ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1987

Seria: GÓRNICTWO z. 159 Nr kol. 932

Henryk PRZYBYŁA
Joachim CZABANKA

Instytut Organizacji i Ekonomiki Górniczej
Politechnika Śląska

EKONOMICZNA OCENA ROZWIĄZAŃ TECHNICZNO-ORGANIZACYJNYCH ŚCIANOWYCH SYSTEMÓW EKSPLOATACYJNYCH

Streszczenie. Reorientacja gospodarki, a w tym również górnictwa węglowego, na rozwiązania proefektywnościowe wymaga stosowania w procesie decyzyjnym rachunku ekonomicznego. Do typowych i powtarzalnych decyzji w każdej kopalni węgla kamiennego należą decyzje związane z typem uzbrojenia technicznego wyrobisk ścianowych. Krótki czas "życia" wyrobiska ścianowego wymusza stosowanie do oceny ekonomicznej rozwiązań innych niż te, które zawarte są w formułach rachunku efektywności inwestycji. W przedmiotowym opracowaniu zaprezentowano ocenę jednokryterialną opartą na granicznym czasie zwrotu różnicy nakładów oraz ocenę wielokryterialną opartą na mierniku rozwoju gospodarczego. Dla formuły granicznego czasu zwrotu różnicy nakładów adoptowanej do problemu oceny rozwiązań techniczno-organizacyjnych w wyrobiskach ścianowych podano składowe elementy nakładów, kosztów i ceny węgla. Dla oceny wielokryterialnej podano procedurę ustalania zbioru ocen cząstkowych oraz formułę przejścia z ocen cząstkowych na ocenę globalną. Rozważanie teoretyczne uzupełniono przykładem zaczerpniętym z praktyki górniczej. Zaprezentowana w pracy możliwa liczba wariantów układów technicznych wskazuje, że projektowanie "wyrobisk ścianowych uzbrojonych" powinno być wielowariantowe, a prezentowane w pracy formuły oceny umożliwiają wybór rozwiązania najkorzystniejszego ze względu na przyjęte kryteria oceny.

1. WPROWADZENIE

Wśród teoretyków i praktyków życia gospodarczego panuje dość powszechne przekonanie o konieczności wdrożenia do praktyki drugiego etapu reformy gospodarczej. Nie wnikając w zakres rzeczowy drugiego etapu, co do którego nie ma jednomyślności, wszyscy podkreślają konieczność uruchomienia mechanizmów wymuszających na wszystkich przedsiębiorstwach wzrost efektywności gospodarowania.

Wydobywanie węgla wymaga stałego odnawiania frontu eksploatacyjnego, w którym dominują ścianowe systemy eksploatacji [5]. Przemysł wydobywczy, w tym również przemysł węglowy, jest niezwykle kapitałochłonny. Wartość wyposażenia technicznego ściany wyraża się w setkach milionów złotych, a wartość dobowego wydobycia, jakie uzyskuje się ze ściany, wyra-

Tablica 1

Możliwa liczba wariantów układów techniczno-organizacyjnych w zależności od kąta nachylenia i wysokości ściany

h (m) wysokość ściany	(Stop) nachylenia							
	10°	12°	14°	20°	24°	30°	34°	56°
3,5	7	7	7	7	6	6	2	2
3,4	11	11	11	11	10	10	4	4
3,3	12	12	12	12	12	12	5	5
3,2	12	12	12	12	12	12	6	6
3,1	14	14	14	14	14	14	7	7
3,0	14	14	14	14	12	12	7	7
2,8	24	21	19	19	17	17	13	13
2,7	28	25	23	23	22	22	18	18
2,6	27	23	23	23	22	22	18	18
2,5	29	26	26	26	25	25	20	20
2,4	27	24	24	24	24	24	19	19
2,2	26	25	25	25	25	25	17	17
2,1	20	19	19	19	19	19	10	10
2,0	10	10	10	10	10	10	5	5
1,8	11	11	10	10	10	10	7	7
1,7	7	7	7	7	7	7	4	4
1,6	9	9	9	9	9	9	7	7
1,5	6	6	6	6	6	6	5	5
1,4	5	5	5	5	5	5	4	4
1,3	4	4	4	4	4	4	1	1
1,0	3	3	3	3	3	3	0	0
0,8	2	2	2	2	2	2	0	0

ża się w milionach złotych. Gdy uwzględnimy, że kopalnie eksploatują coraz niższe poziomy, wzrasta udział wydobycia z pokładów cienkich o coraz większym nachyleniu, skracają się wybiegi ściany, a co za tym idzie, wzrasta liczba bardzo kosztownych przezbrojeń, zasadne wydaje się pytanie: czy można oczekiwać wzrostu efektywności gospodarowania w kopalniach węgla kamiennego?

