

Andrzej KARBOWNIK

WYZNACZANIE NAJKORZYSTNIEJSZEJ WIELKOŚCI WYDOBYCIA PROJEKTOWANEJ
KOPALNI PODZIEMNEJ WĘGLA KAMIENNEGO

Streszczenie. W artykule wskazano na potrzebę nowego spojrzenia na kształtowanie się wielkości wydobywania projektowanej kopalni podziemnej węgla kamiennego. Za pomocą metod analizy matematycznej przeprowadzono rozważania teoretyczne w celu ustalenia warunków istnienia najkorzystniejszej wielkości wydobywania kopalni. Rozważania te przeprowadzono przy przyjęciu dwóch wskaźników ekonomicznych jako kryteria optymalizacji: wskaźnik oceny ekonomicznej efektywności inwestycji rozwinięty w postaci różnicowej oraz wewnętrzna stopa procentowa. Przy przyjęciu dwóch różnych modeli kosztu ruchomego i nakładów inwestycyjnych na budowę kopalni wykonano obliczenia w celu ustalenia najkorzystniejszej wielkości wydobywania. Przeprowadzone rozważania teoretyczne oraz wykonane obliczenia wskazują na fakt istnienia dla danego złoża optymalnego wydobywania projektowanej kopalni z punktu widzenia dążenia do uzyskania maksymalnej efektywności inwestycji.

1. Wstęp

Wiadomo powszechnie, że warunki eksploatacji polskich złóż węgla kamiennego znacznie się pogarszają. Wzrasta średnia głębokość eksploatacji, pogarszają się warunki geotechniczne wybierania pokładów i utrzymania wyrobisk, wzrastają zagrożenia. Ponadto zmniejsza się zasobność złoża w obszarach górniczych nowych kopalń, szczególnie w nowych kopalniach Rybnickiego Okręgu Węglowego. Wymaga to nowego spojrzenia na kształtowanie się wielkości wydobywania projektowanych kopalń. Tym bardziej, że opracowane dotychczas modele matematyczne dla optymalizacji wielkości parametrów charakteryzujących wielkość kopalni straciły na aktualności z uwagi na upływ czasu od ich powstania i zaistniałe w tym okresie zmiany w technologii eksploatacji i z uwagi na wspomniane pogarszanie się warunków naturalnych eksploatacji. Wielkość wydobywania projektowanej kopalni jest podstawowym parametrem, który decyduje o wielkości kopalni i o rozwiązaniu projektowym jej struktury.

Ponadto rozważania przeprowadzone w pracy [10] wykazują, że efektywność budowy nowej kopalni bardzo silnie zależy od wielkości jej wydobywania. Na podstawie tych kilku uwag można sformułować pogląd, że dotychczasowe doświadczenia w projektowaniu i w budowie nowych kopalń oraz dotychczasowy rozwój teorii projektowania kopalń skłaniają do podjęcia rozważań w zakresie wyznaczenia najkorzystniejszej wielkości wydobywania projektowanej ko-

palni podziemnej węgla kamiennego. Wydaje się, że w dążeniu do uzyskania maksymalnej efektywności ekonomicznej projektowanej inwestycji (nowej kopalni) należy poszukiwać takiej wielkości jej wydobycia dla danych warunków naturalnych złoża, przy której ta maksymalna efektywność zostanie uzyskana.

Zagadnienie wyznaczania optymalnej wielkości wydobycia projektowanej kopalni podziemnej węgla kamiennego jest uważane za podstawowe w teorii projektowania kopalń.

Było ono wielokrotnie przedmiotem rozważań i opracowano wiele metod, które w mniejszym lub w większym zakresie stosowano w praktyce projektowej. Jednakże każda z nich wniosła swój wkład w rozwój teorii projektowania kopalń. Przeprowadzone za pomocą tych metod analizy prowadziły do kształtowania się w swoim czasie poglądów na wielkość projektowanych i budowanych kopalń. Tradycyjnie już opracowane dotychczas metody można sklasyfikować w pięciu grupach.

Nie będziemy w tym miejscu omawiali i oceniali poszczególnych metod, gdyż dokonywano już tego wielokrotnie w różnych opracowaniach, np. [14, 16]. Wymienimy jedynie autorów najważniejszych prac:

1. Metody wariantów: B. Krupiński w swej książce [13] wspomina o pracy zespołu Władymirskiego i Agoszkowa w zakresie opracowania metody wariantowej wyznaczania wielkości kopalni.

2. Metody statystyczne: prace Zwiagina [13] i A.S. Burczakowa [4].

3. Metody normatywne: prace A. Rimana [18, 13], W. Doryczki [13] i T. Rutowskiego [19, 5, 23].

4. Metody analityczne: prace L.D. Szewiakowa [20], Z. Ajdukiewicza [1], F. Benthausa [2], R. Bromowicza [3], i M. Jawienia [6, 7, 8, 9], B. Krupińskiego [11, 12] i S. von Wahla [21, 22].

5. Metody analityczno-wariantowe: Matematyczny model kopalni [15] i praca J. Paździory [14].

Należy podkreślić, jakie znaczenie dla polskiego górnictwa węglowego miały cytowane prace wykonane przez B. Krupińskiego, R. Bromowicza, a w szczególności M. Jawienia. Opracowane przez nich metody wniosły istotny wkład w rozwój teorii projektowania kopalń oraz dostarczyły wytycznych dla praktyki projektowej odnośnie do optymalnych wielkości kopalń projektowanych dla Rybnickiego Okręgu Węglowego w latach sześćdziesiątych.

