

Marie ŁAKOMY

Centralny Ośrodek Informatyki Górniczej  
Politechnika Śląska

METODA ROZDZIAŁU NAKŁADÓW NA PRODUKCYJNE ŚRODKI TRWAŁE  
W GWARECTWIE KOPALNÍ WĘGLA KAMIENNEGO

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono metodę rozdziału nakładów na produkcyjne środki trwałe w ramach gwarectwa kopalnÍ węgla. W poszukiwaniu obiektywnego kryterium rozdziału środków trwałych oparto się na wiedzy i doświadczeniu decydentów. Wykorzystano w tym celu metodę heurystyczną dla zebrania opinii ekspertów co do kryteriów rozdziału. W wyniku przeprowadzonych badań sformułowano 5 kryteriów rozdziału nakładów na produkcyjne środki trwałe:

$K_1$  - koszt wydobycia,

$K_2$  - wartość wskaźnika intensyfikacji wydobycia,

$K_3$  - oczekiwana wielkość wydobycia z kompleksu ścianowego

$K_4$  - równomierność wyposażenia poszczególnych kopalnÍ,

$K_5$  - wielkość wydobycia kopalni (rozdział proporcjonalny).

Poprzez zastosowanie testu Ellisa na ważność kryteriów przyjęto wartość wskaźnika intensyfikacji wydobycia jako kryterium rozdziału nakładów na produkcyjne środki trwałe  $K_z$ .

Kryterium  $K_z$  zdefiniowano w artykule następująco:

$$I = \frac{W}{S} \frac{t/\text{doba}}{m^2}$$

gdzie:

W - wydobycie dobowe kopalni,

S - powierzchnia węglowa frontu robót górniczych.

Dla poszczególnych kopalnÍ KWK-1 do KWK-7 opracowano modele matematyczne opisujące zależności pomiędzy wskaźnikiem intensyfikacji produkcji górniczej ( $I_1$ ) a wielkością nakładów na produkcyjne środki trwałe ( $X_1$ ) w 1-tej kopalni, które przedstawiono w tablicy 2.

Metodą prognozowania dynamicznego przeprowadzono optymalny rozdział nakładów na produkcyjne środki trwałe dla poszczególnych kopalnÍ wybranego gwarectwa. Uzyskane wyniki z praktycznego zastosowania metody w kopalniach wybranego gwarectwa w pełni potwierdziły jej przydatność do podejmowania decyzji w zakresie rozdziału nakładów na produkcyjne środki trwałe.

## 1. WSTĘP

Przemysł węgla kamiennego jest jedną z najbardziej kapitałochłonnych gałęzi gospodarki narodowej. Wynika to z małej możliwości adaptacji mają-

tku trwałego górnictwa w innych dziedzinach działalności gospodarczej, znacznego stopnia niepewności w prognozowaniu prawidłowego doboru produkcyjnych środków trwałych do wielkości zasobów złóż, ich naturalnych warunków zalegania oraz różnego rodzaju zagrożeń wynikających z warunków prowadzenia eksploatacji. Z tego też względu wyniki produkcyjne i ekonomiczne gwarectw węglowych uzależnione są w głównej mierze od efektywności wykorzystania potencjału technicznego, jakim dysponuje współczesne górnictwo węglowe. Do rangi podstawowych czynników efektywności urastają sprawność organizacyjna gniazd produkcyjnych oraz właściwy rozdział dyspozycyjnego potencjału produkcyjnego środków trwałych. Pierwszy z tych problemów dotyczy samych kopalń i jest rozwiązywany przez nie we własnym zakresie. Zagadnienie właściwego rozdziału zasobów środków technicznego potencjału produkcyjnego dotyczy gwarectwa węglowego.

Zgodnie z prakseologiczną zasadą ekonomizacji działania należy owe działania i zasób środków skierować tam, gdzie wartość oczekiwana uzyskanych efektów będzie największa. Jednocześnie należy zauważyć, że prowadzone od wielu lat prace badawcze nie obejmowały z swoim zakresem ukierunkowanych celów utylitarnych związanych z określeniem roli i znaczenia środków trwałych w procesie produkcji. Ustalone bieżącymi przepisami działania w tym zakresie nie były przedmiotem badań. Dopiero od niedawna wyraźnie występujące przejawy dekapitalizacji produkcyjnych środków trwałych oraz widocznie malejąca ich produktywność zwróciły większą uwagę na sposoby angażowania nakładów, jak i rozliczania efektów majątku trwałego, gwarantujące optymalizację decyzji w konkretnych warunkach produkcyjnej działalności kopalń węgla kamiennego.