Dotychczasowa praktyka, szczególnie w zakresie tempa wdrażania do kopalń postępu technicznego, technologicznego i organizacyjnego, skłania do pozytywnej odpowiedzi na tak postawione pytanie.

Źródła rezerw możliwych do uruchomienia tkwią w dalszym doskonaleniu organizacji i wdrażaniu do kopalń postępu ekonomicznego. Jednym z elementów tego postępu może być wykorzystanie kryteriów ekonomicznych przy doborze układów techniczno-organizacyjnych ścianowych systemów eksploatacyjnych. Postęp techniczny w produkcji maszyn i urządzeń tworzących układy techniczne ścianowych systemów eksploata-

cyjnych spowodował między innymi i to, że istnieje kilka lub kilkanaście znacząco różniących się wariantów wyposażenia technicznego konkretnego wyrobiska ścianowego. Dla przykładu zestawiono liczbę wariantów wyposażenia technicznego wyrobisk ścianowych prowadzonych z zawałem stropu.

Z przedstawionych w tablicy 1 liczb wynika, że istnieje możliwość wariantowego projektowania układów technicznych. W celu realizacji postępu ekonomicznego potrzebna jest taka procedura wyboru układu technicznego, w której uwzględnione byłyby wymagania produkcyjne, a wybór układu byłby oparty na kryteriach ekonomicznych. Klasyczny rachunek efektywności inwestycji operuje zbyt długim horyzontem czasowym, aby mógł być stosowany do oceny układów techniczno-organizacyjnych ścianowych systemów eksploatacyjnych. Średnie czasy eksploatacji ściany mieszczą się w przedziale kilku miesięcy. Krótkim horyzontem czasowym, odpowiednim dla ścianowych systemów eksploatacyjnych operuje formuła granicznego czasu zwrotu różnicy nakładów.

2. KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA SYTUACJI DECYZYJNEJ ZWIĄZANEJ Z WYBOREM UKŁADU TECHNICZNO-ORGANIZACYJNEGO DLA KONKRETNEGO WYROBISKA ŚCIANOWEGO

W ujęciu teoretycznym dla scharakteryzowania sytuacji decyzyjnej używa się pięciu etapów, tj.:

I. Rozpoznanie sytuacji problemowej i sformułowanie zadania decyzyjnego.
II. Opracowanie modelu sytuacji decyzyjnej.
III. Rozwiązanie sformułowanego zadania na podstawie odpowiednio dobranych zasad postępowania algorytmicznego, symulacyjnego lub heurystycznego.
IV. Sprawdzenie poprawności uzyskanych rozwiązań w świetle wymogów modelu i ocena realności rozwiązań.
V. Wdrażanie rozwiązań lub modelu i kontrola funkcjonowania systemu według przyjętych rozwiązań.

2.1. Rozpoznanie sytuacji problemowej i sformułowanie zadania decyzyjnego

Aby można było mówić o istnieniu problemu, konieczne i wystarczające jest współistnienie następujących czynników:

- osoba, która stoi wobec problemu (decydent),
- wynik (cel), który jest pożądany przez decydenta,
- co najmniej dwa niejednakowo wydajne sposoby działania, które mogą doprowadzić do pożądanego celu,
- stan wątpliwości u decydenta co do tego, który sposób działania jest "najlepszy",

- środowisko, tj. wszystkie czynniki, które mogą wpływać na wynik, a które nie podlegają sterowaniu decydenta.

Sytuację problemową dla kopalni ustabilizowanej stwarza likwidacja jednej i konieczność uruchomienia innej ściany. Ilość wydobycia z nowo uruchamianej ściany musi być taka, aby sumaryczne wydobycie kopalni było co najmniej równe wydobyciu, jakie jest zawarte w planie wydobycia dal danej kopalni.

Oczekiwaną wielkość wydobycia z nowo uruchamianej ściany można wyznaczyć z poniższej zależności:

$$Q_{ocz} = W_p \cdot Q_{pl} - (\sum_{i=1}^{n} Q_i - Q_{2ik}) \quad \text{T/dobę}$$

gdzie:

Q_{ocz} - oczekiwana wielkość wydobycia węgla z nowo uruchomionej ściany, T/dobę,

W_{pl} - planowany współczynnik przekroczenia planu,

Q_{pl} - planowana dla danej kopalni wielkość wydobycia węgla, T/dobę,

n - liczba wyrobisk eksploatacyjnych,

Q_i - wielkość wydobycia węgla z i-tego wyrobiska eksploatacyjnego, T/dobę,

Q_{1ik} - wydobycie, jakie uzyskiwano ze ściany przewidzianej do likwidacji, T/dobę.

