

Henryk PRZYBYŁA

Marian TUREK

ZAGADNIENIE MAKSYMALIZACJI WYDOBYCIA NA ETAPIE PROJEKTOWANIA WYROBIŚK WYBIERKOWYCH

Streszczenie. W publikacji przedstawiono sposób doboru parametrów wyrobisk wybierkowych, a szczególnie wyposażenia technicznego oraz prognozowania wielkości produkcji z tych przodków.

Przedstawione w sposób uproszczony wywody teoretyczne oraz przykład prezentujący sposób obliczeń powinny przyczynić się do racjonalizacji produkcji górniczej.

1. Wstęp

Do istotnych problemów kierowania i zarządzania produkcją górnictwem należy zdaniem autorów projektowanie wyrobisk wybierkowych. Podstawę projektowania w zasadniczych przypadkach są:

- potrzeba uzyskania określonej ilości węgla, przy czym potrzeba ta wynika z różnicy pomiędzy wydobywaniem określonym w planie (bądź też wynikającym z aktualnej zdolności wydobywczej szybów) a wydobywaniem, jakie uzyskuje się z aktualnie czynnych wyrobisk wybierkowych,
- rozpoznanie warunków geologiczno-górnictwowych i to najczęściej robotami przygotowawczymi.

Do podstawowych problemów, które muszą być rozwiązane należy zaliczyć:

- wybór systemu eksploatacji,
- określenie parametrów wyrobiska (warunki zalegania w znacznym stopniu ograniczają swobodę projektanta),
- dobór wyposażenia technicznego (zasadnicze elementy decyzyjne to: typ obudowy, maszyny urabiająco-ładujące, przenośnika),
- dobór odpowiadających wyposażeniu technicznemu form organizacji robót, pracy i systemu pracy (najbardziej podatny na zmiany jest system pracy),
- prognozowanie wyników, jakie będą możliwe do uzyskania w projektowanym wyrobisku.

Z przedstawionej w sposób uproszczony listy problemów, którą musi rozwiązać projektant (zespół projektujący) zasadnicze znaczenie mają:

- dobór wyposażenia technicznego,
- prognozowanie wyników.

Dla podkreślenia znaczenia tej problematyki należy sobie uzmysłowić, że projektant decyduje o lokalizacji majątku wartości od kilkudziesięciu do kilkuset milionów złotych. Kwoty te podkreślają wagę problemu, a zdaniem autorów powinny skłaniać decydentów do "wymuszenia" wykonania szeregu konkurencyjnych opracowań projektowych. Mamy nadzieję, że zaprezentowane w sposób uproszczony wywody teoretyczne i przykład ilustrujący technikę obliczeń znajdą uznanie i przyczynią się do racjonalizacji produkcji górniczej.

Dodamy tylko, że koszt przeprowadzenia obliczeń jest niewspółmierny do wartości majątku, którym się operuje i niewspółmiernie niski do korzyści płynących z wykorzystania tych obliczeń.

2. Algorytm postępowania przy wyznaczaniu parametrów wyrobiska i prognozowaniu wyników

Analizując funkcjonowanie przodków wybierkowych uważamy, że warunki, w jakich przebiega proces produkcyjny, wyznaczają podział na dwa typy układów techniczno-organizacyjnych (dalej zwanych krótko T-O).

Kryterium podziału jest uniwersalizm stosowania ww. układów. Możemy wyróżnić układy T-O: o ograniczonym zakresie stosowania czy to ze względu na kąt nachylenia, czy też grubość pokładu i układy T-O uniwersalne przy stosowane do "zmiennych" warunków geologiczno-górniczych.

Nie wnikając w szczegółowe rozwiązania teoretyczne można stwierdzić, że warianty rozwiązań wyrażone w sformalizowanej postaci jako ciągi wartości parametrów należy poddać ocenie i na jej podstawie dokonać wyboru wariantu optymalnego. W ogólnym ujęciu ocena układu T-O opiera się na porównywaniu uzyskanych efektów z nakładami, jakie są ponoszone w trakcie jego projektowania i eksploatacji.

