ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1973

Seria: Górnictwo z. 55 Nr kol. 366

Tadeusz Pogonowski
Andrzej Karbownik

O PEWNEJ MOŻLIWOŚCI KLASYFIKACJI WARUNKÓW NATURALNYCH W PRZODKACH GÓRNICZYCH

Streszczenie. Znajomość warunków naturalnych złóż będących przedmiotem eksploatacji górniczej jest nieodzowna dla podjęcia właściwych decyzji co do metod, systemów i środków zastosowanych do ich wybierania. W oparciu o teorię zbiorów zaproponowano pojęcie i sposób klasyfikacji warunków naturalnych z uwagi na wzrost pracochłonności prac przodkowych, a więc wzrost jednostkowego kosztu przodkowego w stosunku do warunków średnich występujących w pewnym wybranym rejonie.

Przeprowadzono analizę praktyczną wpływu niektórych parametrów charakteryzujących warunki naturalne na jednostkowy koszt przodkowy faktyczny (zebrany i opracowany z kopalń PW) oraz na koszt przeliczeniowy zwany dalej kosztem przodkowym teoretycznym wyrównanym.

1. Wstęp

Projektowanie zakładów górniczych wymaga znajomości cech strukturalnych złoża, które będzie przedmiotem eksploatacji górniczej. Na etapie projektowania kopalni konieczne jest uwzględnienie takich wskaźników charakteryzujących złoże, aby przyjęty do realizacji model kopalni zapewnił najwyższe efekty ekonomiczne i techniczne - by spełniał wymogi rozwiązania optymalnego.

Dotychczasowe metody optymalizacji wielkości i modelu kopalni oraz ogniw procesu technologicznego uwzględniają podstawowe parametry naturalne złoża [3, 4, 6].

Wpływ tych parametrów związanych z nadkładem i złożem, jak np.:

- przeciętna grubość warstw nadkładu,
- dopuszczalne obciążenie jednostkowe gruntu itd.,
- przeciętna grubość pokładu,
- przeciętny kąt nachylenia pokładów,
- głębokość zalegania pokładu,
- gazowość złoża,
- sumaryczny dopływ wody dołowej itd.

w istniejących metodach optymalizacji nie ma takiego znaczenia jakby to wynikało z przeprowadzanych analiz statystycznych. Poza tym wprowadza się w nich pewne uproszczenia.

Wiadomo, że im ściślej uwzględnione zostaną warunki naturalne złoża oraz poziom techniczny rozwiązań, to tym dokładniejsza będzie metoda projektowania.

Dla prawidłowego ujęcia wpływu warunków naturalnych na koszt własny kopalni należy przeanalizować i ustalić relacje już w poszczególnych ogniwach procesu technologicznego poczynając od przodka górniczego. Sprzyjać to będzie przy dostatecznym rozpoznaniu warunków naturalnych, racjonalnemu programowaniu i projektowaniu wyposażenia technicznego niezbędnemu w realizacji określonego procesu technologicznego.

2. Omówienie istniejących metod określania wpływu warunków naturalnych na wskaźniki ekonomiczne w kopalni

Podstawową pracą w piśmiennictwie polskim, która stara się uchwycić wpływ parametrów naturalnych i techniczno-organizacyjnych na wielkość wskaźników ekonomicznych (koszt, wydajność, pracochłonność) w szczególności w przodkach górniczych jest praca wykonana pod kierunkiem A. Lisowskiego [5]. Dla dokonania analizy efektywności mechanizacji i automatyzacji procesów technologicznych w przodku górniczym trzeba dysponować odpowiednio dużym zbiorem danych dotyczących charakterystyki technicznej wyposażenia i górniczo-geologicznych warunków jego pracy.

Dla realizacji tego celu stworzono specjalny system IOS,który zapewnia odpowiedni materiał informacyjny dla analizy porównawczej wskaźników ekonomicznych. System ten umożliwia określanie ogółu warunków geologicznych, w których odbywa się eksploatacja górnicza, które pozostają w związku z efektami ekonomicznymi mechanizacji i automatyzacji oraz planowaniem i projektowaniem postępu technicznego.

