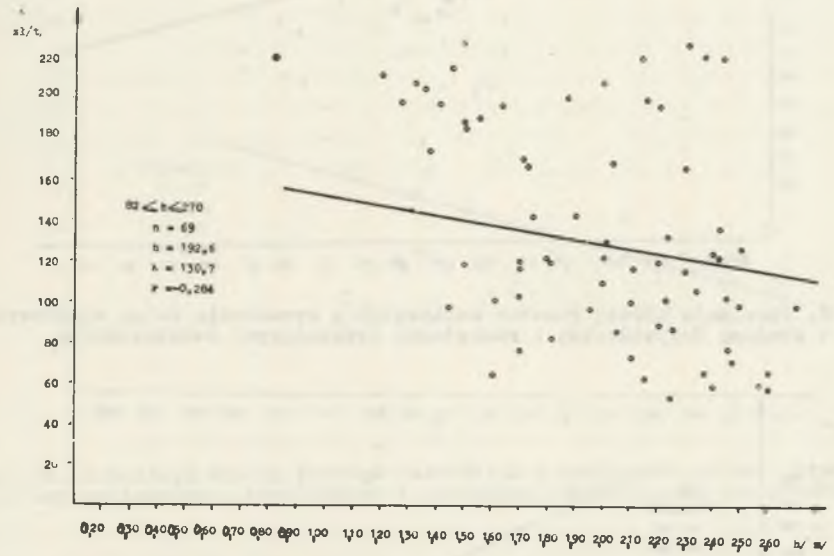
1) ściany zawałowe z obudową indywidualną i kombajnami bębnowymi ura-

biającymi jednokierunkowo,

2) ściany zawałowe z obudową indywidualną wyposażone w kombajny urabiające dwukierunkowo,

3) ściany zawałowe z obudową zmechanizowaną i kombajnami urabiającymi jednokierunkowo,

4) ściany zawałowe wyposażone w obudowę zmechanizowaną i kombajny urabiające dwukierunkowo.

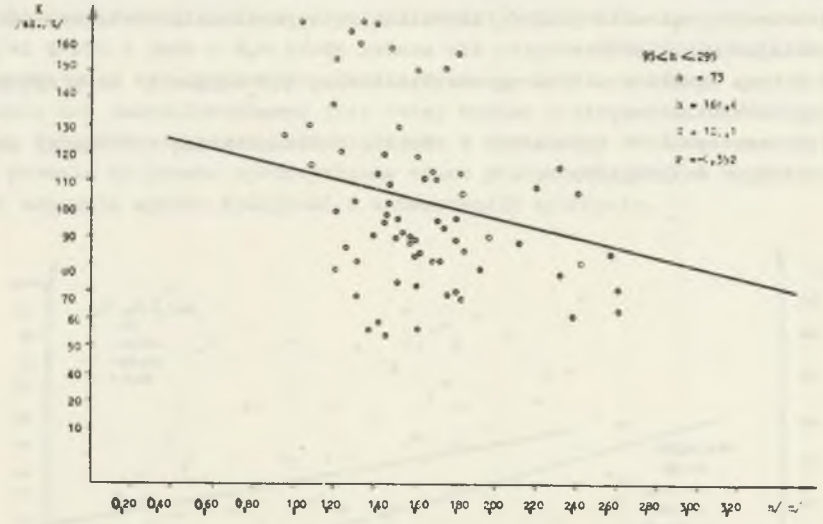


Rys. 7. Korelacja między kosztem całkowitym a wysokością ścian zawałowych z obudową indywidualną i kombajnami urabiającymi jednokierunkowo