2. Teoretyczne określenie optymalnej wielkości wydobycia projektowanej kopalni

Jako optymalną wielkość wydobycia projektowanej kopalni podziemnej węgla kamiennego przyjmujemy do dalszych rozważań taką, która pozwala uzyskać maksymalny poziom efektywności jej budowy mierzony wartością wskaźnika ekonomicznej efektywności inwestycji.

Jak wiadomo, wskaźnik ekonomicznej efektywności inwestycji w postaci różnicowej rozwiniętej wyraża wzór:

$$E_R = \sum_{t=1}^m (P_t - K_t - N_t) \cdot (1 + r)^{-t}, \quad (1)$$

gdzie:

- m - okres obliczeniowy wskaźnika,
- P_t, K_t, N_t - wielkości roczne - odpowiednio - wartości produkcji, kosztu bieżącego i nakładów inwestycyjnych na budowę kopalni,
- r - kalkulacyjna stopa procentowa, %/100.

Dla przeprowadzenia rozważań teoretycznych przyjmijmy w powyższym wzorze następujące uproszczenia:

- a) Wartość rocznej produkcji i roczny koszt ruchowy są stałe w kolejnych latach okresu m : $P_1 = P_2 = \dots = P_t = \dots = P$, $K_1 = K_2 = \dots = K_t = \dots = K$,
- b) Różnicę $(P_t - K_t)$ określimy jako roczny zysk Z_t bez uwzględnienia kosztu amortyzacji, $Z_t = P - K$,
- c) Wielkość nakładów inwestycyjnych na budowę kopalni przyjmujemy w wysokości N i jest ona skoncentrowana w jednym momencie czasowym.

Przy tych założeniach wzór (1) przyjmuje postać następująca:

$$E_R = \sum_{t=1}^m Z_t \cdot (1 + r)^{-t} - N,$$

a stąd

$$E_R = Z_t \cdot \frac{(1 + r)^m - 1}{(1 + r)^m \cdot r} - N. \quad (2)$$

Założmy dla dalszego uproszczenia tej zależności, że $m \rightarrow \infty$. Wtedy będzie:

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \frac{(1 + r)^m - 1}{(1 + r)^m \cdot r} = \frac{1}{r} \cdot \lim_{m \rightarrow \infty} \left[1 - \frac{1}{(1 + r)^m} \right] = \frac{1}{r}$$

Ostatecznie:

$$E_R = \frac{Z_t}{r} - N \quad (3)$$

Jeżeli przyjmiemy, że $E_R = 0$, to uzyskamy zależność:

$$r = \text{WSP} = \frac{Z_r}{N}, \quad (4)$$

gdzie:

WSP - wewnętrzna stopa procentowa.

Ponieważ $Z_r = f_2(W)$ oraz $N = f_3(W)$, więc $E_R = f_4(W)$ oraz $\text{WSP} = f_5(W)$. Ustalmy postacie funkcji f_4 i f_5 .

Z rys. 1 wynika, że położenie punktu E na ujemnej części osi odciętych zależy od położenia punktu W' na krzywej $Z_r = f_1(N)$. Dla punktu W' możemy napisać na podstawie trójkąta E'W'N'

$$\text{tg}\beta = \frac{Z_r}{E' + N'}, \quad (5)$$

stąd

$$E' = \frac{Z_r}{\text{tg}\beta} - N' \quad (6)$$

Dla dowolnego punktu W na krzywej możemy zapisać:

$$E = \frac{Z_r}{\text{tg}\beta} - N. \quad (7)$$

Jeżeli na ujemnej osi odciętych przyjmiemy mierzyć wartość wskaźnika E_r i porównując powyższy wzór ze wzorem (3) stwierdzamy, że $r = \text{tg}\beta$. Stąd będzie:

$$E_R = f_4(W) = \frac{f_2(W)}{r} - f_3(N). \quad (8)$$

Z rys. 3 wynika, że wielkość kąta β zależy od położenia punktu W' na krzywej $Z_r = f_1(N)$. Dla punktu W' możemy napisać na podstawie trójkąta OW'N'

$$\text{tg}\alpha' = \frac{Z_r}{N'} \quad (9)$$

Dla dowolnego punktu W na krzywej możemy napisać:

$$\text{tg}\alpha = \frac{Z_r}{N}. \quad (10)$$

Porównując ten wzór ze wzorem (4) możemy napisać:

$$WSP = f_5(W) = \frac{f_2(W)}{f_3(W)} \quad (11)$$

Równocześnie można zauważyć, że miarą WSP jest wielkość kąta α .

Na podstawie rys. 1 i 2 można wnioskować, że:

1. Jeżeli funkcja $Z_x = f_1(N)$ jest funkcją wypukłą, to odcinek EO, czyli wskaźnik E_R , przyjmuje swą wartość maksymalną w punkcie W_0 leżącym wewnątrz przedziału $[W_1, W_2]$ stanowiącym zakres istnienia tej funkcji lub na końcu tego przedziału w punkcie W_2 . Położenie punktu W_0 oznacza optymalną wielkość wydobycia kopalni.