Dla kopalni rozwojowej oczekiwaną wielkość wydobycia można wyznaczyć w zależności:

$$Q_{ocz,t+m} = W_p Q_{pl,t+m} - \sum_{i=1}^{n} Q_i$$

gdzie:

t - czas rozpoczęcia prac projektowanych,

m - okres, jaki jest niezbędny na opracowanie dokumentacji i uruchomienie ściany.

Pozostałe oznaczenia jak poprzednio.

W prezentowanych zależnościach występowały wielkości netto. Wielkość wydobycia brutto jest tym większa, im większy współczynnik zanieczyszczenia węgla w danej ścianie. Reasumując, sytuację problemową stwarza konieczność realizacji planu wydobycia. Plan wydobycia realizuje się przez uruchamianie w miejsce likwidowanych - nowych ścian. Nowo uruchamiane

ściany należy wyposażyć w takie maszyny i urządzenia oraz tak zorganizować w nich proces wydobywczy, aby uzyskiwane z tej ściany wydobycie było co najmniej równe oczekiwanemu, a koszt wydobycia był możliwie najniższy. W ujęciu statycznym istota problemu tkwi zatem we właściwym doborze układu techniczno-organizacyjnego dla nowo uruchamianej ściany. W ujęciu dynamicznym ważne są momenty rozpoczynania i kończenia prac projektowych i dokumentacyjnych oraz prac związanych z uruchamianiem ściany. Prace te powinny być prowadzone tak, aby spełniana była przy możliwie najniższych kosztach relacja:

$$\sum Q_{it} \geq Q_{plt}$$

gdzie:

Q_i - sumaryczne wydobycie węgla,

Q_{pl} - planowana wielkość wydobycia węgla,

t - czas.

Zadanie decyzyjne można zatem sformułować w sposób następujący: dla ściany o znanych parametrach i warunkach otoczenia dobrać taki układ techniczno-organizacyjny, aby oczekiwane wydobycie z tej ściany było uzyskiwane przy możliwie najniższych kosztach.

Zgodnie z tak sformułowanym zadaniem decyzyjnym, rola projektanta sprowadza się do opracowania zbioru znacząco różniących się wariantów rozwiązań techniczno-organizacyjnych - odpowiednich do warunków górniczo-geologicznych i parametrów konkretnej ściany - a każdy z tych wariantów winien zapewniać wydobycie równe co najmniej wydobyciu oczekiwanemu. W tworzeniu wariantów rozwiązań technicznych istotną rolę odgrywają: rodzaj i typ obudowy, rodzaj i typ maszyny urabiająco-ładującej oraz typ przenośnika. Przy tworzeniu wariantów rozwiązań organizacyjnych istotne znaczenie ma system pracy. Zakłada się tutaj, a potwierdza to praktyka, że brygadowe systemy płacy są dobrym samoregulatorem, jeżeli chodzi o obłożenie ściany. Zbiór znacząco różniących się rozwiązań technicznych ograniczony jest dostępnością maszyn i urządzeń i byłby znacznie liczniejszy, gdyby obudowy były w systemie wynajmu. Jest to jednak oddzielny problem i wymaga odrębnych prac i analiz.

2.2. Opracowanie modelu sytuacji decyzyjnej

Mając opracowany zbiór rozwiązań techniczno-organizacyjnych, przystępujemy do wyboru rozwiązania opartego na kryteriach ekonomicznych. Tak jak to już sygnalizowano, do wyboru układu techniczno-organizacyjnego proponuje się formułę granicznego czasu zwrotu różnicy nakładów w postaci:

$$T_{gr} = \frac{N_i - N_{i-1}}{Q_i(G_j - K_{ji}) - Q_{i-1}(G_{j-1} - K_{ji-1})} \quad \text{przy} \quad N_i > N_{i-1}$$

Jeżeli $T_{ekspl.} > T_{gr} > 0$ oznacza to, że i-ty wariant jest korzystniejszy, gdyż $Q_i(G_i - K_{ji}) - Q_{i-1}(G_{i-1} - K_{ji-1}) = \Delta Z > 0$ ($N_i - N_{i-1} = \Delta N > 0$ z założenia), a dodatkowe nakłady ΔN zostaną zwrócone poprzez uzyskanie dodatkowego zysku ΔZ. W tej sytuacji do wdrożenia lub do dalszych obliczeń przyjmujemy i-ty wariant. Jeżeli $T_{gr} < 0$ oznacza to, że $\Delta Z < 0$, czyli dodatkowe nakłady zamiast zysku przynoszą straty. Wówczas do dalszych obliczeń lub do wdrożenia przyjmujemy wariant i-1.