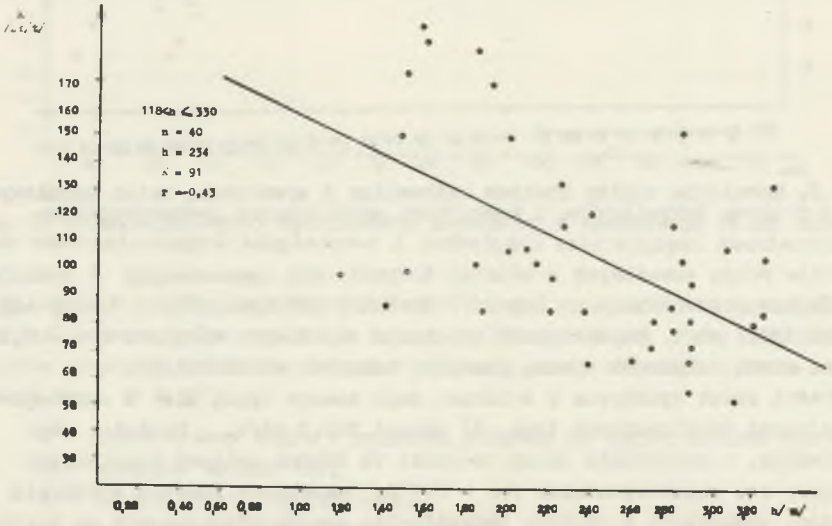
W grupie ścian zawałowych z obudową indywidualną wyposażonych w kombajny urabiające jednokierunkowo (rys. 7) średni koszt wydobycia 1 tony węgla wynosi 130,7 zł/t. Współczynnik korelacji zupełnej o wartości r = - 0,284 wyraża niską zależność ujemną pomiędzy badanymi wielkościami.

Średni koszt wydobycia w ścianach tego samego typu, ale z kombajnami pracującymi dwukierunkowo (rys. 8) wynosi 102,1 zł/t. Pomiędzy kos całkowitym, a wysokością ścian zachodzi tu średni związek korelacyjny rażający się współczynnikiem r = - 0,352. Porównanie kosztów wydobycia w ścianach zawałowych z obudową indywidualną wypada zdecydowanie na korzyść dwukierunkowego sposobu urabiania, przy stosowaniu którego koszt całkowity jest średnio o 27 zł/t niższy niż przy urabianiu jednokierunkowym.

Kolejną grupę stanowią ściany kompleksowo zmechanizowane, w których stosowane jest urabianie jednokierunkowe (rys. 9). Średni koszt całkowity dla tego typu ścian wynosi 91 zł/t i jest niższy o 40 zł/t od kosztu całkowitego wydobycia tony węgla w ścianach z obudową indywidualną. Związek pomiędzy badanymi parametrami jest istotny, na co wskazuje współczynnik



Rys. 8. Korelacja między kosztem całkowitym a wysokością ścian zawałowych z obudową indywidualną i kombajnami urabiającymi dwukierunkowo



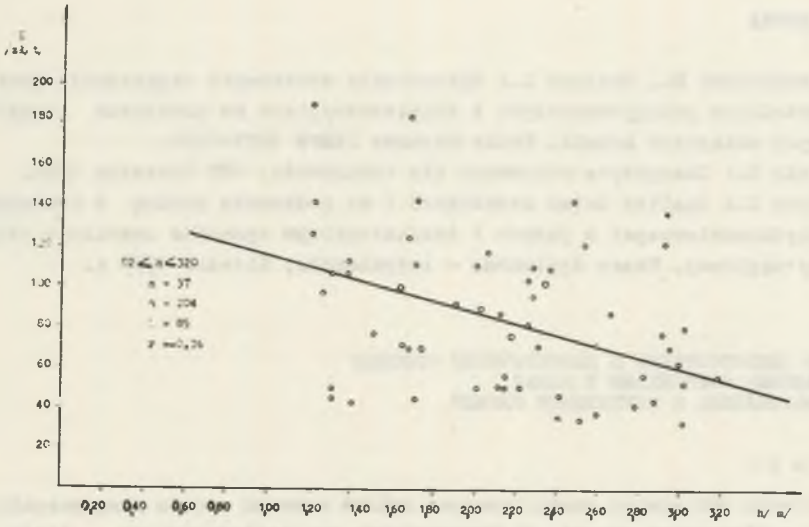
Rys. 9. Korelacja między kosztem całkowitym a wysokością ścian zawałowych zmechanizowanych kompleksowo z kombajnami urabiającymi jednokierunkowo

korelacji zupełnej r = − 0,43.

Najniższy średni koszt wydobycia zanotowano w ostatniej grupie ścian zawałowych z obudową zmechanizowaną i kombajnami urabiającymi dwukierunkowo (rys. 10) - wynosi on 85 zł/t i jest o 6 zł/t niższy niż przy ura-

bianiu jednokierunkowym.

