

Andrzej KARBOWNIK

Henryk CHROSZCZ

Instytut Projektowania, Budowy Kopalń
i Ochrony Powierzchni Pol. Sl.

MODEL KOMPUTEROWY DO OCENY EKONOMICZNEJ EFEKTYWNOŚCI BUDOWY KOPALNI WĘGLA KAMIENNEGO

Streszczenie. W artykule zaprezentowano oryginalny model komputerowy przeznaczony do oceny ekonomicznej efektywności budowy nowej kopalni węgla kamiennego. Dla potrzeb programu EFIN opracowano model kosztu ruchowego i model nakładów inwestycyjnych. W modelu kosztu ruchowego zastosowano równania regresji, do opracowania których wykorzystano dane zgromadzone w banku danych systemu IOS. Do opracowania modelu nakładów inwestycyjnych wykorzystano zestawienie nakładów na budowę pięciu nowych kopalń w Rybnickim Okręgu Węglowym - ujęto wielkości nakładów inwestycyjnych dla osiemnastu wydzielonych grup technologicznych obiektów inwestycyjnych. Na podstawie tych zestawień ustalono wzory analityczne pozwalające na obliczanie wielkości nakładów dla każdej z grup technologicznych. Opracowane modele kosztu ruchowego i nakładów inwestycyjnych zostały zastosowane w programie obliczeniowym na maszynę cyfrową.

Na podstawie znajomości wartości parametrów naturalnych złoża i projektowych kopalni program pozwala obliczyć wielkości jednostkowego kosztu ruchowego i nakładów inwestycyjnych oraz wartość wybranego wskaźnika oceny ekonomicznej efektywności inwestycji.

Stwierdzono, że największy wpływ na poziom ekonomicznej efektywności inwestycji wywierają parametry: cena zbytu węgla, wydobywanie dobowe kopalni, kalkulacyjna stopa procentowa i średnia stawka amortyzacji środków trwałych.

1. PRZEZNACZENIE PROGRAMU

Program EFIN został opracowany w języku BASIC na maszynie cyfrową MERA-400. Może być również stosowany do obliczeń za pomocą komputerów osobistych.

Na podstawie danych wejściowych charakteryzujących warunki naturalne złoża projektowanej kopalni i podstawowych informacji o jej rozwiązaniu program EFIN pozwala obliczyć wartość wskaźnika oceny ekonomicznej efektywności inwestycji. Program oblicza wartość jednego z następujących wskaźników oceny ekonomicznej efektywności inwestycji:

- 1) wskaźnik różnicowy rozwinięty,
- 2) wskaźnik ilorazowy rozwinięty,
- 3) wskaźnik ilorazowy uproszczony,
- 4) wewnętrzna stopa procentowa.

Informacje, które należy przygotować do wykonania obliczeń, pozwalają na stosowanie programu EFIN do oceny ekonomicznej efektywności wariantów projektu koncepcyjnego nowej kopalni, jak również do oceny rozwiązania projektowego opracowywanego w formie Założeń Techniczno-Ekonomicznych inwestycji.

W tym drugim przypadku wartość wskaźnika oceny należy traktować jako szacunkową z uwagi na przyjęte, a konieczne uproszczenia w cyklu budowy kopalni oraz w sposobie obliczania nakładów inwestycyjnych i kosztu ruchowego.

2. MODEL KOSZTU RUCHOWEGO

Biorąc pod uwagę dotychczasowe prace i nabyte doświadczenia w zakresie budowania i wykorzystywania modeli do obliczania kosztów wydobywania, zdecydowano się zastosować równania regresji w modelu kosztu ruchowego. Jako informacje statystyczne do opracowania równań regresji wykorzystano dane zgromadzone w banku danych systemu IOS. Zgrupowano je w macierzach obserwacji odpowiadających wyróżnionym przekrojom technologicznym procesu wydobywczego. Dla macierzy obserwacji obliczono równania regresji opisujące zależność kosztu ruchowego w danym przekroju technologicznym od parametrów technicznych i technologicznych. W równaniach tych, podanych w tabelicy 1, występują następujące zmienne niezależne:

- K1 - wydobywanie dobowe brutto kopalni, t/d,
- K2 - średnioważona wysokość przodków wybierkowych, m,
- K3 - średnia głębokość poziomów wydobywczych, m,
- K4 - stosunek wydobywania handlowego do wydobywania brutto, %,
- K5 - udział wydobywania z podsadzką hydrauliczną w wydobywaniu kopalni, %,
- K7 - $10^6/K_1$,
- K8 - wskaźnik zależny od kategorii metanowości.