2. Jeżeli funkcja $Z_x = f_1(N)$ jest funkcją wklęsłą, to odcinek EO, czyli wskaźnik E_R , przyjmuje swą wartość maksymalną wyłącznie na końcu przedziału $[W_1, W_2]$ w punkcie W_2 , który oznacza optymalną wielkość wydobycia kopalni.

Na podstawie rys. 3 i 4 można wnioskować, że:

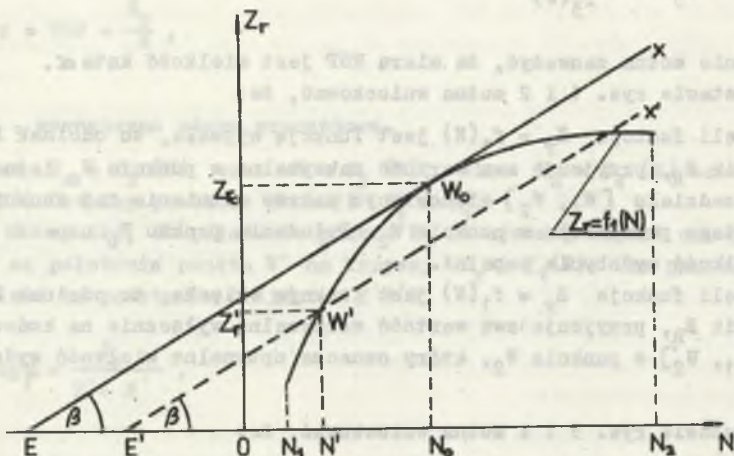
3. Jeżeli funkcja $Z_x = f_1(N)$ jest funkcją wypukłą, to kąt α , czyli wskaźnik WSP, przyjmuje swą wartość maksymalną w punkcie W_0 leżącym wewnątrz przedziału $[W_1, W_2]$ stanowiącym zakres istnienia tej funkcji lub na końcu przedziału w punkcie W_2 . Położenie punktu W_0 oznacza optymalną wielkość wydobycia kopalni.

4. Jeżeli funkcja $Z_x = f_1(N)$ jest funkcją wklęsłą, to kąt α , czyli wskaźnik WSP, przyjmuje swą wartość maksymalną wyłącznie na końcu przedziału $[W_1, W_2]$ w punkcie W_2 , który oznacza optymalną wielkość wydobycia kopalni.

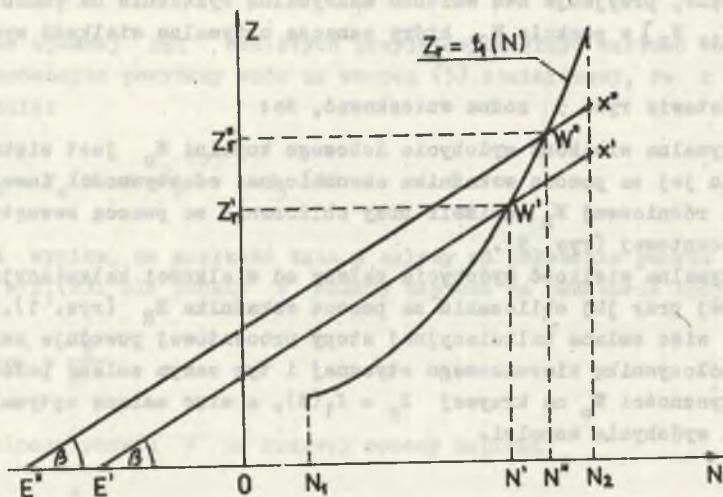
Na podstawie rys. 5 można wnioskować, że:

5. Optymalna wielkość wydobycia dobowego kopalni W_0 jest większa przy obliczaniu jej za pomocą wskaźnika ekonomicznej efektywności inwestycji w postaci różnicowej E_R , aniżeli przy obliczaniu za pomocą wewnętrznej stopy procentowej (rys. 5).

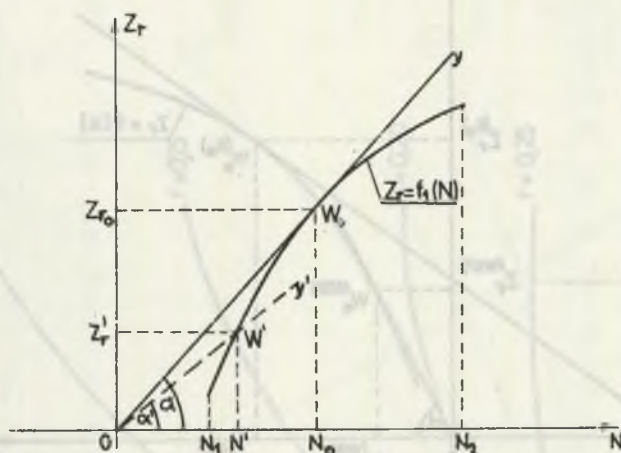
6. Optymalna wielkość wydobycia zależy od wielkości kalkulacyjnej stopy procentowej przy jej obliczaniu za pomocą wskaźnika E_R (rys. 1). Ponieważ $r = \operatorname{tg} \beta$, więc zmiana kalkulacyjnej stopy procentowej powoduje zmianę wartości współczynnika kierunkowego stycznej i tym samym zmianę położenia punktu styczności W_0 na krzywej $Z_x = f_1(N)$, a więc zmianę optymalnej wielkości wydobycia kopalni.