W ostatnim czasie w ZSRR przeprowadzono badania [7] nad klasyfikacją skał otaczających pokład według stopnia ich wpływu na efektywność pracy przodków. Jako kryterium ilościowej oceny stopnia wpływu zwięzłości różnych skał towarzyszących na efektywność pracy przodków przyjęto wydajność pracy w przodkach wybierkowych i przygotowawczych. Z badań tych wynika,że wspólny wpływ skał towarzyszących w tym większym stopniu przyczynia się do podwyższenia wydajności pracy w przodku, czym zwięzłość skał stropu bezpośredniego jest większa i czym słabsze są skały spągu bezpośredniego.Dla określania wydajności pracy w przodku górniczym za pomocą podanej metody należy jej wielkość (wyznaczoną za pomocą metod empirycznych lub analitycznych) wymnożyć przez współczynnik "urealniający". Ustalona w ten sposób wydajność odpowiada pewnej kombinacji warunków strop-spąg dla wydzielonych pięciu typów skał płonnych charakterystycznych dla rejonu Donbasu.

Przykładowo dla brzegowych wartości zestawienia kombinacji strop-spąg współczynnik "urealniający" przybiera następujące wartości [7]:

- dla układu piaskowiec - łupek ilasty - 1,
- dla układu łupek ilasty - piaskowiec - 0,66,
- dla układu piaskowiec - piaskowiec - 0,88,
- dla układu łupek ilasty-łupek ilasty - 0,75.

Autor opracowania nie podaje szczegółowo sposobu określania tych współczynników, tym niemniej wyniki są naszym zdaniem bardzo dyskusyjne.

Przytoczona tu klasyfikacja nie uwzględnia wpływu innych niemniej ważnych parametrów charakteryzujących warunki naturalne w przodku górniczym.

3. Podstawowe założenia proponowanego sposobu klasyfikacji warunków naturalnych w przodkach górniczych

W stosunku do obu wymienionych w poprzednim rozdziale prac, nieco odmiennie postąpili autorzy niniejszego opracowania. Jako kryterium klasyfikacji warunków naturalnych przyjęto jednostkowy koszt przodkowy. Określenie bezpośredniego wpływu poszczególnych parametrów naturalnych na jednostkowy koszt przodkowy byłoby błędne z uwagi na zasadniczy wpływ parametrów techniczno-organizacyjnych. Ponadto w koszcie przodkowym, a ściślej w składniku tego kosztu - koszcie robocizny - tkwi wpływ zmniejszonej lub zwiększonej normy wykonawczej z uwagi na warunki naturalne i techniczne występujące w danym przodku. Celem wyeliminowania powyższych czynników zaproponowano uwzględnienie takiego kosztu przeliczeniowego, który byłby adekwatny do niezbędnego nakładu pracy żywej i uprzedmiotowionej w dogodnych i utrudnionych warunkach realizacji procesu technologicznego dla uzyskania określonej wielkości produkcji. Jeśli wystąpią utrudnione warunki pracy w przodku (gazowość, zawodnienie itp.), to odzwierciedleniem tych trudności będzie wyższy koszt przodkowy, teoretyczny wyrównany.

Proponowany koszt przodkowy teoretyczny wyrównany można określić na podstawie kosztu przodkowego faktycznego. Oznaczmy przez:

X - zbiór kosztów przodkowych faktycznych,

Y - zbiór kosztów przodkowych teoretycznych.

Można znaleźć funkcję f, która przekształca zbiór X na zbiór Y

$$f : X \xrightarrow{na} Y.$$

Funkcję f określimy jako:

$$f(x) = w \cdot x \qquad x \in X, \; y \in Y \tag{1}$$

przy czym

$$w = W_w \cdot W_z,$$

gdzie

W_w - współczynnik niwelujący wpływ parametrów techniczno-organizacyjnych w przodku (parametry geometryczne przodka).