Poddano analizie wpływ zmiennych niezależnych modeli regresyjnych na kształtowanie się wielkości kosztu ruchowego kopalni. Brano pod uwagę następujące zmienne niezależne:

- 1) wydobywanie dobowe brutto kopalni K_1 (od 6 do 23 tys, t/d),
- 2) średnioważoną wysokość przodków wybierkowych K_2 (od 1,0 do 4,0 m),
- 3) średnią głębokość poziomów wydobywczych K_3 (od 200 do 1000 m),
- 4) stosunek wydobywania handlowego do wydobywania brutto K_4 (od 55 do 95%).

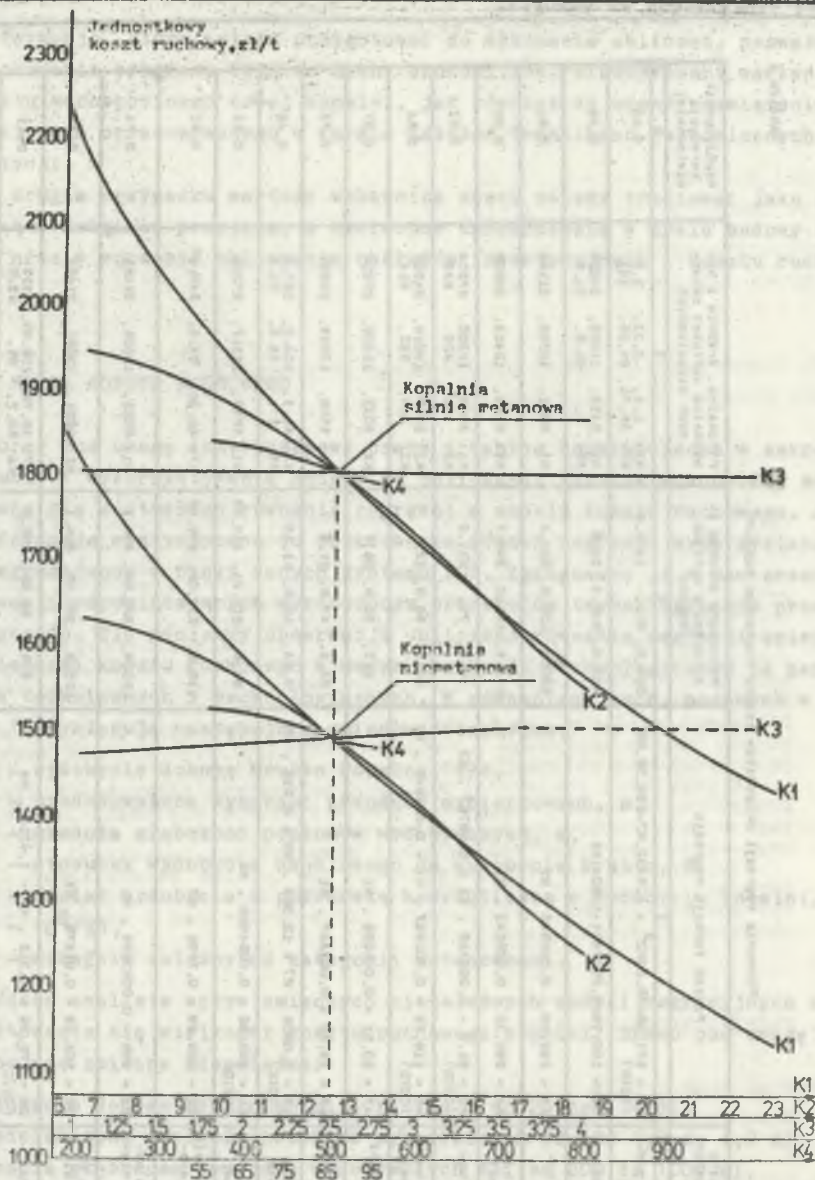
W obliczeniach zmieniano jeden z tych parametrów, przy czym pozostałe parametry przyjmowały wartości średnie. Wyniki obliczeń zobrazowano na rys. 1.