Z porównania wartości kosztów wydobycia wynika, że urabianie dwukierunkowe zapewnia osiąganie lepszych wskaźników ekonomicznych we wszystkich grupach ścian zawałowych.



Rys. 10. Korelacja między kosztem całkowitym a wysokością ścian zawałowych zmechanizowanych kompleksowo z kombajnami urabiającymi dwukierunkowo

4. Wnioski

1) W ścianach zawałowych wyposażonych tak w obudowę indywidualną, jak i zmechanizowaną dwukierunkowy sposób urabiania pozwala na osiągnięcie wyższej wydajności pracy i wyższej koncentracji wydobycia oraz niższych kosztów niż jednokierunkowy.
2) Najlepsze efekty (największą wydajność i najniższe koszty) osiągane są przy urabianiu calizny węglowej dwukierunkowo kombajnami bębnowymi w ścianach wyposażonych w obudowę zmechanizowaną.
3) Współczynnik korelacji zupełnej określający związek pomiędzy wysokością ściany a wydajnością wyrobiskową jest dodatni, co oznacza, że ze wzrostem wysokości ściany rośnie również wydajność. Największy wpływ wysokości ściany na wydajność zaobserwowano w grupie ścian z obudową zmechanizowaną i kombajnami urabiającymi dwukierunkowo (wzrostowi wysokości ściany o 10 cm odpowiada wzrost wydajności o 594,4 kg/rdn).

Natomiast współczynnik korelacji przedstawiający zależność pomiędzy wysokością ściany, a kosztem wydobycia, przybiera wartości ujemne tzn. że ze wzrostem wysokości ściany maleje całkowity koszt

wydobycia. Najsilniej zaznacza się to w grupie ścian kompleksowo zmechanizowanych i wyposażonych w kombajny pracujące jednokierunkowo (zwiększenie wysokości ściany o 10 cm powoduje zmniejszenie całkowitego kosztu wydobycia o 3,5 zł/t).

LITERATURA

[1] Szwedowski M., Trojnar A.: Opracowanie wzorcowych organizacji pracy w przodkach przygotowawczych i eksploatacyjnych na podstawie szczytowych osiągnięć kopalń. Praca planowa ZKMPW 1973–1974.

[2] Volk W.: Statystyka stosowana dla inżynierów. WNT Warszawa 1973.

[3] Dydo J.: Analiza ścian zawałowych i na podsadzkę płynną z kombajnami płytkozabiorowymi o jedno- i dwukierunkowym sposobie urabiania calizny węglowej. Praca dyplomowa - inżynierska, Gliwice 1975 r.

АНАЛИЗ ОДНОСТОРОННЕЙ И ДВУСТОРОННЕЙ ОТБОЙКИ БАРАБАННЫМИ КОМБАЙНАМИ В ЛАВАХ, РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ С ОБРУШЕНИЕМ КРОВЛИ

Р е з ю м е

В статье проводится статистический анализ влияния высоты лав, разрабатываемых с обрушением кровли, на формирование производительности , труда по эксплуатации и полной стоимости добычи 1 тонны угля, при применении одно- и двусторонней отбойки. Анализируемые лавы были поделены на множества, характеризующиеся теми же степенями технического оборудования, а отличающиеся способом отбойки. Для отдельных множеств лав проведён расчёт методом наименьших квадратов, уравнения простой регрессии и коэффициенты полной корреляции, на основе которых сделаны сравнения производительности и стоимости при односторонней и двусторонней отбойке.

ANALYSIS OF UNIDIRECTIONAL AND BIDIRECTIONAL WINNING BY MEANS OF DRUM COMBINED CUTTER LOADER IN BUMP LONGWALLS

S u m m a r y

In the paper a statistical analysis of influence exerted by the height of bump longwalls on the coal-face output and the whole cost of 1 coal ton output, using unidirectional and bidirectional ways of winning, has been carried out. The analysed longwalls have been divided into groups characterized by ther equal technical equipment and differing by means of winning.

For the individual longwalls there was a method of the smallest squares calculated, the equations of simple regressions and the coefficients of complete correlation.

On the ground of these data a comparison of output and cost of unidirectional and bidirectional winning has been carried out.