Rys. 1. Wykres funkcji $Z_r = f_1(N)$ dla wskaźnika E_R - funkcja wypukła
 Fig. 1. Diagram of the function $Z_r = f_1(N)$ for the index E_R - convex function

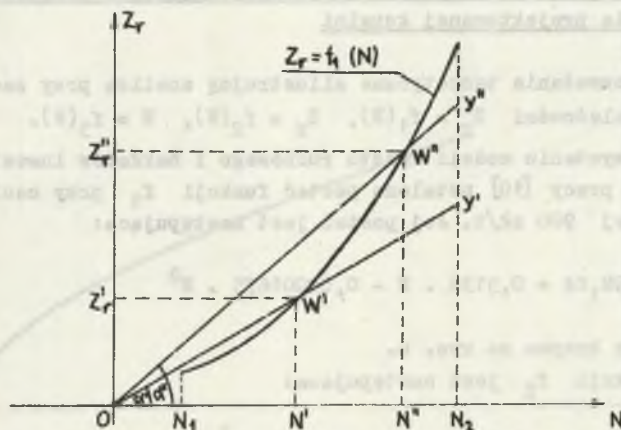


Rys. 2. Wykres funkcji $Z_r = f_1(N)$ dla wskaźnika E_R - funkcja wklęsła
 Fig. 2. Diagram of the function $Z_r = f_1(N)$ for the index E_R - concave function



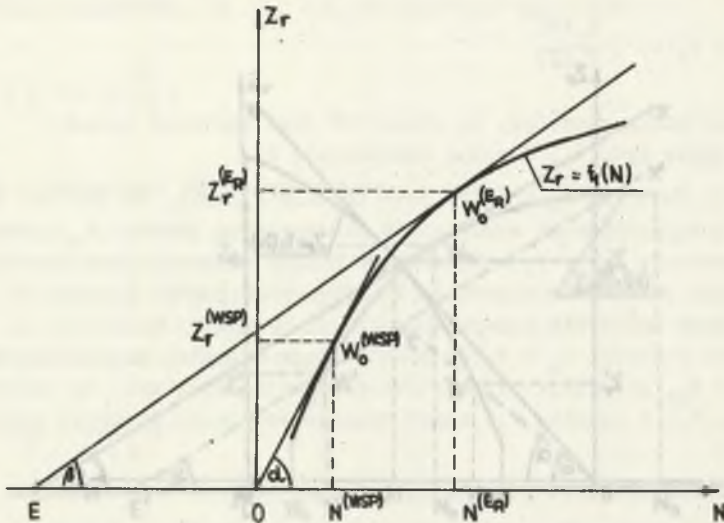
Rys. 3. Wykres funkcji $Z_r = f_1(N)$ dla wewnętrznej stopy procentowej - funkcja wypukła

Fig. 3. Diagram of the function $Z_r = f_1(N)$ for the interior interest rate - convex function



Rys. 4. Wykres funkcji $Z_r = f_1(N)$ dla wewnętrznej stopy procentowej - funkcja wklęsła

Fig. 4. Diagram of the function $Z_r = f_1(N)$ for the interior interest rate - concave function



Rys. 5. Położenie punktu W_0 na krzywej $Z_r = f_1(N)$ ustalone za pomocą wskaźnika E_R i WSP

Fig. 5. Location of point W_0 on the curve $Z_r = f_1(N)$ determined by means of the index E_R and WSP

3. Rozważania analityczne dla określenia optymalnej wielkości wydobycia projektowanej kopalni

Powyższe rozważania teoretyczne zilustrujemy analizą przy zastosowaniu konkretnych zależności $Z_r = f_1(N)$, $Z_r = f_2(W)$, $N = f_3(W)$.

- a) Przy wykorzystaniu modeli kosztu ruchowego i nakładów inwestycyjnych podanych w pracy [10] ustalono postać funkcji f_1 przy cenie zbytu węgla równej 900 zł/t. Jej postać jest następująca:

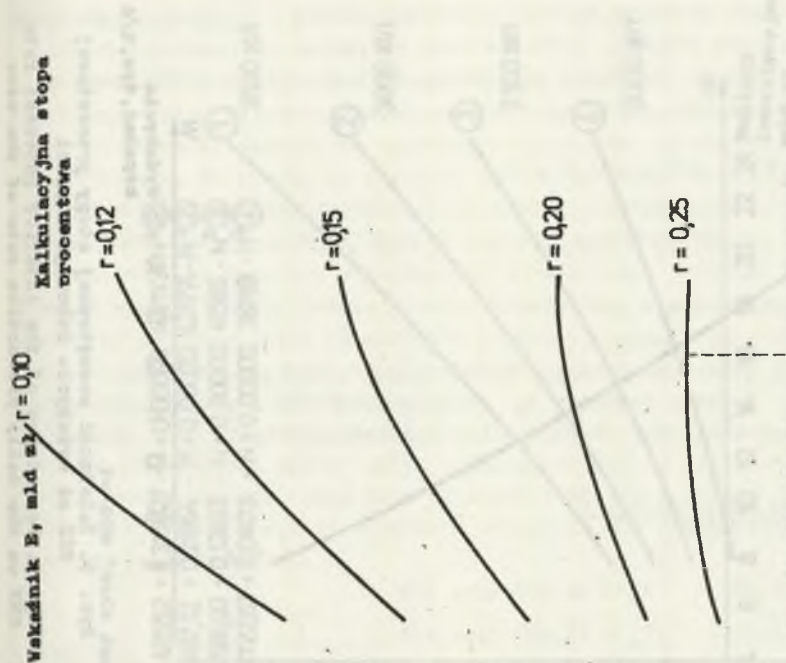
$$Z_r = -498,04 + 0,5136 \cdot N - 0,00001675 \cdot N^2 \quad (12)$$