Model pozwala obliczyć wielkość jednostkowego kosztu ruchowego na poziomie cen 1.01.1983 r.

Tabela 1

Równania regresji liniowej kosztu ruchowego kopalni

LP.	Przebiegi technologiczne i składnik kosztu ruchowego	Postać funkcji regresji	Minimalne, średnie i maksymalne wartości kosztu	Minimalne, średnie i maksymalne wartości kosztów niezależnych	Koeficienty regresji
1	1. Pola wybitania bez podładzi hydraulicznych	$A1 = 0,71, 26 - 28, 03x^2 + 1, 9432x - 109, 32, K8$ (COIG)	316, 5, 811, 1456, 0	K2: 1, 1, 2, 33, 3, 9 K7: 36, 76, 89, 26, 333	0, 63
2	2. Pola wybitania z podładzi hydraulicznych	$A2 = 100, 38 + 0, 0547x - 1, 604, K9$	438, 4, 838, 3, 1168	K1: 9136, 11029, 24209 K5: 1, 39, 9, 91, 8	0, 65
3	3. Transporty pionowe w kopalni niesterannej	$A3 = 252, 49 - 0, 0069x^2, K1$	100, 3, 170, 6, 812, 4	K1: 8261, 11798, 21144	0, 81
4	4. Transporty pionowe w kopalni silnie sterannej	$A4 = 296, 32 - 0, 0081x^2, K1$	113, 5, 195, 2, 246, 7	K1: 4164, 12414, 24209	0, 80
5	5. Transporty pionowe w kopalni silnie sterannej	$A5 = 81, 5 - 0, 002418 \cdot K1 + 0, 00767 \cdot K3$ (COIG)	36, 8, 79, 131, 2	K1: 3033, 12302, 27204 K3: 183, 403, 643	0, 63
6	6. Transporty pionowe w kopalni silnie sterannej	$A6 = 118, 78 - 0, 001957 \cdot K1 - 0, 004647 \cdot K3$ (COIG)	57, 1, 89, 9, 122	K1: 3589, 14519, 24209 K3: 284, 532, 814	0, 64
7	7. Przemiatanie w kopalni niesterannej	$A7 = 90, 51 - 0, 001926 \cdot K1$	6, 7, 26, 8, 56, 7	K1: 3033, 12326, 27204	0, 87
8	8. Przemiatanie w kopalni sterannej	$A8 = 79, 49 - 0, 002447 \cdot K1$	22, 4, 47, 6, 91, 5	K1: 3598, 13039, 24209	0, 72
9	9. Podładzie hydrauliczne poza polami wybitania	$A9 = 0, 0809 \cdot K7 + 12, 324 \cdot K8 + 0, 216 \cdot K9$ (COIG)	0, 24, 18, 8, 61, 73	K7: 41, 3, 104, 2, 197, 4 K8: 1, 39, 9, 91, 8	0, 42
10	10. Pozostałe procesy na dole w kopalni niesterannej	$A10 = 295, 82 - 0, 0084866 \cdot K1$ (COIG)	89, 6, 215, 91, 420, 92	K1: 3033, 12317, 27204	0, 53
11	11. Pozostałe procesy na dole w kopalni silnie sterannej	$A11 = 168, 98 + 0, 7496 \cdot K7$	135, 5, 239, 06, 599, 68	K7: 41, 31, 93, 2, 240, 17	0, 41
12	12. Pozostałe procesy na powierzchni w kopalni niesterannej	$A12 = 395 - 0, 0003698 \cdot K1$	193, 9, 303, 94, 484, 1	K1: 6021, 13601, 21453	0, 74
13	13. Pozostałe procesy na powierzchni w kopalni silnie sterannej	$A13 = 504, 55 - 0, 01474 \cdot K1$	193, 9, 303, 94, 484, 1	K1: 6021, 13601, 21453	0, 74
14	14. Przerobka mechaniczna	$A14 = 276, 26 + 0, 312 \cdot K7 - 1, 4314 \cdot K4$ (COIG)	8, 8, 82, 69, 239, 6	K7: 36, 76, 108, 99, 333 K4: 60, 7, 89, 91, 8	0, 43