Kryteria oceny powinny zatem uwzględniać wyniki, jakie można uzyskać z danego układu T-O i nakłady poniesione na stosowania tego układu.

Wymagania te spełnia następujący układ kryteriów:

- wydobyć dobowe Q $Q = f_Q(x_1)$
- prędkość P $P = f_P(x_1) \quad i = 1, 2, \dots, n$
- koszt jednostkowy k_j $k_j = f_{k_j}(x_1)$

$$F(Q, P, K) = F[f_Q(x_1), f_P(x_1), f_K(x_1)]$$

System techniczno-organizacyjny T-O, przodek wybierkowy S_w można zdefiniować jako:

$$S_w = (x, F),$$

gdzie:

X - zbiór parametrów opisujących poszczególne warianty rozwiązań przedk-
ków wybierkowych. Zakładamy, że zbiór ten jest skończony.

F - zbiór relacji określonych na elementach zbioru S_w . Zakładamy, że
zbiór relacji jest skończony i ma charakter jedno- lub wieloargu-
mentowy.

Opis układu techniczno-organizacyjnego (T-O) procesu wybierania będzie
następujący:

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_p, x_{p+1}, \dots, x_n)$$

lub symbolicznie

$$X = (x_p \cup x_k)$$

$$x_p = x_1, x_2, \dots, x_p,$$

$$x_k = x_{p+1}, \dots, x_n.$$

gdzie:

x_p - ciąg parametrów naturalnych, górniczych, techniczno-organizacyj-
nych itp.,

x_k - ciąg parametrów kryterialnych.

Podzbiory parametrów są rozłączne i ich suma obejmuje kompletny opis
systemu S_w .

Rozwiązanie tak sformułowanego problemu rozpoczynamy od identyfikacji
wymagań, jakie powinien spełniać układ T-O.

Właściwe rozpoznanie warunków pracy projektowanego systemu, odpowied-
nie ich sklasyfikowanie, opisanie wpływu poszczególnych czynników na pa-
rametry kryterialne, uwzględnienia tendencji zmian systemu (np. zmiany
systemu pracy) składa się na racjonalnie zaprojektowany przedk-
wy.

Dobór racjonalnych parametrów układu powinien być oparty na następują-
cych zasadach:

- jedności metodyki ich rozpoznawania we wszystkich stadiach realizacji
systemu T-O;
- kompletności i jednakowego stopnia dokładności wyliczenia wszystkich
parametrów, składają się na opis systemu;
- porównywalności parametrów dla podobnych wariantów projektowych, wy-
starczającej wiarygodności;
- prostoty ich wyznaczania.

Dla podania pełnej charakterystyki projektowanego wyrobiska należy wykorzystać cechy opisujące:

- warunki geologiczno-górniczne,
- technologię wybierania, łącznie z parametrami wyrobiska,
- stosowany układ T-O,
- efektywność stosowanych układów T-O.

Podane cechy można podzielić na:

- sterowalne z pełnym i niepełnym zakresem sterowania,
- niesterowalne,
- losowe.

Celem uzyskania większej zgodności modelu z opisywaną rzeczywistością proponuje się uprzednie dokonanie podziału logicznego ze względu na:

- | | |
|----------------------------|----------------------|
| - odcianę wybierania | $j = 1, 2, 3$ |
| - sposób likwidacji zrobów | $k = 1, 2, \dots, 9$ |
| - kąt nachylenia | $l = 1, 2, 3$ |
| - grubość pokładu | $m = 1, 2, \dots, 7$ |

gdzie:

k - sposób likwidacji zrobów może przybierać następujące wartości:

- 1 - z zawałem całkowitym,
- 2 - z zawałem częściowym i caliznami ochronnymi,
- 3 - z zawałem częściowym i podsadzką suchą pasami,
- 4 - z ugięciem stropu,
- 5 - z podsadzką płynną,
- 6 - z podsadzką suchą ręczną,
- 7 - z podsadzką suchą dmuchaną,
- 8 - z podsadzką suchą miotaną,
- 9 - z podsadzką suchą samostaczną,

j - odmiany wybierania mogą przybierać następujące wartości:

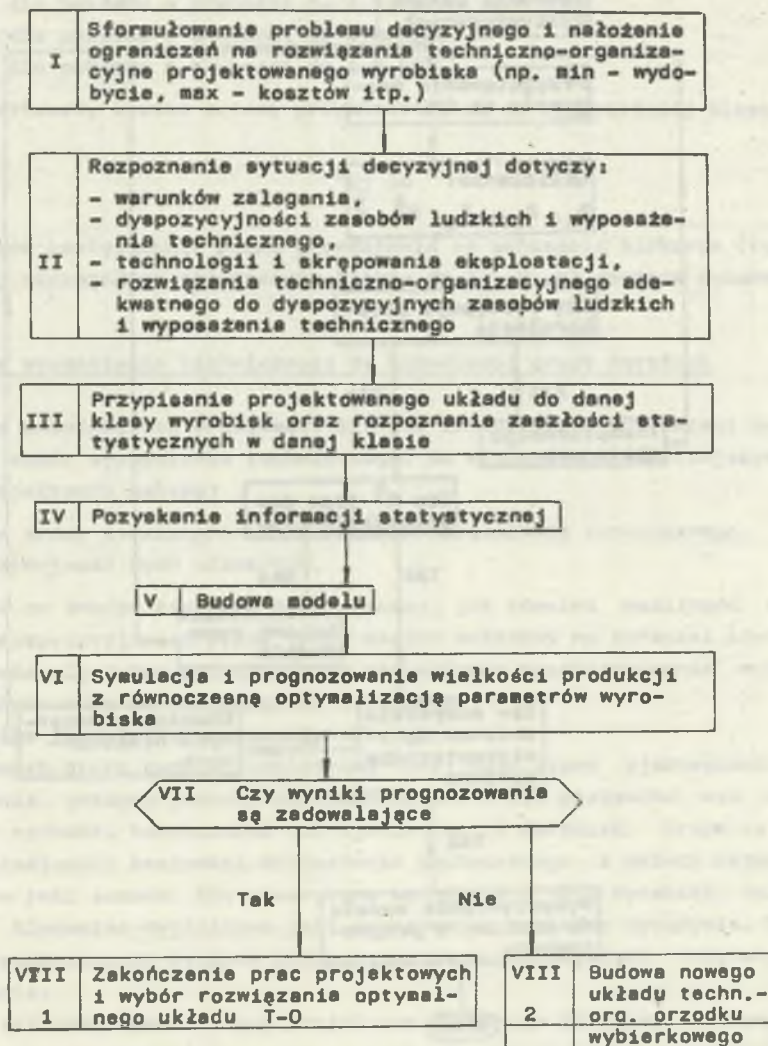
- 1 - podłużna (po rozciągłości),
- 2 - poprzeczna (po nachyleniu),
- 3 - przekątna (skośnie do rozciągłości i nachylenia),

l - kąt nachylenia może przybierać wartości:

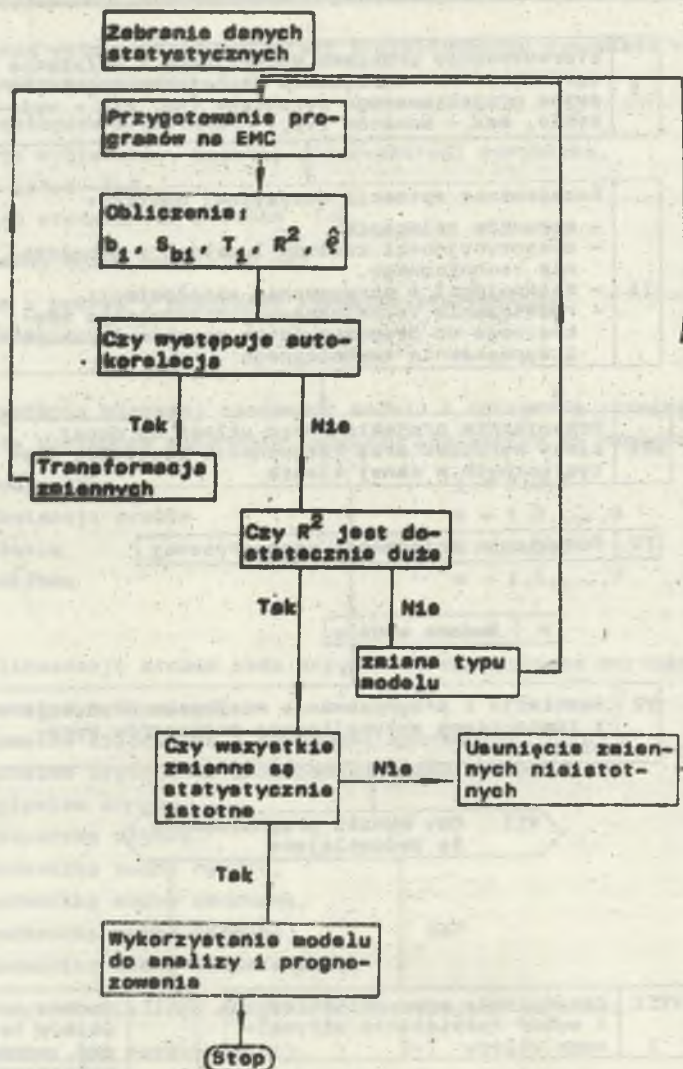
- 1 - dla kąta nachylenia $0-12^\circ$,
- 2 - dla kąta nachylenia powyżej 12° do 30° ,
- 3 - dla kąta nachylenia powyżej 30° ,

m - grubość pokładu może przybierać wartości:

- 1 - dla pokładu o grubości do 1,5 [m],
- 2 - dla pokładu o grubości do 2,0 [m],
- 3 - dla pokładu o grubości do 2,5 [m],
- 4 - dla pokładu o grubości do 3,0 [m],



Rys. 1. Algorytm optymalizacji układu techniczno-organizacyjnego



Rys. 2. Szczegółowy schemat blokowy bloku nr IV, V, VI z rys. 1

b_1 - oszacowanie parametrów modelu, t_1 - wartość statystyki studenta, $\hat{e}$ - współczynnik autokorelacji, s_{b1} - błąd standardowy oszacowania parametrów b_1 , R - współczynnik korelacji wielorakiej

- 5 - dla pokładu o grubości do 3,5 [m],
- 6 - dla pokładu o grubości do 4,0 [m],
- 7 - dla pokładu o grubości do 4,5 [m].

Projektowany system możemy przypisać zatem do odpowiedniej klasy

S_{kj} 1a

Dalszy tok postępowania można przedstawić na schemacie blokowym (rys. 1). Bardziej szczegółowe rozwiązanie bloków nr IV, V, VI zawiera rysunek 2.

3. Dobór wyposażenia technicznego do określonej grupy wyrobisk

Wśród zasadniczych problemów, którymi zajmuje się projektant wyróżniłyśmy - dobór wyposażenia technicznego. Do elementów ograniczających swobodę projektanta należą:

- zakres pracy poszczególnych elementów wyposażenia technicznego,
- dyspozycyjność tych elementów.

Mając na uwadze ciągłość tego procesu, jak również możliwość rozszerzenia dyspozycyjności przez banki maszyn wskazemy na korzyści płynące ze stosowania algorytmu przydziału do optymalnego rozdysponowania wyposażenia technicznego na poszczególne wyrobiska.