Użyte w formule T_{gr} symbole oznaczają kolejno:

T_{gr} - graniczny czas zwrotu różnicy nakładów (doba),

N - nakłady związane z układem technicznym (zł),

i-i-1 - numery kolejnych wariantów rozwiązań T-O,

C_j - cena jednostkowa węgla (zł/T),

K_j - koszt jednostkowy wydogycia (zł/T),

Q - wydobycie węgla (T/dobę),

T_{ekspl} - czas eksploatacji ściany (doba).

$$T_{ekspl} = \frac{L}{P_i}$$

gdzie:

L - wybieg ściany (m),

P_i - postęp ściany przy i-tym wariancie (m/dobę).

2.3. Rozwiązanie sformułowanego zadania na podstawie odpowiednio dobranych zasad postępowania algorytmicznego, symulacyjnego lub heurystycznego

Do obliczenia granicznego czasu zwrotu różnicy nakładów konieczny jest zbiór informacji charakterystycznych dla rozpatrywanych układów techniczno-organizacyjnych. Poniżej przedstawiono procedury obliczeniowe i sposoby pozyskiwania danych jakie są niezbędne do wyznaczania granicznego czasu zwrotu różnicy nakładów, a tym samym do eliminacji mniej efektywnych rozwiązań techniczno-organizacyjnych ścianowych systemów eksploatacyjnych.

2.3.1. Nakłady

Podstawowy składnik nakładów N stanowi cena zakupu C_z, którą można uzupełnić kosztami transportu

$$N = \sum_{i=1}^{p} n_i C_{zi} + \sum_{i=1}^{p} K_{tri}$$

gdzie:

i = 1,2,...,p - rodzaj maszyny czy urządzenia,

n - liczba maszyn czy urządzeń danego rodzaju,

C_z - cena zakupu (zł),

K_{tr} - koszty transportu (zł).

2.3.2. Wydobycie

Przy wyznaczaniu wydobycia dobowego (węgla handlowego) możemy korzystać z jednego z trzech źródeł:

a) systemu (IOS) indywidualne obszary statystyczne,
b) doświadczeń kopalni,
c) wzorów analitycznych:

$$Q_d = \gamma \cdot l \cdot h \cdot p \cdot \eta \qquad (T/dobę)$$

gdzie:

l - długość ściany (m),
γ - ciężar właściwy węgla (T/m^3),
h - wysokość ściany (m),
p - postęp ściany (m/dobę),
η - współczynnik strat przeróbczych.

Dokładne opisy procedur analitycznych dla różnego typu maszyn urabiających prezentowane są w pracach M. Kozdrója.

2.3.3. Cena jednostkowa

$$C_j = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{n} \alpha_i \cdot C_i \cdot K \qquad (zł/T)$$

gdzie:

i - rodzaj sortymentu,
C_i - cena urzędowa na dany sortyment (zł/T),
α_i - wypad i-tego sortymentu,
K - współczynnik korygujący.

Koszt jednostkowy

$$K_j = K_{ju} + K_{jb} + K_{jp} \qquad (zł/T)$$

gdzie:

K_{ju} - jednostkowe koszty związane z wprowadzeniem do ściany rozpatrywanego układu technicznego,

K_{jb} - jednostkowy koszt bezpośredni związany z eksploatacją danej ściany,

K_{jp} - jednostkowy koszt pośredni, charakterystyczny dla danej kopalni,

$$K_{ju} = K_{jtmr} + K_{jatmr}$$

gdzie:

$$K_{jtmr} = \frac{1}{Q_d \cdot T_{eksp}} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} P_{ij} \cdot S_{ij} \qquad (zł/T)$$

gdzie

i - rodzaj prac wykonywanych w czasie transportu, montażu i rozruchu,

j - czas trwania określonego rodzaju prac (doba),

p - pracochłonność określonego rodzaju czynności (pracowniko dni),

S - stawka wraz z narzutami związana z rozpatrywanym rodzajem prac.

$$K_{jatmr} = \frac{T}{Q_d \cdot T_{eksp1}} \sum_{j=1}^{m} n_j \cdot S_{aj} \qquad (zł/T)$$

gdzie:

T - czas trwania transportu, montażu i rozruchu układu techniczno-organizacyjnego (doba),