Rys. 1. Wpływ zmiennych niezależnych na jednostkowy koszt ruchowy
 K1 - wydobyć dobowe brutto kopalni, tys. t/d, K2 - średnioważona wysokość przodków wybierkowych, m, K3 - średnia głębokość poziomów wydobywczych kopalni, m, K4 - stosunek wydobyć handlowego do wydobyć brutto
 %

Fig. 1. Influence of independent variables on unit cost
 K1 - day output of the mine, gross, thousands t/d, K2 - average height of stoping faces, m, K3 - average depth of mine extracting levels, m,
 K4 - ratio of commercial output to gross output, %

3. MODEL NAKŁADÓW INWESTYCYJNYCH NA BUDOWĘ KOPALNI

Do opracowania tego modelu wykorzystano zestawienia nakładów inwestycyjnych na budowę pięciu nowych kopalń w Rybnickim Okręgu Węglowym. W zestawieniach kosztorysów tych kopalń ujęto wielkości nakładów inwestycyjnych dla osiemnastu wydzielonych grup technologicznych obiektów inwestycyjnych. Na podstawie tych zestawień ustalono wzory analityczne pozwalające na obliczanie wielkości nakładów dla każdej z grup technologicznych.

W celu porównania zgodności wielkości nakładów inwestycyjnych na budowę kopalni, obliczanych za pomocą opracowanego modelu z wielkościami rzeczywistymi, wykonano obliczenia dla pięciu kopalń, na podstawie których opracowano model. Odchylenia wielkości obliczonych od wielkości zawartych w ZTE są następujące: kop. 1: - 5,1%, kop. 2: - 5,3%, kop. 3: + 1,4%, kop. 4: + 4,6%, kop. 5: - 22,7%. Poddano również analizie wpływ podstawowych parametrów projektowych kopalni na kształtowanie się wielkości nakładów inwestycyjnych na budowę kopalni. Brano pod uwagę następujące wielkości parametrów:

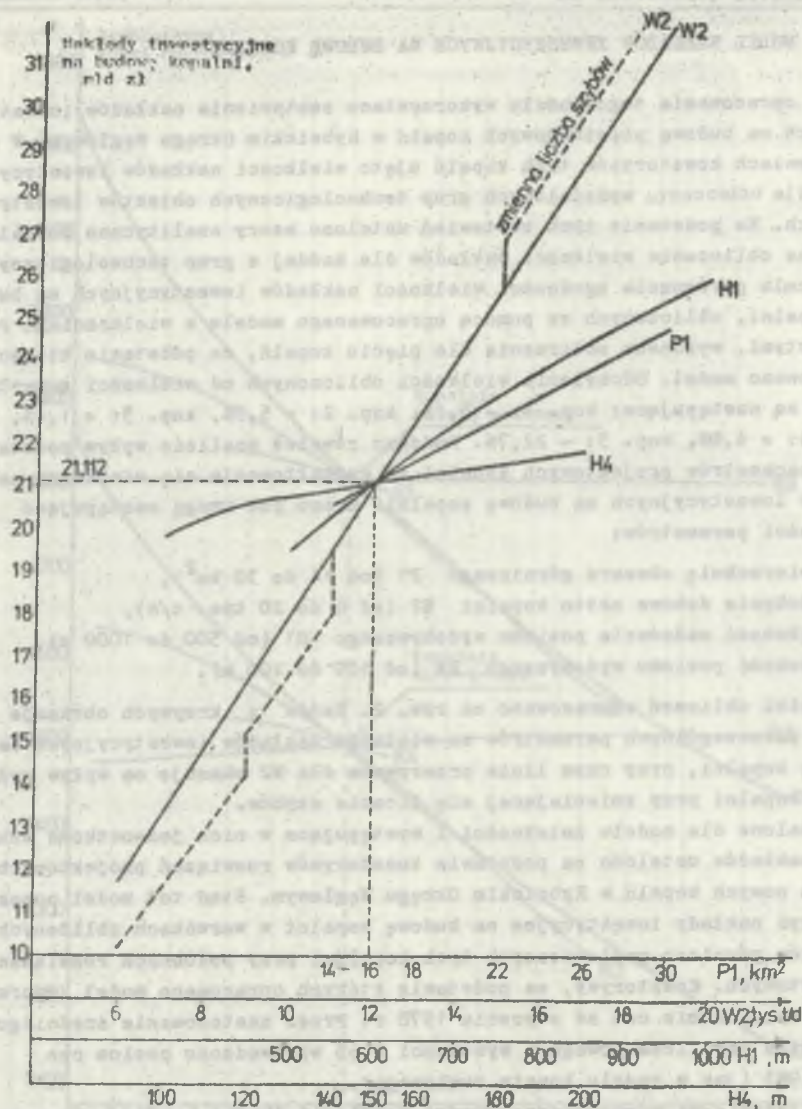
- 1) powierzchnię obszaru górniczego P_1 (od 14 do 30 km²),
- 2) wydobywanie dobowe netto kopalni W_2 (od 6 do 20 tys. t/d),
- 3) głębokość założenia poziomu wydobywczego H_1 (od 500 do 1000 m),
- 4) wysokość poziomu wydobywczego H_4 (od 100 do 200 m).

Wyniki obliczeń zobrazowano na rys. 2. Każda z krzywych obrazuje wpływ poszczególnych parametrów na wielkość nakładów inwestycyjnych na budowę kopalni, przy czym linia przerywana dla W_2 skazuje na wpływ wydobywania kopalni przy zmieniającej się liczbie szybów.

Ustalono dla modelu zależności i występujące w nich jednostkowe wskaźniki nakładów ustalono na podstawie kosztorysów rozwiązań projektowych pięciu nowych kopalń w Rybnickim Okręgu Węglowym. Stąd też model pozwala obliczyć nakłady inwestycyjne na budowę kopalni w warunkach zbliżonych do warunków górniczo-geologicznych tych kopalń i przy podobnych rozwiązaniach projektowych. Kosztorysy, na podstawie których opracowano model, sporządzono na poziomie cen ze stycznia 1978 r. Przez zastosowanie średniego wskaźnika przeliczeniowego w wysokości 2,65 wprowadzono poziom cen 1.01.1983 (jak w modelu kosztu ruchowego).

Obliczenie za pomocą opracowanego modelu wielkości nakładów inwestycyjnych pozwala uzyskać rzeczywistą ich wielkość na realizację inwestycji podstawowej przez wprowadzenie do programu EFIN (w danych) współczynników zmiany nakładów inwestycyjnych z poziomu cen ze stycznia 1983 r. do aktualnego poziomu cen.

Omówione modele kosztu ruchowego i nakładów inwestycyjnych zostały zastosowane w programie obliczeniowym na maszynie cyfrową.



Rys. 2. Wpływ podstawowych parametrów projektowych kopalni na wielkość nakładów inwestycyjnych na budowę kopalni

P_1 - powierzchnia obszaru górniczego kopalni, km^2 , W_2 - wydobywanie dobowe netto kopalni, tys. t/d, H_1 - głębokość założenia poziomu wentylacyjnego, m, H_4 - wysokość poziomu wydobywczego, m

Fig. 2. Influence of main design parameters on investment outlay for mine building

P_1 - surface of mining area; km^2 , W_2 - net day output, thousands t/d, H_1 - depth of ventilation level, m, H_4 - height of extracting level, m

4. WYKONYWANIE OBLICZEŃ ZA POMOCĄ PROGRAMU EFIN

W tabelicy 2 podano przykładowy wydruk zestawu informacji wejściowych koniecznych do wykonania obliczeń za pomocą programu EFIN. Dane te są wprowadzane do komputera sposobem konwersacyjnym.