Obliczamy go wzorem

$$W_w = \frac{l_i \cdot h_i \cdot p_i}{l_{śr} \cdot h_{śr} \cdot p_{śr}}, \qquad (2)$$

gdzie

$l_{śr}$, $h_{śr}$, $p_{śr}$ - odpowiednio: średnia arytmetyczna długość, wysokość i postęp ściany w danym zbiorze tych parametrów,

l_i, h_i, p_i - wartości długości, wysokości i postępu dla pojedyńczych elementów zbioru x_i,

W_z - określony na podstawie danych statystycznych współczynnik eksploatacyjny umożliwiający przeliczenie normy zasadniczej na normę wykonawczą.

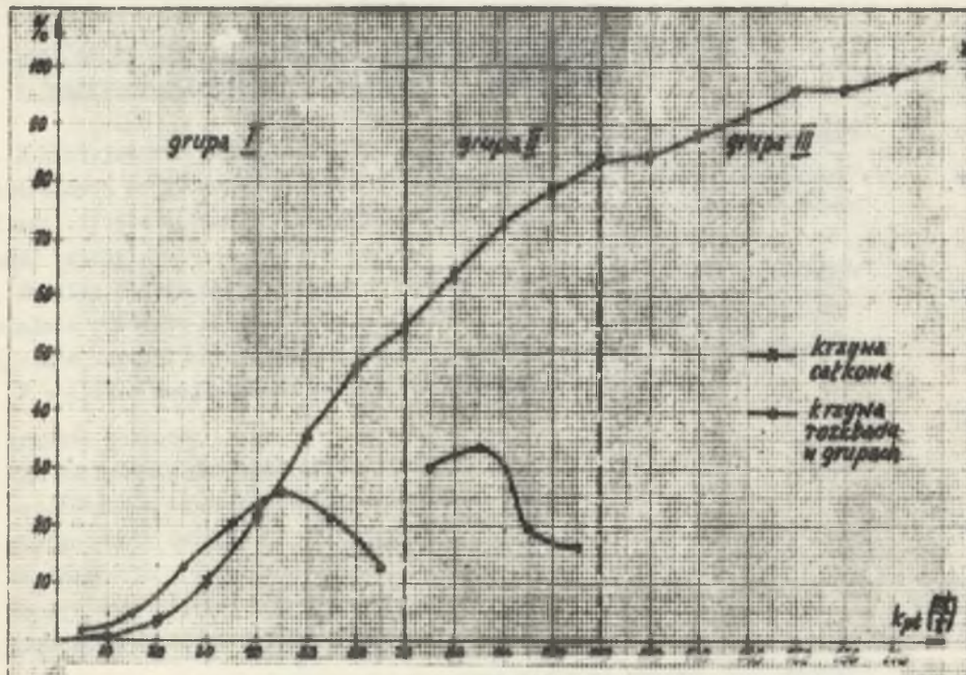
Jak widzimy, funkcja f jest różnowartościowa i przekształca zbiór X na zbiór Y, czyli każdemu kosztowi faktycznemu przyporządkowuje koszt teoretyczny wyrównany. W zbiorze Y wyróżniamy teraz podzbiory K_n. Do danego podzbioru K_n należą te elementy zbioru Y, których różnica od $k_n = \sup(K_n)$ jest nie większa niż Δ. Ustalona wielkość Δ jest więc średnicą wszystkich podzbiorów K_n: $\Delta = d(K_n)$.

Elementami podzbiorów K_n są więc wielkości kosztów teoretycznych wyrównawczych, które różnią się od ustalonych kresów górnych tych podzbiorów o mniej niż ustaloną wielkość Δ.