S_{aj} - stawka amortyzacji dla j-tego urządzenia,

n_j - liczba maszyn j-tego rodzaju

$$K_{jb} - K_{jba} + K_{jrob} + K_{jbma} + K_{jbe} \qquad (zł/T)$$

$$K_{jb} = \frac{1}{Q_d} \sum_{j=n}^{m} n_j \cdot S_{aj}$$

$$K_{jrob} = \frac{1}{Qd} \sum_{i=1}^{r} n_i \cdot P_i$$

gdzie:

n - liczba pracowników i-tego zawodu,

p_i - średnia płaca w i-tym zawodzie wraz z narzutami

$$K_{jbmot} = \sum_{i=1}^{l} n_{oi} \cdot C_i$$

gdzie:

n_{oi} - norma zużycia n i-ty rodzaj materiału,

C_i - cena i-tego rodzaju materiału,

l - liczba używanych materiałów

$$K_{jbe} = \frac{1}{Q_d} \sum_{i=1}^{m} n_i \cdot W_m \cdot m_{ui} \cdot C_{je} \cdot T_i$$

gdzie:

n_i - liczba maszyn i-tego rodzaju,

W_m - wskaźnik wykorzystania mocy,

m_{ui} - zainstalowana moc w i-tej maszynie (kW),

C_{je} - cena jednostkowa energii zł/kWh,

T_i - czas pracy i-tego urządzenia (godzina),

K_{jP} - przyjmujemy z ewidencji księgowej kopalni.

2.3.4. Przykład

Dla wyrobiska ścianowego X prowadzonego w pokładzie Y należy opracować znacząco różniące się warianty rozwiązań techniczno-organizacyjnych.

Parametry ściany:

- długość l = 180 m,
- wysokość h = 2,0-2,6 m (średnia 2,3 m),
- kąt nachylenia = 10-20°,
- wybieg L = 980 m,
- przewidywany czas przebywania w ścianie 350 min.

W przygotowanej do wybierania ścianie nie przewiduje się żadnych zagrożeń, a ściana prowadzona będzie z zawałem stropu. Dla przygotowanej ściany, po uwzględnieniu stanu posiadania maszyn i urządzeń technicznych, projektant zaproponował trzy znacząco różniące się warianty rozwiązań techniczno-organizacyjnych.

	Wariant I	Wariant II	Wariant III
Obudowy	Fazos 15/31-Oz	Pioma 18/37-Oz	Stojaki SHC-40 Stropnice SCG-51

Dla każdego wariantu pozostałe wyposażenie będą stanowiły:

- kombajn KWB-3RDU,
- przenośnik Rybnik 73,
- stacja zasilania AZW-4,
- kołowrót bezpieczeństwa KBH-6,
- oświetlenie SWIT,
- urządzenie głośnomówiące GSC-1,
- wyłączniki, kable, przesuwniki HPP - dla wariantu III.

W ścianie będzie stosowany czterozmianowy system pracy w układzie - trzy zmiany wydobywcze, jedna konserwacyjno-przygotowawcza.

Po zebraniu informacji i wykonaniu obliczeń według zaproponowanych formuł projektant zestawił wyniki w tablicy 2.

Tablica 2

Wyniki obliczeń

Rodzaj wyniku	Jednostka miary	Wariant I	Wariant II	Wariant III
Nakłady	mln zł	124,-	177,-	31,3
Wydobycie	t/dobę	1100	1200	900
Cena	zł/t	3590	3590	3590
Koszt jednostkowy	zł/t	846,2	803,-	960,-
Postęp	m/dobę	6,3	7	5,2

$$T_{gr\ II/I} = \frac{177000000 - 124000000}{1200(3590-803) - 1100(3590-846,2)} = 163 \text{ dni}$$

$$T_{II} = \frac{980}{7} = 140 \text{ dni}; \quad T_{I} = \frac{980}{6,3} = 154 \text{ dni}$$

Ponieważ $T_{gr\ II/I} = 163 > T_{II} = 140$, do dalszych obliczeń wchodzi wariant I.

$$T_{gr\ I/III} = \frac{124000000 - 31300000}{1100(3590-846,2) - 900(3590-960)} = 191 \text{ dni}$$

$$T_{III} = \frac{980}{5,2} \cong 189 \text{ dni}$$

Ponieważ $T_{gr\ I/III} = 191 > T_{I} = 154$, dla wdrożenia wchodzi wariant III.

Reasumując, można stwierdzić, że ze względu na graniczny czas zwrotu różnicy nakładów najkorzystniejszy jest wariant z obudową indywidualną.