Natomiast w tabelicy 3 podano wydruk wyników obliczeń wykonanych dla powyższego zestawu danych wejściowych.

Tabelica 2

Przykładowe dane do programu EFIN

PODAĆ DANE DO PROGRAMU EFIN-B

NUMER PRZYKŁADU OBLICZENIOWEGO	1
POWIERZCHNIA OBSZARU GÓRNICZEGO KM ²	18
WYDOBYCIE DOBOWE BRUTTO KOPALNI TYS. T/D	14
WYDOBYCIE DOBOWE NETTO KOPALNI TYS. T/D	10
UDZIAŁ WYDOBYCIA Z PODSADZKĄ HYDRAULICZNĄ, %	0
GŁĘBOKOŚĆ ZAŁOŻENIA POZIOMU WENTYLACYJNEGO, M	513
IŁOŚĆ POZIOMÓW WYDOBYWCZYCH CZYNNYCH RÓWNOCZESNIE	2
WYSOKOŚĆ PIERWSZEGO POZIOMU WYDOBYWCZEGO, M	125
WYSOKOŚĆ DRUGIEGO POZIOMU WYDOBYWCZEGO, M	150
ŚREDNIA WYSOKOŚĆ ŚCIAN, M	2.2
METANOWOŚĆ KOPALNI, M ³ CH ₄ /T	18
DOPIY W WODY DOŁOWEJ, M ³ /MIN	4.5
GŁĘBOKOŚĆ MROZENIA GÓROTWORU, M	350
CZY KOPALNIA POSIADA WŁASNY ZAKŁAD PRZERÓB CZY?	
JEŚLI TAK - PODAĆ 1, JEŚLI NIE - PODAĆ 2	1
CZY KOPALNIA GRANICZY Z INNĄ KOPALNIĄ?	1
CZY POWIERZCHNIA POMOCNICZA JEST MATERIAŁOWO-ZJAZDOWA?	2
CENA ZBYTU WĘGLA, ZŁ/T	3800
ŚREDNIA STAWKA AMORTYZACJI ŚRODKÓW TRWAŁYCH, %/100	0.06
KALKULACYJNA STOPA PROCENTOWA, %/100	0.03
WSKAŹNIK OCENY: RÓŻNICOWY ROZWIŃTY - PODAĆ 1	
ILORAZOWY ROZWIŃTY - PODAĆ 2	
ILORAZOWY UPROSZCZONY - PODAĆ 3	
WEWNETRZNA STOPA PROCENTOWA - PODAĆ 1	1
RACHUNEK EFEKTYWNOŚCI PRZEPROWADZIC W CENACH:	
DZISIEJSZYCH - PODAĆ 1 I BIEŻĄCYCH - PODAĆ 2	1
PODAĆ WSPÓŁCZYNNIK WZROSTU CEN Z POZIOMU CEN 1.1.1983	
" " DLA JEDNOSTKOWEGO KOSZTU EKSPLOATACJI	1
" " DLA NAKŁADÓW INWESTYCYJNYCH	1
CZY ZADAJE SIĘ JEDNOSTKOWE KOSZTY GŁĘBIENIA SZYBÓW? ..	
JEŚLI TAK - PODAĆ 1, JEŚLI NIE - PODAĆ 2	2
CZY ZADAJE SIĘ JEDNOSTKOWY KOSZT WYKONANIA WYROBISK UDOSTĘPNIAJĄ- CYCH? ..	2

Za pomocą programu EFIN wykonano obliczenia dla ustalenia wpływu ważniejszych parametrów naturalnych i projektowych na wartość wskaźnika E_R oceny ekonomicznej efektywności inwestycji w postaci rozwinętej różnicowej. Analizie poddano parametry wyszczególnione na rys. 3. Wzrost wartości tych parametrów o 25% w stosunku do wartości średnich powoduje następujący wzrost wartości wskaźnika E_R :

- powierzchnia obszaru górniczego kopalni - 0 - 7,3%,
- wydobycie dobowe kopalni - 0 + 97,9%,

- o) głębokość założenia poziomu wydobyczego - 0 - 18,8%,
- d) kalkulacyjna stopa procentowa - 0 - 29,2%,
- e) średnia wysokość przodków wybierkowych - 0 + 14,6%,
- f) cena zbytu węgla - 0 + 366%,
- g) średnia stawka amortyzacji środków trwałych - 0 - 26%.