Problem formułujemy w sposób następujący:

W ramach grupy kopalń (moglibyśmy tutaj użyć słowa zjednoczenia bądź zrzeszenia, uważamy jednak, że nomenklatura w tym przypadku nie ma znaczenia) zachodzi konieczność uzbrojenia, np. 7 wyrobisk. Grupa ta dysponuje określonymi zestawami wyposażenia technicznego i należy rozdysponować je w taki sposób, aby sumaryczne wydobycie z tych wyrobisk było najwyższe. Elementem wyjściowym jest opracowanie macierzy wydobycia. Metodologię prognozowania wyników pokazaliśmy we wcześniejszych fragmentach opracowania.

Dla ścisłości dodamy, gdy projektant dysponuje bardziej ścisłymi danymi, może je wprowadzić do macierzy oraz również to, że decydent podejmuje decyzje na podstawie takich informacji, jakimi dysponuje.

Macierz wydobyćia

$W_{wj} \backslash W_{t1}$	W_{t-1}	W_{t-2}	W_{t-3}	W_{t-4}	W_{t-5}	W_{t-6}	W_{t-7}
W_{w-1}	1800	2000	1900	2300	0	2200	1900
W_{w-2}	2300	0	2000	2100	1800	2400	2200
W_{w-3}	2400	1800	2100	2200	2300	2100	1900
W_{w-4}	1900	2400	1800	2100	2300	2000	0
W_{w-5}	2200	2600	2000	2400	2800	2200	2400
W_{w-6}	1800	2100	2300	1900	2200	2000	2200
W_{w-7}	2000	2300	1900	2100	2200	2400	2000
max	2400	2600	2300	2400	2800	2400	2400

gdzie:

W_{t1} - 1-ty typ wyposażenia technicznego $i = 1, 2, \dots, 7$

W_{wj} - j-te wyrobisko wybierkowe $j = 1, 2, \dots, 7$.

Uwaga:

1) dopuszczamy sytuację, że $i \geq j$, tzn. nie będzie takiego wyrobiska, dla którego nie dysponowalibyśmy wyposażeniem technicznym, przy czym może wystąpić nadmiar ilości wyposażenia,

2) dopuszczamy również sytuację, że $W_{t1} = W_{t1+1}$, co oznacza wielokrotność danego typu wyposażenia,

3) zero w macierzy wydobyćia oznacza, że dany typ wyposażenia nie może być stosowany w danym wyrobisku, np. ze względu na wysokość wyrobiska czy kąt nachylenia itp.

Na podstawie macierzy wydobyćia wyznaczamy macierz utraconych możliwości wydobyćia, np. wyposażenia technicznego. Podstawą obliczeń jest różnica pomiędzy największym wydobyćiem, jakie można uzyskać za pomocą tego wyposażenia a wydobyćiem uzyskiwanym za pomocą tego wyposażenia w kolejnym wyrobisku wybierkowym.

$$\max Q_{1j} - Q_{1j} \quad \text{dla} \quad i = \text{const} \quad j = 1, 2, \dots, 7.$$

np.

$$Q_{utr1,1} = 2400 - 1800 = 600$$

$$Q_{utr5,7} = 2800 - 2200 = 600$$

gdyż

$$\max Q_{1,j} = 2400$$

$$\max Q_{5,j} = 2800$$

$$Q_{t1} = 1800$$

$$Q_{5,7} = 2200$$

Macierz utraconych możliwości wydobycia wyposażenia technicznego

W_{t1} W_{wj}	W_{t-1}	W_{t-2}	W_{t-3}	W_{t-4}	W_{t-5}	W_{t-6}	W_{t-7}	min
W_{w-1}	600	600	400	100	2800	200	500	100
W_{w-2}	100	2600	300	300	1000	0	200	0
W_{w-3}	0	800	200	200	500	300	500	0
W_{w-4}	500	200	500	300	500	400	2400	200
W_{w-5}	200	0	300	0	0	200	0	0
W_{w-6}	600	500	0	500	600	400	200	0
W_{w-7}	400	300	400	300	600	0	400	0

Aby uwzględnić również utraconą możliwość wyrobisk wybierkowych, czyli uwzględnić łącznie utraconą możliwość wydobycia wyposażenia technicznego i wyrobisk wybierkowych, kolejno dla każdego wyrobiska wybierkowego znajdziemy najmniejszą wielkość i odejmiemy ją od każdej pozycji określonej dla tego wyrobiska. Otrzymamy w ten sposób macierz utraconych możliwości wydobycia.