Obrazuje ją krzywa na rys. 6.

Postać funkcji f_2 jest następująca:

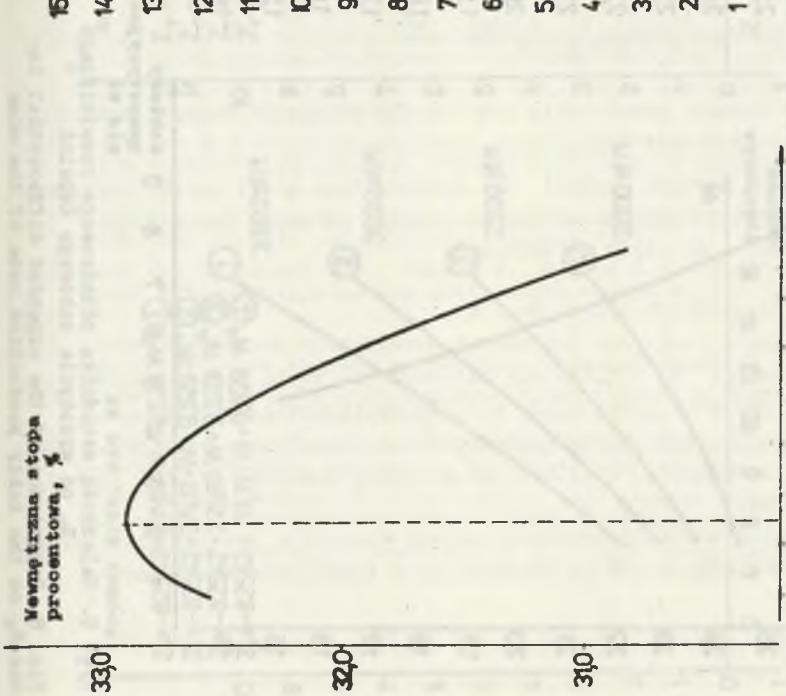
$$Z_r = -655,21 + 317,68 \cdot W - 6,1667 \cdot W^2 \quad (13)$$

Obrazuje ją krzywa na rys. 7.



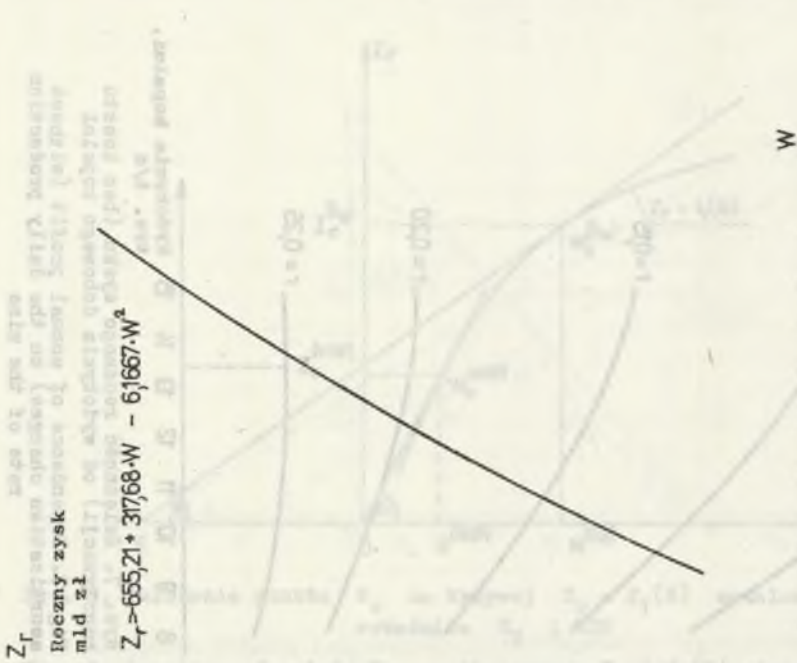
Rys. 7. Zależność rocznego zysku (bez kosztu amortyzacji) od wydobycia dobowego kopalni

Fig. 7. Dependence of annual profit (without amortization charges) on the daily production rate of the mine