Tablica 3

Wyniki obliczeń z programu EFIN

DANE DO OBLICZEN

1	18	14	10	0	513	2	125	150	2.2	18
4.5	350	1	1	2	3800	.06	0.3	1	1	1
										2

WYNIKI OBLICZEN Z PROGRAMU EFIN
PRZYKŁAD NR 1

ILOŚĆ POWIETRZA DLA KOPALNI: 17525.5 M³/MIN
 ŚREDNICE 1 SZYBÓW WDECHOWYCH: 8 METRÓW
 ŚREDNICE 2 SZYBÓW WYDECHOWYCH 6 METRÓW
 ILOŚĆ SZYBÓW KOPALNI: 3
 ILOŚĆ SZYBÓW GŁÓWNYCH: 2
 ILOŚĆ SZYBÓW PERYFERYJNYCH: 1
 OKRES OBLICZENIOWY WSKAŹNIKA: 25 LAT
 CYKL BUDOWY KOPALNI - DO PIERWSZEGO WYDOBYCIA: 7 LAT
 CYKL BUDOWY KOPALNI - DO WYDOBYCIA DOCELOWEGO: 11 LAT
 KALKULACYJNY OKRES EKSPLOATACJI: 14 LAT

JEDNOSTKOWY KOSZT RUCHOWY = 1795.58 ZŁ/T
 NAKŁADY INWESTYCYJNE NA BUDOWĘ KOPALNI = 13433.7 MLN ZŁ
 WSKAŹNIK ROZNICOWY ROZWINIĘTY: 46055.5 MLN ZŁ

**

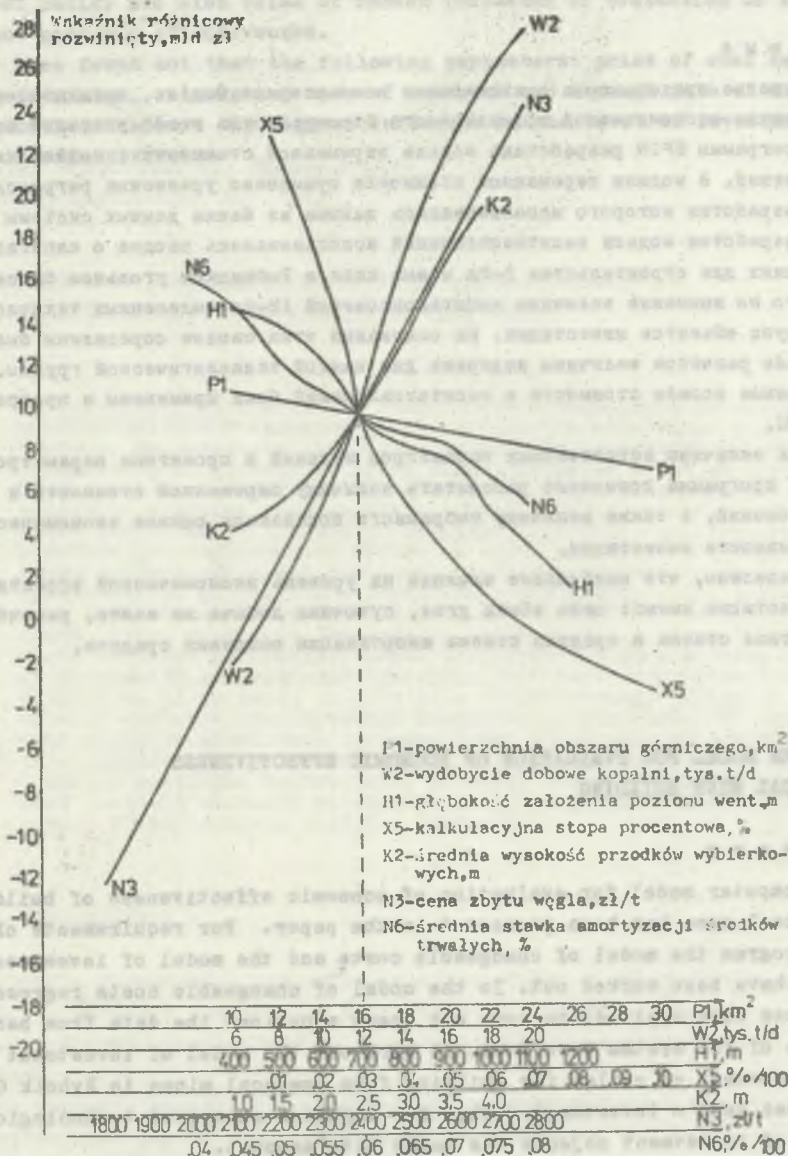
Tym samym największy wpływ na poziom ekonomicznej efektywności inwestycji wywierają następujące parametry:

- cena zbytu węgla,
- wydobywanie dobowe kopalni,
- kalkulacyjna stopa procentowa,
- średnia stawka amortyzacji środków trwałych.

Wpływ pozostałych parametrów jest znacznie mniejszy.

Recenzent: Doc. dr inż. Andrzej Mazurek

Wpłynęło do Redakcji w marcu 1987 r.



Rys. 3. Wpływ wybranych parametrów i wskaźników na poziom ekonomicznej efektywności budowy nowej kopalni

Fig. 3. Influence of chosen parameters and indicators on level of economic effectiveness of new mine building

КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ

Р е з ю м е

В статье представлена оригинальная компьютерная модель, предназначенная для оценки экономической эффективности строительства новой угольной шахты. Для программы EFIN разработана модель переменной стоимости и модель капиталовложений. В модели переменной стоимости применено уравнение регрессий, для разработки которого использовались данные из банка данных системы IOS. Для разработки модели капиталовложений использовалась сводка о капиталовложениях для строительства 5-ти новых шахт в Рыбницком угольном бассейне. Принято во внимание величины капиталовложений 18-ти выделенных технологических групп объектов инвестиции. На основании этих сводок определены были формулы для расчётов величины издержек для каждой технологической группы. Разработанные модели стоимости и капиталовложений были применены в программе для ЭВМ.

Зная величины естественных параметров залежей и проектных параметров шахты, программа позволяет рассчитать величину переменной стоимости и капиталовложений, а также величину выбранного показателя оценки экономической эффективности инвестиции.

Определено, что наибольшее влияние на уровень экономической эффективности инвестиции имеют: цена збыта угля, суточная добыча на шахте, расчётная процентная ставка и средняя ставка амортизации основных средств.

COMPUTER MODEL FOR EVALUATION OF ECONOMIC EFFECTIVENESS OF A COAL MINE BUILDING

S u m m a r y

A computer model for evaluation of economic effectiveness of building a new coal mine has been presented in the paper. For requirements of EFIN program the model of changeable costs and the model of investment outlay have been worked out. In the model of changeable costs regression equations were applied; to work out these equations the data from bank of data of IOS system were used. To work out the model of investment outlay, statement of outlay for building five new coal mines in Rybnik Coal Field was used - investment outlay for eighteen separated technological groups of investment objects was taken into account.

On the base of these statements analytical formulae allowing to calculate outlay for every technological group were determined. The models of costs and investment outlay were applied in calculation program for a computer.

If you know the values of natural parameters of coal deposit and design parameters of a mine the program allows to calculation unit cost and investment outlay and also value of chosen indicator of evaluation of investment economic effectiveness.

It has been found out that the following parameters: price of coal sale, output in a mine, calculation rate of interest and average rate of material amortization have the biggest influence on the level of investment economic effectiveness.