ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1986
Seria: AUTOMATYKA z. 85 Nr kol.895

Ryszard Kabat
Henryk Wojtkiewicz
Politechnika Wrocławska

KOMPUTEROWO WSPOMAGANE KIEROWANIE PROCESEM EKSPLOATACJI PIĘTRA URABIANEGO WIELONACZYNIOWĄ KOPARKĄ KOŁOWĄ W KOPALNI WĘGLA BRUNATNEGO

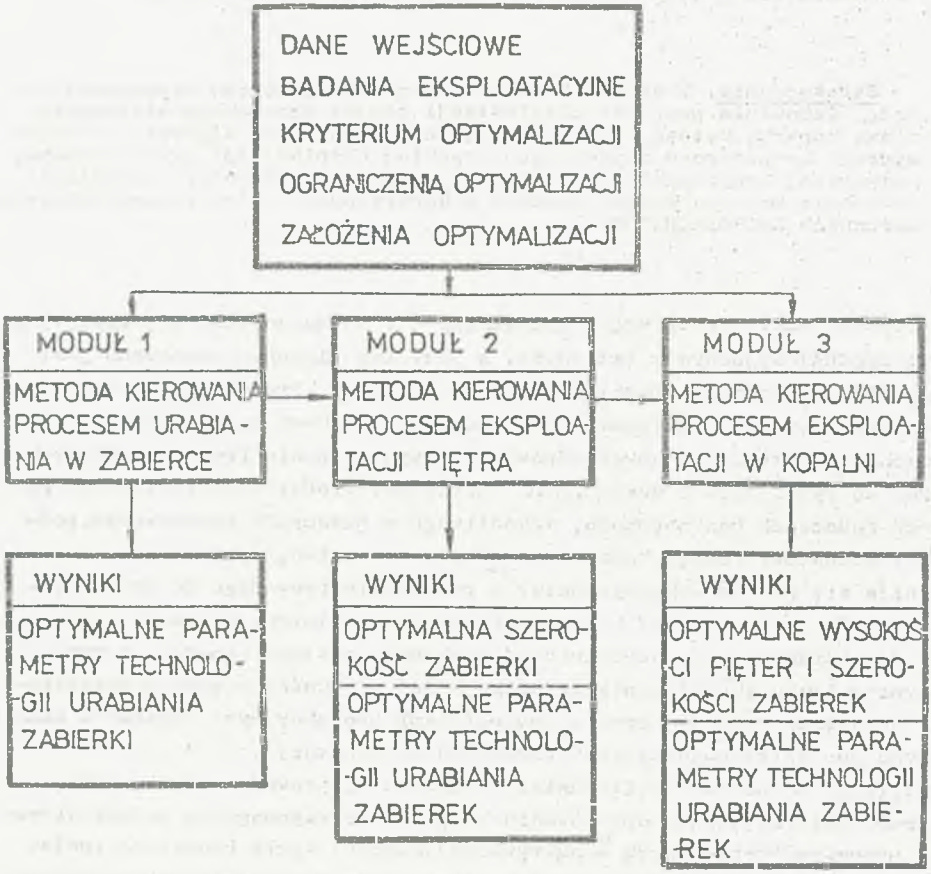
Streszczenie. W artykule przedstawiono komputerowo wspomaganą metodę kierowania procesem eksploatacji piętra urabianego wielonaczyniową koparką kołową. Podano specjalnie opracowany algorytm, a także wydruki komputerowe zawierające przebieg eksploatacji przy ustalonej optymalnej szerokości zabierki oraz optymalne parametry technologii urabiania koparką kołową SRs2000 w konkretnych geologiczno-górniczych warunkach KWB"BEŁCHATÓW".

W kopalni odkrywkowej węgla brunatnego o strukturze wielopiętrowej/jak np.KWB BEŁCHATÓW/jednym z istotnych, a przy tym złożonym problemom jest kierowanie procesem eksploatacji każdego z pięter. Proces eksploatacji powinien być prowadzony w sposób gwarantujący jednakowy postęp koparek w piętrach, co pozwala zachować odpowiednie wyprzedzenia frontów roboczych, a przez to rytmicznie i harmonijnie przesuwać środki transportowe na poziomach roboczych bez zbędnego, szkodliwego w przemyśle wydobywczym, pośpiechu. Jednakowy postęp koparek pozwala także uniknąć przestojów maszyn /co odbija się na ich wykorzystaniu/ w rezultacie prowadząc do zmniejszenia zdolności produkcyjnej kopalni. Praktyka kopalniana wskazuje, że istnieją duże trudności z zachowaniem jednakowego postępu koparek, a wynikającymi z braku skorelowania założonych już wysokości pięter z uzyskiwanymi, dodatkowo nieoptymalnymi, zdolnościami produkcyjnymi koparek w konkretnych geologiczno-górniczych warunkach eksploatacji.
W Instytucie Górnictwa Politechniki Wrocławskiej prowadzi się od kilku lat prace zmierzające do opracowania komputerowo wspomaganej metody kierowania procesem eksploatacji w odkrywkowej kopalni węgla brunatnego, polegającej na ustaleniu globalnych /dla całego pola eksploatacyjnego/optymalnych parametrów urabianych pięter /tzn. ich wysokości i szerokości zabierek/ oraz lokalnych /dla każdego konkretnego usytuowania koparki w polu/ optymalnych parametrów technologii pracy koparki w zabierce.
Metoda ta, zawierająca elementy znane w optymalizacji pod nazwą "Systematycznego przeszukiwania", oparta jest na analizie wszystkich technicznie możliwych wariantów przebiegu procesu eksploatacji, a przez to wymaga kom-