3. WIELOKRYTERIALNA OCENA ROZWIĄZAŃ TECHNICZNO-ORGANIZACYJNYCH ŚCIANOWYCH SYSTEMÓW EKSPLOATACYJNYCH

Przedstawiona procedura wyboru wariantu rozwiązania techniczno-organizacyjnego ścianowych systemów eksploatacyjnych polega na eliminacji ze zbioru rozwiązań zapewniających uzyskanie oczekiwanego wydobycia tych rozwiązań, które charakteryzują się długim czasem zwrotu różnicy nakładów, a tym samym są mniej sprawne w sensie ekonomicznym. Jako pierwszy do obliczeń wchodzi wariant o najwyższych nakładach. Prowadzone przez autorów badania wśród osób wyższego dozoru górniczego wykazały, że przy wyborze układu techniczno-organizacyjnego należy stosować ocenę wielokryterialną.

Prace te powinny przebiegać w trzech charakterystycznych etapach:

- etap pierwszy to określenie potencjalnego zbioru znacząco różniących się rozwiązań technicznych, przy czym każdy z tych układów stwarza szansę uzyskania wydobycia co najmniej równego oczekiwanemu,
- etap drugi to tworzenie układów techniczno-organizacyjnych spojnych z organizacją pracy w pozostałych ogniwach procesu produkcyjnego kopalni. Układ organizacyjny powinien zawierać w sobie rezerwę możliwą do uruchomienia w przypadku wystąpienia większych zakłóceń w wydobyciu,
- etap trzeci to tworzenie zbioru ocen cząstkowych i systemu preferencji oraz wybór jako taki.

Istnieje dość powszechne przekonanie, że w zbiorze ocen cząstkowych powinny wystąpić takie elementy, jak:

- wielkość wydobycia (średnia arytmetyczna),
- odchylenie standardowe jako miara rozproszenia wyników wokół wyniku średniego,
- obłożenie ściany,
- bezpieczeństwo pracy,
- komfort pracy.

Część badanej kadry sugerowała również czas zwrotu nakładów. Z przeprowadzonych badań wynika również, że nie można jednoznacznie określić znaczeń i systemu preferencji poszczególnych ocen cząstkowych dla wyrobisk wybierkowych. System znaczeń czy preferencji dla ocen cząstkowych zależy od konkretnej sytuacji rozpatrywanej kopalni. Można go wyznaczyć tylko dla danej kopalni i konkretnej sytuacji decyzyjnej. Zmiana sytuacji decyzyjnej powoduje zmiany zarówno w systemie ocen cząstkowych, jak i w systemie preferencji.

3.1. Preferowane metody optymalizacji wielokryterialnej

Metody oparte na funkcji użyteczności polegają na zastąpieniu wielu kryteriów nowym kryterium, zwanym funkcją użyteczności.

$$U[f_1(X), f_2(X), \ldots, f_k(X)]$$

taką, że

$$U[F(x)] \; U[F(xo)] \Longleftrightarrow$$

gdy rozwiązanie X jest nie gorsze niż Xo.

Najczęściej spotykaną w literaturze funkcją użyteczności jest suma ważona

$$\sum_{l=1}^{k} W_e \cdot f_e(X)$$

gdzie $W_l > 0$ $(l = 1,2,\ldots,k)$ są współczynnikami wagowymi.

Jest to funkcja addytywna, której składowe są użytecznościami cząstkowymi

$$U_l[f_l(X)] = W_l \cdot f_l(X)$$

Warunkiem poprawnego stosowania globalnego modelu preferencji decydenta jest stałość współczynników substytucji

$$\frac{W_l}{W_r} = \text{constans} \quad l,r = 1,2,\ldots,k$$

oraz warunek wzajemnej niezależności kryteriów w sensie preferencji.

Metody funkcji dystansowej. Przy stosowaniu funkcji dystansowej zakłada się, że realną informację, jaką można uzyskać apriori od decydenta, są docelowe wartości kryteriów, tworzące pewien punkt odniesienia. Naturalnym dążeniem jest wtedy znalezienie w zbiorze D takiego rozwiązania kompromisowego, którego obraz w przestrzeni kryteriów leży "możliwie najbliżej" wyznaczonego punktu odniesienia. Decydent musi zatem dysponować pewną miarą odległości w przestrzeni kryteriów, zwaną funkcją dystansową. Często stosowaną funkcją dystansową jest norma L_p zdefiniowana w następujący sposób:

$$L_p(x) = \left\{ \sum_{l=1}^{k} \left[\frac{M_l - f_l(x)}{S_l} \right]^p \right\}^{1/p} \quad \text{dla } p = 1,2,\ldots$$

gdzie:

$$M_l = \max_{X \in D} [f_l(X)] \qquad l = 1,2,\ldots,k$$

S_l - współczynniki zapewniające porównywalność poszczególnych składników sumy. Zazwyczaj $S_l = M_l$.