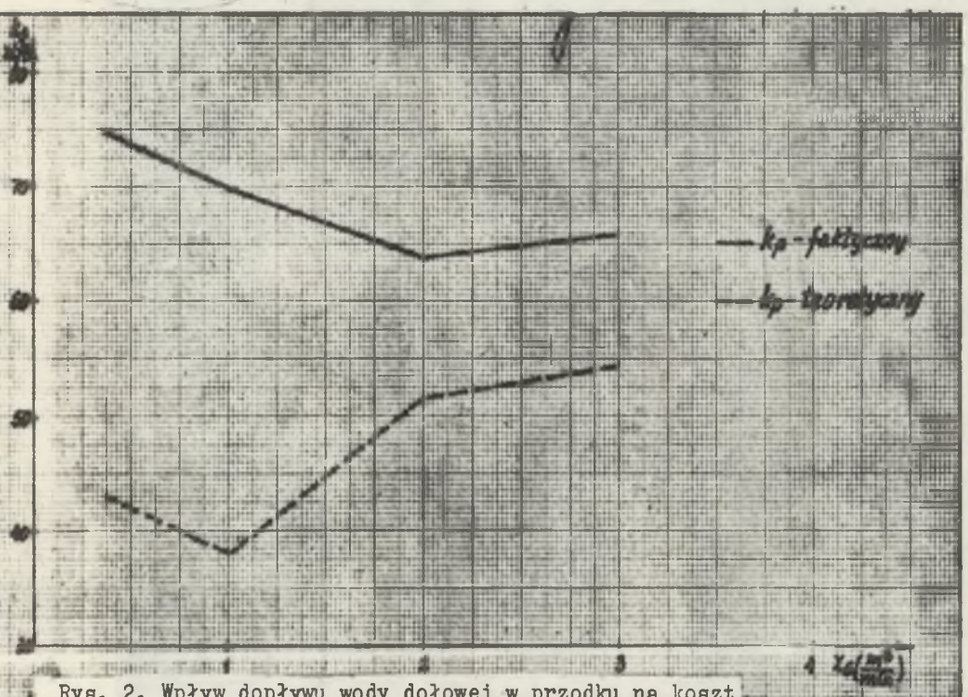
Ustalone podzbiory K_n stanowią kryterium klasyfikacji warunków naturalnych.

Każdemu elementowi k_n zbioru K_n odpowiadają określone (dane statystyczne) warunki naturalne przodka. Dla każdego podzbioru K_n można więc ustalić taki zakres zmienności poszczególnych parametrów naturalnych i ich kombinacji, który powoduje wzrost kosztu teoretycznego o mniej niż Δ. Tak uzyskane zestawy parametrów naturalnych utworzą klasy warunków naturalnych. Klasy te obejmować powinny w zasadzie wszystkie przodki, eksploatacyjne w PW za wyjątkiem nielicznych nietypowych przodków jak np. na Kop. "Gliwice", czy też systemy zabierkowe. Do opracowania takiej klasyfikacji jest oczywiście niezbędny bardzo obszerny materiał statystyczny.

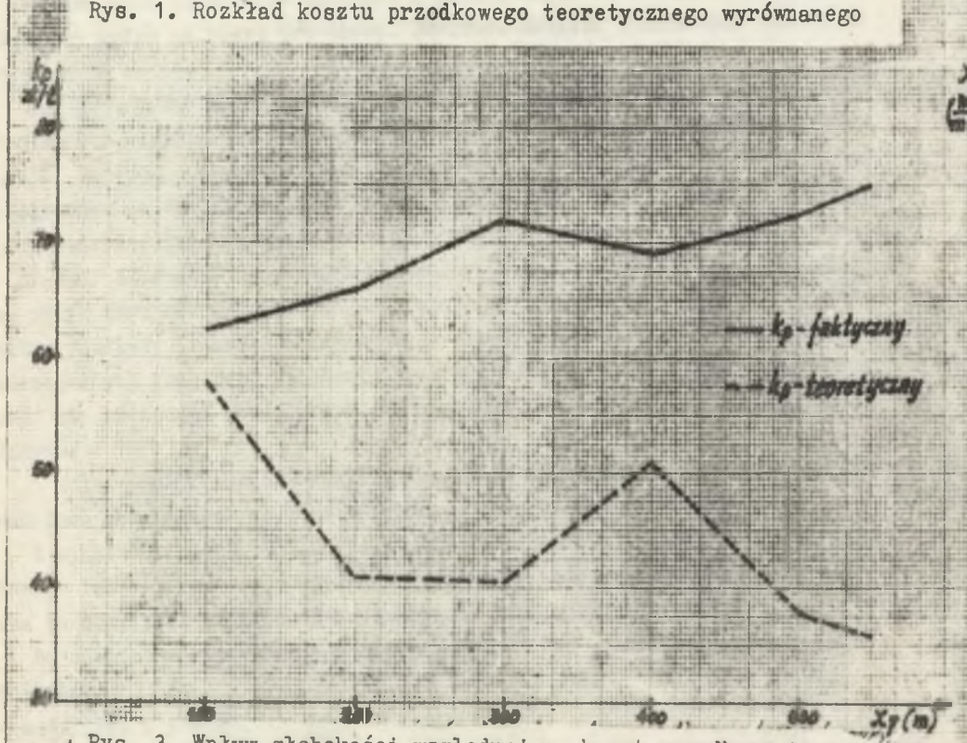
Na obecnym etapie opracowania autorom nie udało się zgromadzić odpowiednich danych. Tym niemniej uznano za celowe zasygnalizowanie częściowo sprawdzonego problemu. Ogromne usługi w tym zakresie może dać wspomniany już system IOS.