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki zrealizowanego odcinka planowanych prac badawczych, dotyczące naukowo uzasadnionego sposobu postępowania przy rozdziale dyspozycyjnej puli nakładów na produkcyjne środki trwałe dla przodków ścianowych kopalń wybranego gwarectwa węglowego.

## 2. KRYTERIUM ROZDZIAŁU NAKŁADÓW NA PRODUKCYJNE ŚRODKI TRWAŁE

Przy wyznaczaniu decyzji optymalnej dotyczącej rozdziału posiadanego zasobu nakładów na produkcyjne środki trwałe, podstawowym zagadnieniem jest znalezienie właściwego kryterium celu, a więc znalezienie funkcji zależnej od zmiennej decyzyjnej, którą w omawianym przypadku jest wielkość nakładów potrzebnych na produkcyjne środki trwałe w badanej kopalni czy grupie kopalń. Szczegółowe podejście do rozwiązania problemu przedstawiono w pracy [8]. Wynika z niej, że poszukiwania dotyczące obiektywnego kryterium rozdziału środków oparto na wykorzystaniu wiedzy i doświadczenia decydentów tych środków. Stwierdzono bowiem, że jest to najskuteczniejszy sposób doboru kryterium celu, który gwarantuje zachowanie pełnego odwzorowania rzeczywistości i pragmatyzmu podejścia do rozwiązania problemu.

Do wyboru kryterium rozdziału nakładów wykorzystano więc metodę heurystyczną opartą na opinii 34 ekspertów. Na podstawie badań praktycznie występującej procedury sporządzono listę kryteriów decydujących o rozdziale nakładów na produkcyjne środki trwałe dla poszczególnych kopalń w obrębie gwarectwa. Zadaniem indagowanych ekspertów było określenie podejmowania decyzji. Każdy z ekspertów miał możliwość uzupełnienia przedstawionej listy kryteriów.

Statystyczna analiza i ocena względnej ważności poszczególnych kryteriów określonych przez ekspertów podzielona została na 6 głównych etapów. Są to:

- etap 1 - określenie rangi poszczególnych ocen według malejącej wartości ocen (1 = wartość największa),
- etap 2 - konstrukcja macierzy wyników dla porównania rang pary kryteriów według wzoru:

$$x_{ij}^k = \begin{cases} 1 & \text{gdy } r_i^k < r_j^k \\ \frac{1}{2} & \text{gdy } r_i^k = r_j^k \\ 0 & \text{gdy } r_i^k > r_j^k \end{cases} \quad (1)$$

- etap 3 - weryfikacja stopnia zgodności stanowisk grupy ekspertów za pomocą współczynnika konkordacji:

$$W = \frac{s(\sigma^2)}{\frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - m \sum_{k=1}^m T_k} \quad (2)$$

- etap 4 - wyznaczenie macierzy  $P = [p_{ij}]$  częstości porównań macierzy  $P$  określa się wzorem:

$$p_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{n} & \text{dla } i \neq j \\ 0 & \text{dla } i = j \end{cases} \quad (3)$$

- etap 5 - określenie macierzy rzędu  $p_{ij}$  standaryzowanego rozkładu normalnego,

etap 6 - obliczenie współczynnika  $w_i$  względnej ważności rozpatrywanego zbioru kryteriów za pomocą wzoru:

$$w_i = \frac{F(z_i)}{\sum_{i=1}^n F(z_i)} \quad (4)$$

W tabelicy 1 zestawiono wyniki uzyskane z analizy i oceny. Wskazują one na istnienie znacznego rozrzutu między znaczeniem przypisywanym poszczególnym kryteriom przy rozdziale środków.

Tabela 1

Kryteria rozdziału nakładów na produkcyjne środki trwałe

Kryterium $K_i$	Określenie kryterium	Współczynnik względnej ważności kryterium $w_i$	Wartość $w_i$
$K_1$	koszt wydobycia	$w_1$	0,047
$K_2$	wartość wskaźnika intensyfikacji wydobycia	$w_2$	0,624
$K_3$	oczekiwana wielkość wydobycia z kompleksu ścianowego	$w_3$	0,236
$K_4$	równomierność wyposażenia poszczególnych kopalń	$w_4$	0,019
$K_5$	wielkość wydobycia kopalni (rozdział proporcjonalny)	$w_5$	0,074

W badaniach stwierdzono również, że pomimo otrzymania wysokiej wartości współczynnika konkordacji ( $w = 0,756$ ), przedstawiona metoda obliczania względnej ważności kryteriów może być niewystarczająco adekwatna. W procedurze tej gubi się bowiem część informacji o różnicy ważności między kryteriami na kolejnych lokatach. Zastosowano więc w dalszej części badań sposób obliczania średniej rangi kryteriów opierając się na współczynniku rzetelności oceny średnich wag kryteriów Kudara-Richardsona. Miał on na celu uzupełnienie wyników o część informacji zgubionej przy przechodzeniu od wyników uzyskanych od ekspertów na rangi poszczególnych ocen.