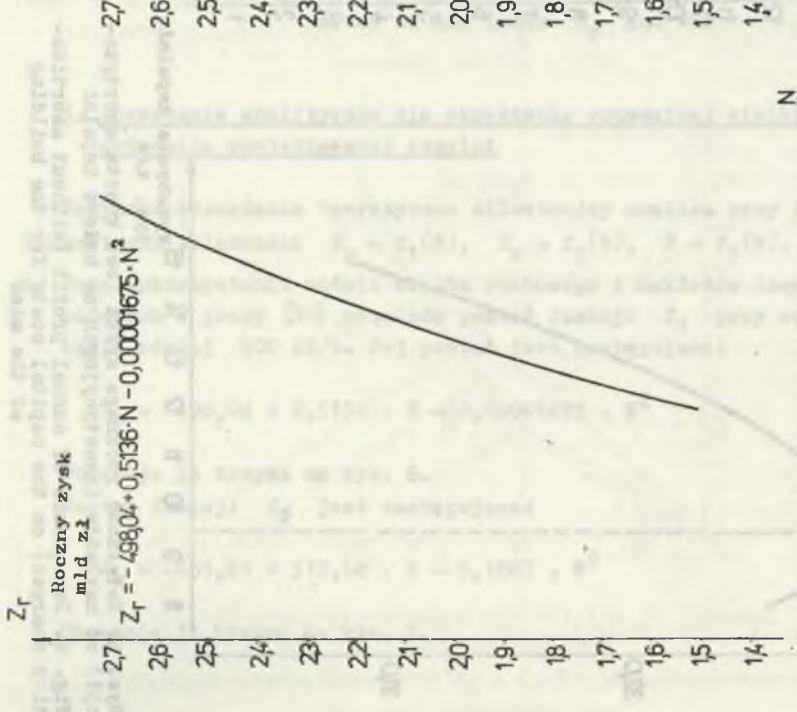


Rys. 6. Zależność rocznego zysku (bez kosztu amortyzacji) od nakładów inwestycyjnych na budowę kopalni

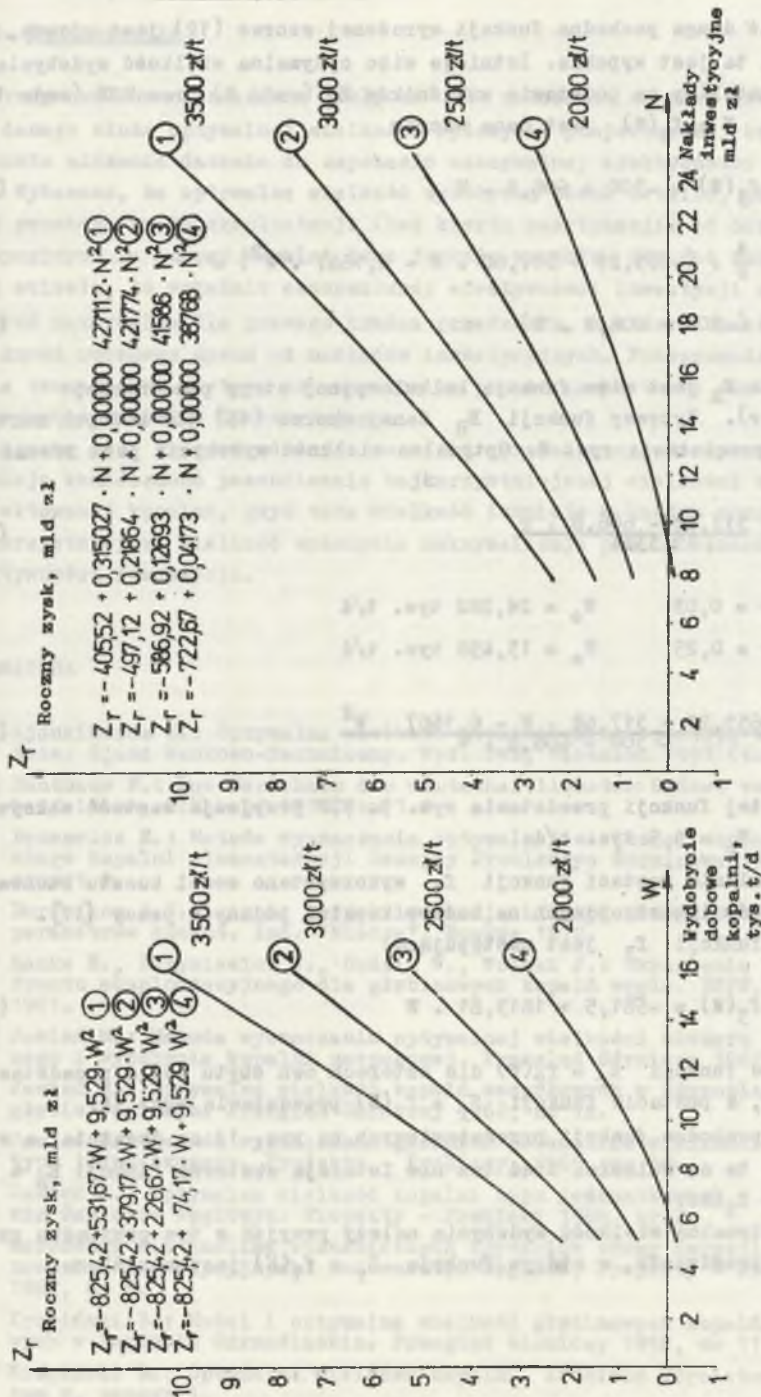
Fig. 6. Dependence of annual profit (without amortization charges) on the capital costs for the building of the mine