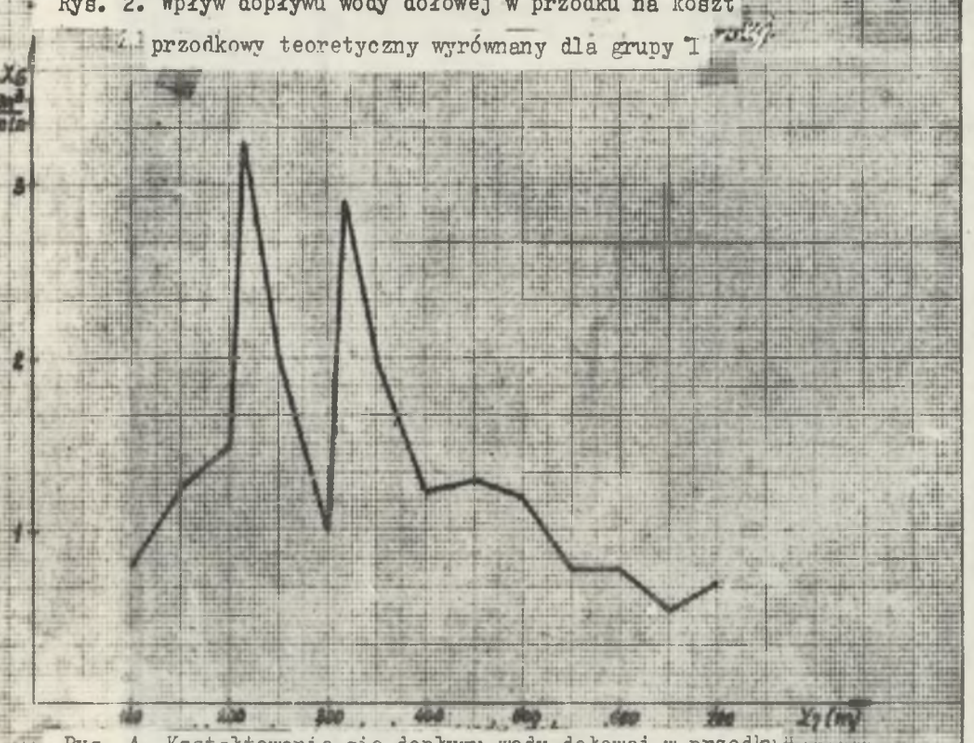
Rys. 1. Rozkład kosztu przodkowego teoretycznego wyrównanego



Rys. 2. Wpływ dopływu wody dołowej w przodku na koszt przodkowy teoretyczny wyrównany dla grupy I



Rys. 3. Wpływ głębokości względnej na koszt przodkowy teoretyczny wyrównany dla grupy I



Rys. 4. Kształtowanie się dopływu wody dołowej w przodku w zależności od głębokości względnej

4. Analiza warunków naturalnych w wybranych przodkach górniczych w oparciu o proponowane założenia ich klasyfikacji

W niniejszym rozdziale zostanie przedstawiona analiza wpływu parametrów naturalnych na jednostkowy koszt przodkowy. Nie podano ostatecznej klasyfikacji tychże warunków z uwagi na wstępny charakter opracowania proponowanej metody.