Zero w macierzy utraconych możliwości oznacza zerową utraconą możliwość wydobycia i wskazuje miejsce lokalizacji wyposażenia technicznego. Dla prawidłowego rozdyseponowania wyposażenia technicznego musimy mieć tyle zer "niezależnych", ile mamy wyrobisk wybierkowych. Zero niezależne to takie, które występuje tylko raz w danym wierszu, kolumnie a technicznie oznacza, że do wyrobisk może wprowadzić tylko jeden typ wyposażenia i to, że już żadnego innego wyrobiska nie można w nie wyposażyć.

Rozpatrując wyrobisko nr 5, mamy cztery zera, ale tylko jedno z nich jest niezależne, gdyż do tego wyrobiska można wprowadzić tylko jeden komplet.

Poszukiwanie zer niezależnych najkorzystniej rozpocząć od pojedynczych zer w danym wierszu lub kolumnie. Taką sytuację mamy przy wyrobisku numer jeden, do którego należy wprowadzić W_{t-4} . Rozdyseponowanie W_{t-4} do W_{w-1} eliminuje 0 W_{w-5} - W_{t-4} należy go zatem wykreślić.

Pojedyncze zera mamy również w wierszu W_{w-2} - W_{t-6} i W_{w-7} - W_{t-6} . Wróćmy jednak, że W_{t-6} można wprowadzić do W_{w-2} lub W_{w-7} . Tym samym liczba

Macierz utraconych możliwości wydobycia

$W_{wj} \backslash W_{ti}$	W_{t-1}	W_{t-2}	W_{t-3}	W_{t-4}	W_{t-5}	W_{t-6}	W_{t-7}
W_{w-1}	500	100	300	0	2700	100	400
W_{w-2}	100	2600	300	300	1000	0	200
W_{w-3}	0	800	200	200	500	300	500
W_{w-4}	300	0	300	100	300	200	2200
W_{w-5}	200	0	300	0	0	200	0
W_{w-6}	600	500	0	500	600	400	200
W_{w-7}	400	300	400	300	600	0	400

$$\min Q_{utrij} = 200$$

zer niezależnych jest mniejsza od liczby wyrobisk. Aby otrzymać dodatkowe zero niezależne, należy:

- przez elementy zerowe przeprowadzić proste przecinające 1 to w taki sposób, aby możliwie ich najmniejszą liczbę przeciąć wszystkimi zerami,
- wyszukać najmniejszą wielkość nie przeciętą żadną z prostych przecinających,
- wielkość tę odjąć od wszystkich wielkości nie przeciętych żadną z prostych przecinających, dodać do tych wielkości, gdzie proste wzajemnie się przecinają, pozostałe wielkości przepisać bez zmian,
- wyznaczyć zero niezależne.

Jeżeli i tym razem nie otrzymamy wymaganej liczby zer niezależnych, procedurę tę będziemy dalej powtarzać.