Programowanie celowe. Funkcja dystansowa może być również zdefiniowana jako funkcja pewnego rodzaju kary za odchylenie poniżej i powyżej wartości docelowych. Problem minimalizacji takiej funkcji przy ograniczeniach $X \in D$ nazywa się problemem programowania celowego. W programowaniu celowym typową funkcją dystansową jest ważona suma bezwzględnych odchyleń od docelowych wartości kryteriów.

Miernik rozwoju. Pierwszy etap polega na wyznaczeniu abstrakcyjnego punktu P_o o współrzędnych $\{x_{o1}, x_{o2}, \ldots, x_{ol}\}$ spełniających następujące warunki:

$x_{oj} = \max x_{ij}$ gdy $j \in S$ S - zbiór stymulant

$x_{oj} = \min x_{ij}$ gdy $j \in D_e$ D_e - zbiór destymulant

Odległość pomiędzy poszczególnymi punktami P_i a punktem P_o obrazującym wzorcowe rozwiązanie oblicza się według wzoru

$$C_{io} = \sqrt{\sum_{j=1}^{m} \alpha_i (x_{ij} - x_{oj})^2}$$

gdzie:

x_{ij} - unormowane współrzędne punktu P_i,

α_j - znaczenie j-tej oceny cząstkowej.

Miernik rozwoju m_i obliczamy wg wzoru

$$m_i = 1 - \frac{C_{io}}{C_o}$$

$$C_o = \max C_{io}$$

$$0 \leqslant m_i \leqslant 1$$

Obiekt jest tym bardziej rozwinięty, im bardziej wartość jego miany zbliża się do jedności.

3.2. Wybór układu techniczno-organizacyjnego oparty na mierniku rozwoju m_i

Przeprowadzone przez autorów badania w kopalni "K", dla której opracowano warianty rozwiązań techniczno-organizacyjnych wykazały, że zbiór ocen cząstkowych stanowią: wydobycie, nakłady, koszty materiałowe, obłożenie ściany, komfort pracy i bezpieczeństwo pracy z danym układem technicznym. Z uwagi na to, że w zbiorze ocen cząstkowych wystąpiły cechy

jakościowe, wykorzystując procedurę badania zgodności sądu ekspertów ustalono dla tych cech wielkości liczbowe. Stosując procedurę badania sądu i zgodności sądu ekspertów wyznaczono znaczenia dla każdej oceny cząstkowej. Obliczone wskaźniki konkordacji były istotne na przyjętym poziomie istotności 0,05.

Dane liczbowe do rozpatrywanych wariantów zestawiono w tablicy 3.

Tablica 3

Dane liczbowe

Zbiór ocen cząstkowych	Jednostka miary	Znaczenia	Wariant I	Wariant II	Wariant III
Wydobycie	t/d	0,36	1100	1200	900
Nakłady	mln zł	0,15	124,-	177,-	31,3
Koszty materialne	zł/T	0,08	720,-	677,-	694,-
Obłożenie	os/d	0,20	67,-	78,-	140,-
Bezpiecz. pracy	j.b.	0,12	45,-	44,-	11,-
Komfort pracy	j.b.	0,09	65,-	22,-	13,-

Dla ocen cząstkowych przeprowadzono normowanie według formuł:

$$x_{iu} = \frac{x_i}{x_{imax}} \qquad x_i \in S$$

$$x_{iu} = \frac{x_{imin}}{x_i} \qquad x_i \in D_e$$

Unormowane dane liczbowe przedstawiono w tablicy 4.

Tablica 4

Zbiór cen cząstkowych	Znaczenia	Wariant I	Wariant II	Wariant III
Wydobycie	0,36	0,917	4,000	0,750
Nakłady	0,15	0,252	0,177	1,000
Koszty materialne	0,08	0,940	1,000	0,976
Obłożenie	0,20	1,000	0,859	0,479
Bezpiecz. pracy	0,12	1,000	0,978	0,224
Komfort pracy	0,09	1,000	0,338	0,200

$C_{oI} = 0,294;$ $C_{oII} = 0,381;$ $C_{oIII} = 0,451$

$m_I = 0,348;$ $m_{II} = 0,155;$ $m_{III} = 0,0$

Biorąc pod uwagę zbiór ocen cząstkowych i odpowiadający im zbiór znaczeń z punktu widzenia miernika rozwoju, za najkorzystniejszy należy uznać wariant I, tj. wariant z obudową Fazoe 15/31-Oz.