Analizą objęto dane uzyskane z wybranych kopalń GZW. Wszystkie wybrane kopalnie prowadzą eksploatację w pokładzie 510, który ma stosunkowo zróżnicowane warunki naturalne i analizę ograniczono właśnie do tego pokładu.

W analizie uwzględniono następujące parametry naturalne:

- grubość pokładu, (x_1),
- kąt nachylenia pokładu, (x_2),
- współczynnik zwięzłości skał stropowych, (x_3),
- współczynnik zwięzłości skał spągowych, (x_4),
- współczynnik urabialności węgla, (x_5),
- dopływ wody dołowej w przodku, (x_6),
- głębokość względna przodka, (x_7).

Wyboru tych parametrów dokonano a priori mając na uwadze ich przypuszczalny wpływ na koszt przodkowy. Poniższa analiza potwierdzi słuszność przyjętych założeń.

Jak wspomniano wyżej, dane, w ilości 1462 dotyczą eksploatacji prowadzonej w pokładzie 510, co zapewnia uzyskanie próbki z jednorodnej populacji. Wstępna ocena materiału statystycznego przeprowadzona została na załączonym schemacie rozkładu kosztu przodkowego, teoretycznego wyrównanego w poszczególnych grupach oraz za pomocą dystrybuanty dla całej próbki.

Z rys. 1 wynika, że z uwagi na trudny do uchwycenia na tym etapie, różny wpływ warunków naturalnych, występuje podział całej próbki na trzy modalne rozkłady (rozkład politropowy). Przeprowadzono więc analizę dla poszczególnych grup przy założeniu rozkładu normalnego w grupach [3], przy czym nie brano pod uwagę grupy III ponieważ zawiera ona zbyt małą liczbę danych.

Z kolei przeprowadzono analizę graficzną wpływu średnich wartości parametrów naturalnych na koszt przodkowy teoretyczny wyrównany (y_2).

Z wykresów rys. 2, 3 i 4 wynika, że stosowanie w analizach kosztu przodkowego faktycznego (y_1) może doprowadzić do fałszywych wniosków, potwierdza to analiza statystyczno-matematyczna (nie spełniają testu F).

Do analizy statystyczno-matematycznej na EMC zastosowano dwa modele funkcji:

- addytywna o postaci

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^{7} \frac{b_i}{x_i} \qquad (3)$$

- multiplikatywna Cobb-Douglasa o wzorze analitycznym

$$y = e^{b_o} \cdot x_1^{b_1} \cdot x_2^{b_2} \cdot x_3^{b_3} \cdot x_4^{b_4} \cdot x_5^{b_5} \cdot x_6^{b_6} \cdot x_7^{b_7}. \quad (4)$$

Analizę przeprowadzono w trzech wariantach dla grupy I, II oraz I + II.

W wyniku obliczeń za pomocą EMC otrzymano następujące równania regresji, współczynniki korelacji wielokrotnej (R), odchylenia standardowe (S) oraz wartości testu F przy określonym poziomie istotności (p):

- dla grupy I

$$y_2 = 55,63 - \frac{41,58}{x_1} + \frac{14,84}{x_2} - \frac{45,74}{x_3} + \frac{1,45}{x_4} - \frac{3,11}{x_5} - \frac{4,72}{x_6} + \frac{206,65}{x_7} \quad (5)$$

$$R = 0,3305, \qquad S = 14,30$$

$$F_{II} = 2,10 > F_I = 1,10 \qquad \text{dla } p = 0,05$$

- dla grupy II

$$y_2 = 83,96 - \frac{44,62}{x_1} + \frac{54,14}{x_2} - \frac{38,77}{x_3} - \frac{0,030}{x_4} + \frac{13,02}{x_5} - \frac{11,40}{x_6} + \frac{317,64}{x_7} \quad (6)$$