$W_{wj} \backslash W_{ti}$	W_{t-1}	W_{t-2}	W_{t-3}	W_{t-4}	W_{t-5}	W_{t-6}	W_{t-7}
W_{w-1}	500	500	300	0	2500	100	200
W_{w-2}	100	2600	300	300	800	0	0
W_{w-3}	0	800	200	200	300	300	300
W_{w-4}	300	0	300	100	100	200	2000
W_{w-5}	400	200	500	200	0	400	0
W_{w-6}	600	500	0	500	400	400	0
W_{w-7}	400	300	400	300	400	0	200

System zer niezależnych wskazujący jak należy rozdysonować wyposażenie techniczne i odpowiadające im wydobywanie.

$$W_{w-2} - W_{t-4} - 2300$$

$$W_{w-2} - W_{t-7} - 2200$$

$$W_{w-3} - W_{t-1} - 2400$$

$$W_{w-4} - W_{t-2} - 2400$$

$$W_{w-5} - W_{t-5} - 2800$$

$$W_{w-6} - W_{t-3} - 2300$$

$$W_{w-7} - W_{t-6} - 2400$$

$$\hline 16800$$

Przy rozdysonowaniu wyposażenia technicznego zgodnie z wyżej przedstawionymi wskaźnikami uzyskujemy możliwie najwyższe sumaryczne wydobywanie 16,800 T/dobę.

Uwaga:

Dla przeciętnie wprawionego w liczeniu pracownika czas obliczeń wynosi kilkadziesiąt minut. Zdaniem autorów fatyga ta jest w pełni opłacalna i efektywna.

4. Zakończenie

Zaprezentowany w opracowaniu schemat postępowania przy projektowaniu eksploatacji wyrobisk wybierkowych ujmuje tylko niektóre aspekty jakże złożonej problematyki. Niemniej jednak zdaniem autorów wskazane kwestie mają zasadniczy wpływ na wyniki uzyskiwane w trakcie realizacji projektów. Zaprezentowane metody obliczeń nie wymagają specjalnego przygotowania i mogą być wykonane przez każdego inżyniera, a szczególnie absolwenta Wydziału Górniczego Politechniki Śląskiej.

W opracowaniu unikano w miarę możliwości rozważań teoretycznych, gdyż autorzy w samym założeniu kierowali pióro dla przedstawicieli przemysłu - ruchowców, a ich pozytywna ocena w pełni by nas satysfakcjonowała.

LITERATURA

- [1] Dorosiński W.C.: Automatyzacja prac w projektowaniu wstępny. [w]; Materiały na Konferencję Naukowo-Techniczną nt. "Automatyzacja prac w projektowaniu". SIMP-PTE-PAN, Poznań 1972.
- [2] Jones J.C.: Metody projektowania. WNT, Warszawa 1977.
- [3] Kolenko J.: Analiza dyskryminacyjna i jej zastosowanie w ekonomii. PWN, Warszawa 1980.
- [4] Lisowski A., Bromowicz R.: Analityczne metody w projektowaniu, budowie i eksploatacji podziemnych kopalń węgla kamiennego. Przegląd Górniczy, Nr 10, 1967.
- [5] Praca zbiorowa pod red. Gasperskiego i in.: Metodologia projektowania inżynierskiego. PWE, Warszawa 1973.
- [6] Muller Y.: Wprowadzenie do nauki organizacji i badań operacyjnych. PWE, Warszawa 1971.
- [7] Potocki Cz., Przybyła H.: Badania operacyjne w górnictwie. Skrypty Uczelnienne Politechniki Śląskiej Nr 906. Gliwice 1980.

Recenzent: Doc. dr inż. Norbert MUSIOŁ

Wpłynęło do Redakcji w styczniu 1983 r.

ПРОБЛЕМА МАКСИМИЗАЦИИ ДОБЫЧИ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫЕМОЧНОЙ ВЫРАБОТКИ

Р е з ю м е

В статье представлено способ выбора параметров выемочной выработки а в том числе технической оснастки и прогноза производительности угольных забоев.

Представленные упрощенные теоретические выкладки а также примеры расчетов должны опосредствовать рационализированию горного производства.

A PROBLEM OF AN OUTPUT MAXIMALIZATION IN THE STAGE OF WORKING HEADINGS DESIGN

S u m m a r y

A way of a parameter choice for the working headings and prediction of a production is presented. Simplified theoretical analyses and an example is given.