Rys. 9. Zależność wewnętrznęj stopy procentowej WSP od wydobycia dobowego kopalni
Fig. 9. Dependence of the interior interest rate WSP on the daily production rate of the mine



Rys. 8. Zależność wskaźnika różnicowego rozwiniętego E_R od wydobycia dobowego kopalni
Fig. 8. Dependence of the expanded differential index E_R on the daily production rate of the mine



Rys. 10. Zależność rocznego zysku (bez kosztu amortyzacji) od wydobyćcia dobowego kopalni
 Fig. 10. Dependence of the annual profit (without amortization charges) on the daily production rate of the mine

Rys. 11. Zależność rocznego zysku (bez kosztu amortyzacji) od nakładów inwestycyjnych na budowę kopalni
 Fig. 11. Dependence of the annual profit (without amortization charges) on the capital costs for the building of the mine

Ponieważ druga pochodna funkcji wyrażonej wzorem (12) jest ujemna, więc funkcja ta jest wypukła. Istnieje więc optymalna wielkość wydobycia, którą ustalimy na podstawie wskaźników E_R (wzór 8) oraz WSP (wzór 11). Funkcja $N = f_3(W)$ jest dana wzorem

$$N = f_3(W) = -300 + 606,8 \cdot W \quad (14)$$

$$E_R = \frac{1}{r} \cdot (-655,21 + 317,68 \cdot W - 6,1667 \cdot W^2) - (-300 + 606,8 \cdot W) \quad (15)$$

Wskaźnik E_R jest więc funkcją kalkulacyjnej stopy procentowej: $E_R = g(r)$. Wykresy funkcji E_R danej wzorem (15) dla różnych wartości r przedstawia rys. 8. Optymalna wielkość wydobycia jest równa:

$$W_0 = \frac{317,68 - 606,8 \cdot r}{12,3334} \quad (16)$$

Dla $r = 0,03$ $W_0 = 24,282$ tys. t/d

Dla $r = 0,25$ $W_0 = 13,458$ tys. t/d

$$WSP = \frac{-655,21 + 317,68 \cdot W - 6,1667 \cdot W^2}{-300 + 606,8 \cdot W} \quad (17)$$

Wykres tej funkcji przedstawia rys. 9. WSP przyjmuje wartość maksymalną dla $W_0 = 9,5$ tys. t/d.

- b) Dla ustalenia postaci funkcji f_1 wykorzystano model kosztu ruchomego i nakładów inwestycyjnych na budowę kopalni podany w pracy [17]. Postać funkcji f_3 jest następująca:

$$N = f_3(W) = -581,5 + 1613,81 \cdot W \quad (18)$$

Postacie funkcji $Z_r = f_2(W)$ dla czterech cen zbytu węgla przedstawia rys. 10, a postacie funkcji $Z_r = f_1(N)$ przedstawia rys. 11.

Drugie pochodne funkcji przedstawionych na rys. 12 są dodatnie, a więc funkcje te są wklęsłe. Stąd też nie istnieją ekstrema funkcji $E_R = f_4(N)$ i $WSP = f_5(W)$.

Jako optymalną wielkość wydobycia należy przyjąć w tym przypadku prawy koniec przedziału, w którym funkcja $Z_r = f_1(N)$ jest określona.

4. Podsumowanie

Przeprowadzone rozważania miały na celu wskazanie na fakt istnienia dla danego złoża optymalnej wielkości wydobycia projektowanej kopalni z punktu widzenia dążenia do uzyskania maksymalnej efektywności inwestycji. Wykazano, że optymalną wielkość wydobycia można ustalić, gdy zależność rocznego zysku eksploatacji (bez kosztu amortyzacji) od nakładów inwestycyjnych na budowę kopalni jest funkcją wypukłą. Gdy zaś funkcja ta jest wklęsła, to wskaźnik ekonomicznej efektywności inwestycji osiąga wartość maksymalną dla prawego krańca przedziału, w którym określona jest zależność rocznego zysku od nakładów inwestycyjnych. Przeprowadzone rozważania teoretyczne zostały zobrazowane za pomocą konkretnych funkcji kosztu ruchowego i nakładów inwestycyjnych.

Praktyczny sens przeprowadzonych rozważań sprowadza się do wykazania, że istnieje konieczność poszukiwania najkorzystniejszej wielkości wydobycia projektowanej kopalni, gdyż taka wielkość istnieje w każdym przypadku. Najkorzystniejsza wielkość wydobycia maksymalizuje poziom ekonomicznej efektywności inwestycji.