Wagi kryteriów w tym podejściu obliczano według wzoru:

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{100 \cdot n} \quad (5)$$

gdzie:

$x_{1j}$  - wynik surowy dla 1-tego kryterium i j-tego eksperta,

$m$  - liczba ekspertów  $m = 34$ .

Wzór Kudera-Richardsona

$$KR_{20} = r_{tt} = \frac{m}{m-1} \frac{S_t^2 - \sum_{k=1}^m S_k^2}{S_t^2} \quad (6)$$

przy czym

$$S_t^2 = \sum_{k=1}^m S_k^2 + m(m-1) \bar{r}_{kj} \bar{S}_k^2 \quad (7)$$

Obliczona wartość współczynnika rzetelności  $r_{tt} = 0,99397$  jest statystycznie istotna i pozwala na przyjęcie wag kryteriów według wartości podanych w tabelicy 1.

Otrzymane wyniki spowodowały zweryfikowanie pierwotnej koncepcji badań polegającej na wyznaczeniu metakryterium składającego się z kilku kryteriów cząstkowych uwzględniających poszczególne aspekty związane z rozdziałem nakładów na produkcyjne środki trwałe. Kryteria  $K_1, K_4, K_5$  zostały wyeliminowane w wyniku zastosowania testu na ważność kryteriów zaproponowanego przez Ellisa. W dalszych rozważaniach stwierdzono, że również kryterium  $K_3$ , ze względu na jego niewątpliwy związek z kryterium  $K_2$ , może być pominięte. Kryterium rozdziału nakładów na produkcyjne środki trwałe jest zatem kryterium  $K_2$  równe wartości wskaźnika intensyfikacji produkcji górniczej określonego wzorem

$$I = \frac{W}{S} \left[ \frac{t/dobe}{m^2} \right] \quad (8)$$

gdzie:

$W$  - wydobywanie dobowe kopalni,

$S$  - powierzchnia węglowego frontu robót górniczych.

### 3. MODEL MATEMATYCZNY DLA OPTIMALIZACJI DECYZJI I REALIZACJA ROZDZIAŁU NAKŁADÓW NA PRODUKCYJNE ŚRODKI TRWAŁE

Optymalny rozdział nakładów na produkcyjne środki trwałe dla poszczególnych kopalń wybranego gwarectwa zrealizowano za pomocą modelu matema-

tycznego uwzględniającego optymalizację wskaźnika intensyfikacji produkcji górniczej, określonego następującymi wzorami:

$$I(X) = F[I_1(x_1), I_2(x_2), \dots, I_N(x_N), X] \quad (9)$$

$$I(X) = \sum_{k=1}^N p_k \cdot I_k(x_k) \quad (10)$$

przy czym

$$p_k = \frac{P_k}{P} \quad \text{spełniają relację} \quad \sum_{k=1}^N p_k = 1 \quad (11)$$

gdzie:

$I_k(x_k)$  - funkcje przyjętych kryteriów  $i$ -tej kopalni  $k = 1, 2, \dots, N$  są zmiennymi i należy je poddać optymalizacji.

Problem optymalizacji polega na tym, że dokonując rozdziału  $X$  nakładów na produkcyjne środki trwałe dla wybranej grupy  $N$  kopalń, należy wyznaczyć taką wielkość nakładów dla każdej kopalni wynoszącą  $x_1 \dots x_N$ , przy której wielkość wskaźnika  $I$  dla danej kopalni będzie maksymalna. Problem maksymalizacji funkcji kryterium rozdziału nakładów  $I(X)$  wzór (9) rozwiązuje się w sposób rekurencyjny metodą programowania dynamicznego, programem obliczeń na komputerze. Punkty maksymalizacji w obliczeniach (kroki maksymalizacji) ustala się dowolnie, tak aby powodowały istotną zmianę wskaźnika  $I$  (nie jest on bowiem wielkością stałą), ale jednakowo dla wszystkich badanych kopalń w gwarctwie. Uzyskuje się w ten sposób tablice zmiennych  $I(x_k)$  dla każdej kopalni, która na stałe wprowadzona jest do pamięci komputera. Wyznaczone wielkości nakładów na środki trwałe muszą spełniać warunek

$$x_1 + x_2 + \dots + x_k = X$$

$$\text{oraz } x_k \geq 0$$

Ponadto, ponieważ wiemy, że możliwości uzyskania nakładów inwestycyjnych są ograniczone, musi zachodzić nierówność

$$D_k \leq x_k \leq G_k$$

$$k = 1, 2, 3, \dots, N$$

gdzie:

$D_k$  - minimalna wielkość nakładów na środki trwałe w kopalni (gwarectwie),

$G_k$  - maksymalne możliwości uzyskania nakładów inwestycyjnych w kopalni (gwarectwie).

W przyjętej metodzie optymalizacji procesowi rozdziału wielkości nakładów na produkcyjne środki trwałe, który wydaje się być statyczny, nadaje się sztucznie własność czasową (charakter dynamiczny) żądając, aby rozdział nakładów odbywał się kolejno dla każdej kopalni, rozwiązując ciąg funkcji  $f_k(x)$  zdefiniowany dla badanych kopalń  $k = 1, 2, \dots, N$ .

Szczegółowy schemat obliczeń dla celów optymalizacji przedstawiony jest w pracy [8]. Realizację optymalizacji rozdziału nakładów na produkcyjne środki trwałe w kopalniach wybranego gwarectwa, zgodnie z opisanym modelem matematycznym, prezentują funkcje zestawione w tabelicy 2.

Tablica 2

Zestawienie zależności funkcyjnych pomiędzy wskaźnikiem intensyfikacji produkcji górniczej ( $I_1$ ) a wielkością nakładów na produkcyjne środki trwałe ( $x_1$ ) w  $i$ -tej kopalni

Kopalnia	Postać zależności funkcyjnej
KWK-1	$I_1 = 3,286 \cdot 10^{-3} x_1 + 1,159$
KWK-2	$I_2 = 6,278 \cdot 10^{-3} x_2 + 2,156$
KWK-3	$I_3 = 4,093 \cdot 10^{-5} x_3^2 - 1,963 \cdot 10^{-2} x_3 + 4,421$
KWK-4	$I_4 = 5,556 \cdot 10^{-6} x_4^2 - 6,585 \cdot 10^{-3} x_4 + 4,835$
KWK-5	$I_5 = 4,193 \cdot 10^{-5} x_5^2 - 2,320 \cdot 10^{-2} x_5 + 5,524$
KWK-6	$I_6 = -6,777 \cdot 10^{-4} x_6 + 3,285$
KWK-7	$I_7 = 1,551 \cdot 10^6 \frac{1}{x_7} + 2,340$

Analiza zależności przyczynowo-ekstremowej pomiędzy wielkością nakładów na produkcyjne środki trwałe a intensyfikacją produkcji górniczej przeprowadzona na danych empirycznych siedmiu kopalni wybranego gwarectwa węglowego potwierdziła ich ścisły związek oraz prawidłowość przyjętej podstawy optymalizacji decyzji rozdziału środków. W celu podkreślenia przydatności zastosowanej metody optymalizacji w pracy [8] dokonano również rozdziału środków według kryterium  $I$ , przyjmując jako funkcję celu także

minimalizację wielkości optymalizowanej. Uzyskano w ten sposób przedział optymalizacji jako pole zawarte między krzywą maksymalnych wartości I oraz krzywą minimalnych wartości I.

#### 4. WNIOSKI

1. Zaprezentowany sposób określania kryterium optymalizacji rozdziału nakładów na produkcyjne środki trwałe zgodnie z opinią decydentów pozwala na wyznaczenie obiektywnego kryterium oceny różnych wariantów rozdziału środków łączącego zalety formalne z pragmatyzmem podejścia.

2. Rozwiązanie problemu optymalnego rozdziału nakładów na produkcyjne środki trwałe daje metoda oparta na przedstawionym modelu matematycznym z wykorzystaniem programowania dynamicznego oraz rachunku korelacji i regresji.

3. Uzyskane wyniki z praktycznego zastosowania metody w kopalniach wybranego gwarectwa węglowego w pełni potwierdziły jej przydatność do podejmowania decyzji.