4. ZAKOŃCZENIE

Zaprezentowane w pracy metody wyboru układu techniczno-organizacyjnego oparte na kryteriach ekonomicznych lub techniczno-ekonomicznych umożliwiają uszeregowanie wariantów według "dobroci" rozwiązań. Warunkiem dostatecznym ich stosowania jest odpowiedni zbiór znacząco różniących się rozwiązań technicznych. Zbiór ten ograniczony jest "dyspozycyjnością" maszyn i urządzeń tworzących układy techniczne i zdaniem autorów, byłby bardziej liczny, gdyby obudowy były również w systemie wynajmu. Zestawiając wysokość nakładów na uzbrojenie techniczne ścian oraz ryzyko związane z tym wyborem wg proponowanej metody, wraz z kosztem i czasem wykonania proponowanych obliczeń, uważamy, że prezentowane metody mogą z powodzeniem być stosowane w praktyce górniczej.

LITERATURA

1. Konarzewska-Gubała E.: Programowanie przy wielorakości celów. PWN, Warszawa 1981.
2. Kryński H.: Zastosowanie matematyki w ekonomii. PWN, Warszawa 1975.
3. Metody i modele ekonomiczno-matematyczne w doskonaleniu zarządzania gospodarką socjalistyczną. Praca zbiorowa pod red. W. Welfe. PWN, Warszawa 1981.
4. Przybyła H.: Wybrane problemy wielowymiarowej analizy porównawczej w odniesieniu do zagadnień górniczych. ZN Pol. Śl., s. Górnictwo z. 139, Gliwice 1985.
5. Przybyła H.: Projektowanie układów techniczno-organizacyjnych odnowy frontu eksploatacyjnego w KWK. Praca niepublikowana.
6. Słowiński R.: Przegląd metod wielokryterialnego programowania liniowego. Przegląd Statystyczny 1984, nr 1-2.
7. Wierzbicki A.: Optymalizacja przy wielu wskaźnikach jakości. Modele systemowe społeczno-ekonomiczne rozwoju kraju. PWN, Warszawa 1978.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Jan STACHOWICZ

Wpłynęło do Redakcji w lutym 1987 r.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ОРГАНИЗАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ЛАВОВЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Р е з ю м е

Ориентирование народного хозяйства, а также и горной угольной промышленности на более высокую эффективность, требует применения экономического расчёта. К типичным и повторяющимся проблемам в каждой шахте относятся проблемы типа - решение технической арматуры лавовых выработок.

Короткое время "жизни" лавовых выработок требует применения для экономической оценки решений, отличающихся от решений содержащихся в формулах эффективности инвестиций.

В подробной разработке представлена однозначная оценка основанная на граничном времени возврата. разницы издержек, а также многозначная оценка на основе показателя нородно-хозяйственного развития. Для формулы граничного времени возврата разницы издержек, адаптированной для проблемы оценки технико-организационных решений в лавовых выработках даны составные элементы издержек, расходов и цен угля. Для многозначной оценки дана процедура определения множества частичных оценок, а также переходная формула от частичных оценок к основной оценке. Теоретические рассуждения дополнены примером из горной практики. Представленное в работе возможное число вариантов технических систем показывает, что проектирование и арматурных и лавовых выработок должно быть многовариантным, а представленные в работе формулы оценки дают возможность выбора наиболее выгодного решения с точки зрения принятого критерия оценок.

ECONOMICAL ESTIMATION OF TECHNICAL-ORGANIZATIONAL SOLUTTIONS OF MINING LONGWALL SYSTEMS

S u m m a r y

To make economic, the coal-mining industry included, investmente efficient, one should apply cost-benefit-loss account while making decisions in every mine are those regarding the type of technical equipment of longwall excavations. Short "lifetime" of a longwall excavation is one reason why it is necessary to use different means from those contained in the investment effectivenes account in economical estimation.

The paper presents one criterion estimation based upon the limiting payont time as well as a multi-criteria estimation based upon an economic development rate.

For the formula of the limiting payont time adopted to evaluate the technical-organizational solution at longwall excavations, such components as outlay, costs and price of coal have been supplied. For a multi-criteria estimation, the procedure to arrive at the set of partial estimations, and a formula of switching form partial estimations to a global one have been given. The theoretical considerations are supported by an example taken from mining experiens. The number of possible alternative technical systems shown in the paper indicates that designing of eqipped longwall excavations should be diversified, and choise of the most advantegeans measures according to the accepted criteria of evaluating.