LITERATURA

- [1] Ajdukiewicz Z.: Optymalna wielkość kopalni. Drogi postępu w górnictwie. Zjazd Naukowo-Techniczny. Wyd. PWN, Warszawa 1957 (tom I).
- [2] Benthaus F.: Das Berechnen der wirtschaftlichsten Größe von Schachtaufeldern. Glückauf 1956, nr 1-2.
- [3] Bromowicz R.: Metoda wyznaczania optymalnej wielkości obszaru górniczego kopalni elementarnej. Zeszyty Problemowe Górnictwa 1963, t. I, zeszyt 2.
- [4] Burczakow A.S. i inni: Projektowanie i kompleksowa optymalizacja parametrów szacht. Izd. "Niedra". Moskwa 1972.
- [5] Hanke E., Parysiewicz W., Cudzik W., Wolski J.: Określenie realnego frontu eksploatacyjnego dla głębinowych kopalń węgla. RPPW, Gliwice 1961.
- [6] Jawień M.: Metoda wyznaczania optymalnej wielkości obszaru produkcyjnego i wydobycia kopalni zespółowej. Przegląd Górniczy 1962, nr 9.
- [7] Jawień M.: Optymalna wielkość kopalń zespółowych w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. Przegląd Górniczy 1962, nr 12.
- [8] Jawień M.: Metoda wyznaczania głównych parametrów wielkości kopalni typu jednostkowego. Projekty - Problemy, 1965, nr 10.
- [9] Jawień M.: Optymalna wielkość kopalni typu jednostkowego w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. Projekty - Problemy 1966, nr 2.
- [10] Karbownik A.: Analiza ekonomicznych kryteriów oceny decyzji projektowych i inwestycyjnych. Budownictwo Węglowe, Projekty - Problemy, 1982, nr 8.
- [11] Krupiński B.: Model i optymalna wielkość głębinowych kopalń zespółowych w Zagłębiu Górnośląskim. Przegląd Górniczy 1958, nr 11.
- [12] Krupiński B.: Optymalna wielkość kopalni. Archiwum Górnictwa 1960, tom V, zeszyt 1.

- [13] Krupiński B.: Zasady projektowania kopalń. Cz. I i II. WGH, Katowice 1963.
- [14] Paździora J.: Prognozowanie rozwoju optymalnej struktury modelu kopalni węgla kamiennego. Praca doktorska. Politechnika Śląska, Gliwice 1972.
- [15] Pazor L., Chrobok E.: Matematyczny model kopalni. Instrukcja użytkowania systemu. GBSiPG, Katowice 1971.
- [16] Praca zbiorowa: Analiza i ocena dotychczasowych metod określenia optymalnych parametrów modelu, struktury i systemów technologicznych pod kątem możliwości ich zastosowania dla kopalń głębokich. Prace IPBKİOP. Politechnika Śląska, Gliwice 1974.
- [17] Praca zbiorowa: Ocena rentowności zagospodarowania obszarów perspektywicznych w GZW i złożeń na dużej głębokości w kopalniach czynnych dla potrzeb projektowania górniczego. Prace IPBKİOP. Politechnika Śląska, Gliwice (etap I - 1984, etap II - 1985).
- [18] Rivan A.: Optymalne wielkości kopalni węgla kamiennego i ich związek z rentownością. Przegląd Górniczy 1958, nr 11.
- [19] Rutowski T.: Optymalny front górniczy. Komunikat GIG, nr 188. Katowice 1956.
- [20] Szewiakow L.D.: Osnovy teorii projektirovaniya ugolnykh szacht. Uglitiechizdat, 1958.
- [21] Wahl S.: Überlegungen und Rechnungen zur Frage der günstigsten Grösse von Grubenbetrieben. Theoretische Grundlagen und Beschreibung eines Modells. Glückauf - F. 1967, nr 3.
- [22] Wahl S.: Überlegungen und Rechnungen zur Frage der günstigsten Grösse von Grubenbetrieben. Kapitalwerte und Kosten verschiedener Planungsalternativen. Glückauf - F. 1967, nr 4.
- [23] Wolski J.: Przykład zastosowania metody określenia realnej zdolności produkcyjnej frontu górniczego dla warunków Południowo-Rybnickiego Rejonu Węglowego. Projekty-Problemy, 1962, nr 1-2.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Jacek Zabierowski

Wpłynęło do Redakcji w kwietniu 1986 r.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИЛУЧШИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДОБЫЧИ ПРОЕКТИРОВАННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ШАХТ КАМЕННОГО УГЛЯ

Р е з ю м е

В статье указана потребность в новой точке зрения на формирование величины добычи проектированной подземной шахты каменного угля. При помощи метода математического анализа дано теоретическое обоснование определения условий существования наилучших показателей добычи угля. В рассуждениях, в качестве критериев оптимальности, учтены следующие два экономические показателя: показатель оценки экономической эффективности в разностном виде и внутренняя норма процента. Учитывая две разные модели для изменяющихся издержек и инвестиционных расходов, произведен расчёт для определения оптимальной величины добычи. Проведенные теоретические рассуждения и расчёты

показывают, что для данной залежи существует оптимальная величина добычи, с точки зрения получения максимальной эффективности инвестиции.

DETERMINATION OF THE MOST ADVANTAGEOUS PRODUCTION RATES OF THE PLANNED UNDERGROUND HARD COAL MINE

S u m m a r y

The need for a new look at the shaping of the production rates of the planned underground hard coal mine has been stressed. By means of mathematical analysis theoretical considerations have been carried out for the purpose of establishing the conditions for the existence of the most favourable production rate in the mine. The considerations have been conducted assuming two economic indices as the criteris of optimization: the index of economic efficiency evaluation of the investment expanded in a differential form, and interior interest rate. Assuming two different models of operation costs and capital costs of the building of a mine, calculations have been made to determine the most advantageous production rates. The theoretical considerations and calculations made, point at the existence of the optimum production rate for the given bed of the mine planned from the point of view of aiming at the achievement of the maximum efficiency of the investment.