#### LITERATURA

1. Ackoff R.L.: Decyzje optymalne w badaniach stosowanych. PWN, Warszawa 1969.
2. Bellman R.E.: Programowanie dynamiczne. PWE, Warszawa 1967.
3. Brandt S.: Metody statystyczne i obliczenia analizy danych. PWN, Warszawa 1976.
4. Greń J.: Modele i zadania statystyki matematycznej. PWN, Warszawa 1972.
5. Kulik Cz.: Problem programowania dynamicznego. "Przegląd Statystyczny", 1965, nr
6. Kozdrój M., Stachowicz J., Podgórski B.: Matematyczny model optymalizacji rozdziału inwestycji w reSORCIE górnictwa węglowego. ZN Pol. Śl., s. Organizacja, Gliwice 1983, nr 3.
7. Lange O.: Optymalne decyzje. PWN, Warszawa 1967.
8. Łakomy M.: Kryterium i metoda rozdziału produkcyjnych środków trwałych w gwarectwie kopalń węgla kamiennego. Praca doktorska. Pol. Śl., Gliwice 1985.
9. Potocki Cz., Przybyła H.: Badania operacyjne w górnictwie. Pol. Śl., Gliwice 1980.
10. Trenbecki A.: Wykorzystanie majątku trwałego w procesie produkcji przemysłowej. PWE, Warszawa 1980.
11. Wendeel E.: Elementy programowania dynamicznego. PWE, Warszawa 1968.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Józef BENDKOWSKI

Wpłynęło do Redakcji w lutym 1987 r.



## МЕТОД РАЗДЕЛА ЗАТРАТ НА ПРОИЗВОДСТВО В ОБЪЕДИНЕНИЯХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

### Резюме

В работе представлен метод раздела затрат на производство в рамках объединения угольных шахт. В процессе поиска объективного критерия раздела затрат на производство использованы знания и опыт руководителей. Для этого был использован хеуристический метод для сбора мнения экспертов относительно критериев раздела. В результате произведённых исследований, сформулировано 5 критериев раздела затрат на производство, а именно:

- $K_1$  - стоимость добычи,
- $K_2$  - величина показателя интенсификации добычи,
- $K_3$  - ожидаемая величина добычи из лавового комплекса,
- $K_4$  - равномерность оснащения шахт,
- $K_5$  - величина добычи шахты /пропорциональный раздел/.

Применяя тест Элиаса на важность критериев, принято величину показателя интенсификации добычи как критерий затрат на продукцию  $K_2$ .

Критерий  $K_2$  определён следующим образом:

$$I = \frac{w}{s}$$

где  $w$  - суточная добыча шахты,

$s$  - поверхность угольного фронта горных работ.

Для отдельных шахт кжк-1 до кжк-7 разработаны математические модели зависимости между показателями интенсификации горной продукции ( $I_1$ ) и величиной затрат на продукцию ( $X_1$ ) 1-шахты, которые представлены в табл.2.

Методом динамического прогнозирования проведён оптимальный раздел затрат на продукцию для отдельных шахт горного объединения.

Полученные результаты практического применения метода полностью подтвердили пригодность его применения.

## METHOD OF DISTRIBUTION OF COSTS ON PERMANENT MEANS OF PRODUCTION IN THE ASSOCIATION (GWARECTWO) OF COAL MINES

### S u m m a r y

The article deals with distribution of costs on permanent means of production within association of coal mines. Searching for objective criterium of distribution of permanent means, knowledge and experience of people in charge have been taken into consideration. Heuristic method has been applied in order to collect opinions of experts with reference

to the criteria of distribution. As a result of carried on experiments five criteria of distribution of costs on permanent means of production have been formulated. They are:

- $K_1$  - the cost of output,
- $K_2$  - the value of indicator of output intensification,
- $K_3$  - expected - quantity of output from the face complex,
- $K_4$  - even equipment of respective mines,
- $K_5$  - quantity of output of mines (proportional distribution).

Since Ellis test has been applied, importance of the criteria has been defined by the value of indicator of output intensification as the criterium of distribution of the cost on permanent means of production  $K_2$  the criterium  $K_2$  is defined in the article as follows:

$$I = \frac{W}{S} \frac{t/\text{day}}{m^2}$$

where:

- $W$  - day output of the mine,
- $S$  - the surface of working face.

Mathematical models have been worked out for particular mines KVK-1 to KVK-7. They describe the relation between the indicator of mining output intensification ( $I_1$ ) and the amount of costs on permanent means of production ( $x_1$ ) in "1" mine presented in the chart 2. Optimum distribution of costs on permanent means of production for particular mines of a given association has been conducted by the dynamic prognostic method. The obtained results of practical application of the method in mines of a given association confirmed its usefulness for making decisions concerning distribution of costs on permanent means of production.