$$R = 0,5124, \qquad S = 10,93$$

$$F_{II} = 2,35 > F_I = 1,42 \qquad \text{dla } p = 0,05$$

- dla grupy I + II

$$y_2 = 56,97 - \frac{21,73}{x_1} + \frac{11,79}{x_2} - \frac{0,895}{x_3} + \frac{5,90}{x_4} + \frac{16,52}{x_5} - \frac{18,23}{x_6} + \frac{180,26}{x_7} \quad (7)$$

$$R = 0,3963, \qquad S = 23,29$$

$$F_{II} = 2,82 > F_I = 2,63 \qquad \text{dla } p = 0,01$$

- dla grupy I

$$y_2 = e^{4,71} \cdot x_1^{0,211} \cdot x_2^{-0,036} \cdot x_3^{0,096} \cdot x_4^{-0,0052} \cdot x_5^{-0,045} \cdot$$

$$\cdot\, x_6^{0,015} \cdot x_7^{-0,262} \qquad (8)$$

$$R = 0,3205, \qquad S = 0,38$$

$$F_{II} = 2,10 > F_I = 1,03 \qquad \text{dla } p = 0,05$$

- dla grupy II

$$y_2 = e^{5,36} \cdot x_1^{0,018} \cdot x_2^{-0,059} \cdot x_3^{-0,0039} \cdot x_4^{-0,026} \cdot x_5^{-0,105} \cdot$$

$$\cdot\, x_6^{0,125} \cdot x_7^{-0,126} \qquad (9)$$

$$R = 0,5059, \qquad S = 0,125$$

$$F_{II} = 2,35 > F_I = 1,37 \qquad \text{dla } p = 0,05$$

- dla grupy I + II

$$y_2 = e^{5,01} \cdot x_1^{-0,0001} \cdot x_2^{0,0041} \cdot x_3^{-0,039} \cdot x_4^{-0,088} \cdot x_5^{-0,459} \cdot$$

$$\cdot\, x_6^{0,372} \cdot x_7^{-0,129} \qquad (10)$$

$$R = 0,4389, \qquad S = 0,437$$

$$F_{II} = 3,7 > F_I = 3,37 \qquad \text{dla } p = 0,001.$$

W oparciu o powyższe równania regresji przeprowadzono analizę wpływu poszczególnych parametrów naturalnych na koszt przodkowy teoretyczny wyrównany. Na podstawie obliczeń [6] otrzymano dla poszczególnych grup następującą kolejność według malejącego wpływu na koszt (y_2)

Wzór / kolejność	(5)	(6)	(7)	(8)	(8)	(10)
1	x_6	x_2	x_6	x_6	x_6	x_6
2	x_7	x_6	x_4	x_7	x_2	x_4
3	x_1	x_7	x_2	x_1	x_7	x_5
4	x_2	x_1	x_7	x_2	x_5	x_7
5	x_3	x_5	x_5	x_3	x_4	x_3
6	x_4	x_3	x_1	x_5	x_1	x_2
7	x_5	x_4	x_3	x_4	x_3	x_1.

Zakładając punktację od 1-7 za kolejność występowania w kolumnie dla wzorów (5) i (8) otrzymano następującą kolejność x_6, x_7, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5.

Dla wzorów (6) i (9) otrzymano następującą kolejność x_6, x_2, x_7, x_5, x_1, x_4, x_3.

Dla wzorów (7) i (10) otrzymano następującą kolejność x_6, x_4, x_7, x_5, x_2, x_3, x_1.

Ostatecznie kolejność oddziaływania na koszt przodkowy teoretyczny wyrównany jest następująca x_6, x_7, x_2, x_1, x_5, x_4, x_3.

Dla oceny zgodności poszczególnych parametrów na koszt przodkowy można zastosować współczynnik konkordacji Kendalla-Bebingtona.

5. Wnioski końcowe

Analiza otrzymanych wyników wykazała prawidłowość przyjętej metody oceny wpływu parametrów naturalnych za pomocą jednostkowego kosztu przodkowego teoretycznego wyrównanego.

W oparciu o analizę ustalono następującą kolejność parametrów naturalnych według malejącego wpływu na jednostkowy koszt przodkowy teoretyczny wyrównany:

1) dopływ wody dołowej, (x_6),
2) głębokość względna zalegania pokładu, (x_7),
3) kąt nachylenia pokładu, (x_2),
4) miąższość pokładu, (x_1),
5) współczynnik urabialności węgla, (x_5),
6) współczynnik zwięzłości skał spągowych, (x_4),
7) współczynnik zwięzłości skał stropowych, (x_3).

Na podstawie opracowania można stwierdzić, że istnieje możliwość stworzenia klasyfikacji warunków geologicznych w przodkach górniczych na podstawie kosztu przodkowego faktycznego oraz kosztu przodkowego teoretycznego wyrównanego. Dla określonych przyrostów kosztów można będzie ustalić klasy warunków naturalnych w przodkach górniczych. Posiadając zbiór parametrów charakteryzujących warunki naturalne w przodku można będzie określać przyrost kosztu przodkowego w projektowanym przodku eksploatacyjnym.

LITERATURA

1. Haustein H.D., Neuman K.: Analiza ekonomiczna poziomu technicznego produkcji przemysłowej. PWE Warszawa 1970 r.
2. Hellwig Z.: Regresja liniowa i jej zastosowanie w ekonomii. PWE Warszawa 1963 r.
3. Markiewicz E.: Mechanizacja i wielkość kopalni a wydajność pracy i koszt własny. Wyd. Śląsk Katowice 1968 r.

4. Mitręga J.: Koncentracja wydobycia podstawą intensywnego rozwoju górnictwa węglowego. Wyd. Śląsk Katowice 1970 r.
5. Praca zbiorowa: Ekonomiczna efektywność mechanizacji i automatyzacji w kopalniach węgla kamiennego. Dokumentacja ośrodka E i OG GIG Katowice 1969 r.
6. Praca zbiorowa: Opracowanie teoretycznych podstaw wyznaczania kryteriów oceny poziomu technicznego przodków górniczych. Instytut Projektowania Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni. Politechnika Śląska Gliwice 1971.
7. Radko B.W.: O kłasyfikacji wmieszczajuszczich porod po stepieni ich wlijanija na efektiwnost raboty zabojew. Ugol nr: 12 1971 r.

О НЕКОТОРОЙ ВОЗМОЖНОСТИ КЛАССИФИКАЦИИ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ В ГОРНЫХ ЗАБОЯХ

Р е з ю м е

Знание природных условий месторождений, являющихся предметом эксплоатации, необходимо для принятия соответствующих решений относительно методов, систем и средств, применяемых для их разработки. Основываясь на теории множеств, были предложены понятие и способ классификации природных условий в виду роста трудоемкости забойщицкох работ, следовательно роста единичной забойщицкой стоимости по отношению к средним условиям, выступающим в некоторим разработанном районе. Проведен практический анализ влияния некоторых параметров, характеризующих природные условия, на единичную действительную забойщицкую стоимось (собранную и разработанную из шахт УПУ), а также на петерасчетную стоимость, называемую в дальнейшем теоретической компенсационной забойщицкий стоимостью.

A POSSIBILITY OF CLASSIFYING THE NATURAL CONDITIONS EXISTING AT THE COAL-FACE

S u m m a r y

The knowledge of the conditions of natural deposits which are to be mined is indispensable if we are to take up a decision as to the methods systems and means to be chosen for this purpose. Basing on the theory of mathematikal sets, a way of classifying the natural conditions has been sugested, taking into consideration the increase of labour needed while working at the coal-face, and thus also the increase of costc per unit if compared with the average conditions occurring in a region that has been already excavated.

The influence of some parameters characteristic for the existing natural conditions upon the actual unit costs has been practically analysed the data having been taken from results obtained at coal mines. An analysis has been also carried through conceruing the resharped costs, called further on the theoretical compensated costs.