putorowego wspomagania.

Realizowana jest ona modułowo /rys.1/, przy czym:

- Moduł 1: "Metoda kierowania procesem urabiania w zabierce",
- Moduł 2: "Metoda kierowania procesem eksploatacji piętra",
- Moduł 3: "Metoda kierowania procesem eksploatacji w kopalni".



Rys.1. Struktura modułowa metody kierowania procesem eksploatacji w odkrywkowej kopalni węgla brunatnego.

Fig.1. Modular structure of the method of control of mining in a brown coal mine.

Dotychczas opracowano dwa pierwsze moduły metody dla wielonaczyniowych bezwysuwowych koparek kołowych, a więc koparek powszechnie stosowanych w krajowych odkrywkowych kopalniach węgla brunatnego. Moduł pierwszy [1,2] został już praktycznie zastosowany do ustalenia optymalnych parametrów urabiania zabierek koparką SchRs900 w kopalni "LUBSTÓW", pozwalających operatywnie kierować jej pracą.
Przedmiotem niniejszego artykułu jest moduł drugi, którego algorytm przedstawiono na rys.2.
Zastosowanie opracowanej metody modułu 2 wymaga zrealizowania szeregu czynności w następującej po sobie kolejności:
- ustalenie danych wejściowych,
- ustalenie kryterium, ograniczeń i założeń optymalizacji,
- badania eksploatacyjne koparki,
- komputerowa realizacja oprogramowanego algorytmu.

Niezbędnymi danymi wejściowymi są:
- dane techniczne i parametry konstrukcyjne koparki,
- struktura geologiczna i parametry geometryczne piętra w polu eksploatacyjnym,
- granice pola eksploatacyjnego,
- parametry i założenia technologii eksploatacji,
- współczynniki wypełnienia naczyń gruntami z pola eksploatacyjnego,
- geotechniczne uwarunkowania pracy koparki.

Jako kryterium optymalizacji przyjmuje się wskaźnik postępu frontu eksploatacyjnego wyrażający się zależnością:

$$W = \frac{T}{P} \Longrightarrow \min, \qquad /1/$$

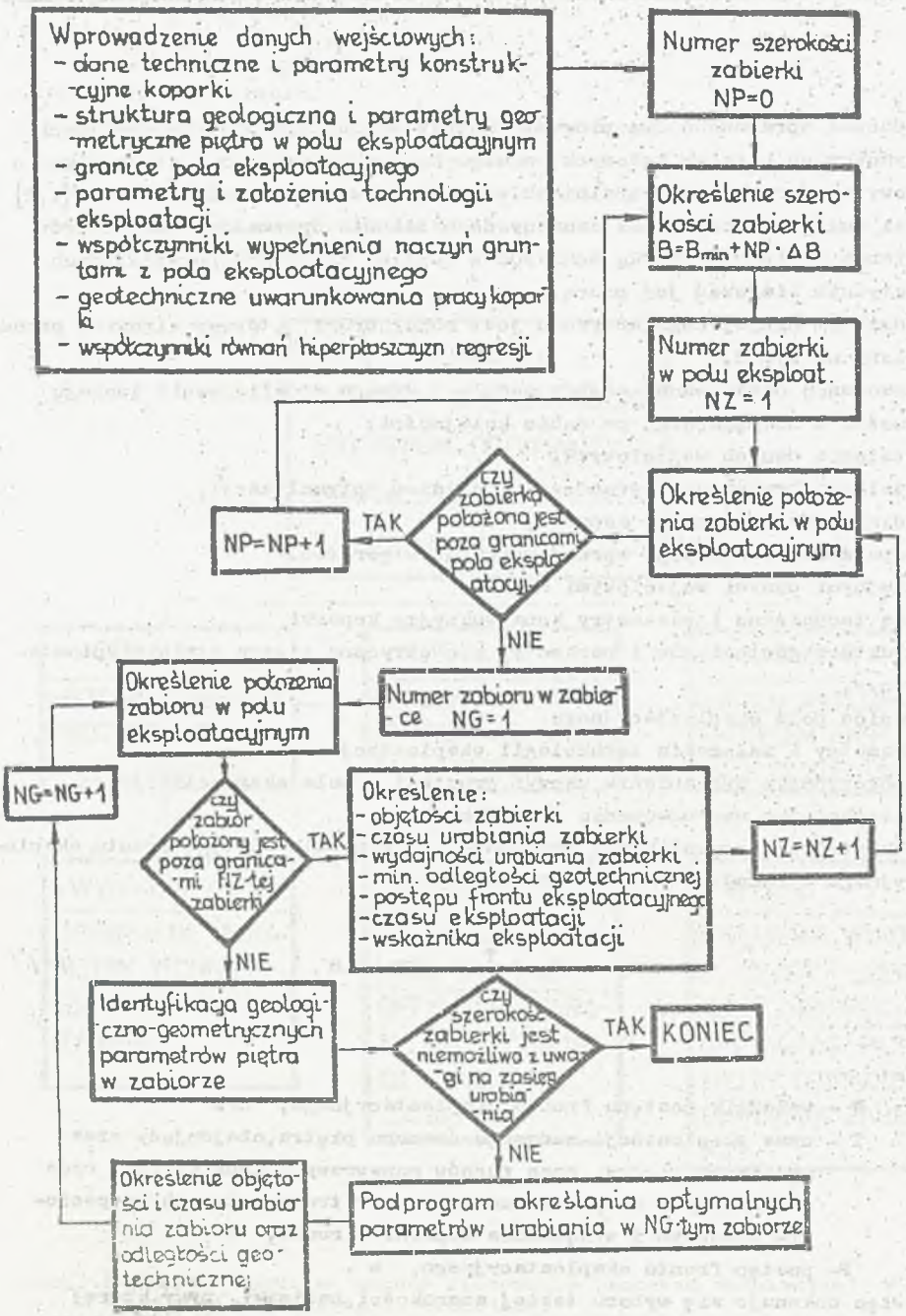
gdzie:

W - wskaźnik postępu frontu eksploatacyjnego, h/m

T - czas eksploatacji zadanego obszaru piętra, obejmujący czas urabiania piętra, czas ruchów manewrowych koparki oraz czas przeznaczony na przesuwanie środków transportowych na poziomie roboczym i wyłączenie koparki z ruchu, h

P - postęp frontu eksploatacyjnego, m .

Tak więc dokonuje się wyboru takiej szerokości zabierki, przy której wskaźnik W osiąga wartość minimalną, tzn. gdy potrzeba najmniej czasu, aby przesunąć front eksploatacyjny o jednostkę długości /w tym przypadku o 1 m/.



Rys. 2. Algorytm optymalizacji szerokości zabierki

Fig. 2. The algorithm of optimization of width of a shortwall

Ograniczeniami optymalizacji są:

- nieprzekraczanie mocy nominalnej silnika napędowego koła naczyniowego koparki N_{nom}, średnim jego obciążeniem podczas urabiania $N_{śr}$, tj.:

$$N_{śr} \leqslant N_{nom} \qquad /2/$$

- nieprzekraczanie zadanego procentu mocy nominalnej silnika napędowego koła naczyniowego koparki, maksymalnym jego obciążeniem podczas urabiania N_{max}, tj.:

$$N_{max} \leqslant 1,6 \cdot N_{nom} \qquad /3/$$

- nieprzekraczanie maksymalnego wypełnienia naczyń, objętością wióra V_w, tj.:

$$V_w \leqslant k_r \cdot V_n \qquad /4/$$

gdzie:

k_r - współczynnik wypełnienia naczyń calizną,

V_n - objętość naczynia koła naczyniowego koparki, m^3.

Przyjęto także następujące założenia optymalizacji:

- nie uwzględnia się strat wydajności związanych z rozruchem i hamowaniem wysięgnika urabiającego,
- nie uwzględnia się dodatkowego czasu związanego z rozruchem i hamowaniem mechanizmów jazdy koparki.

Badania eksploatacyjne koparki są źródłem uzyskania danych empirycznych niezbędnych do określenia wielorakich zależności regresyjnych /tj.współczynników równań hiperpłaszczyzn regresji/ pomiędzy średnim i maksymalnym obciążeniem silnika napędowego koła naczyniowego koparki, a geometrycznymi parametrami urabianego wióra /dla każdego rodzaju gruntu i ich ewentualnych kontaktów/, tzn:

$$N_{śr} = A_1 \cdot h + A_2 \cdot g + A_3 \cdot s + A_4 \qquad /5/$$

$$N_{śr} = B_1 \cdot h_1 + B_2 \cdot h_2 + B_3 \cdot g + B_4 \cdot s + B_5 \qquad /6/$$

$$N_{max} = C_1 \cdot h + C_2 \cdot g + C_3 \cdot s + C_4 \qquad /7/$$

$$N_{max} = D_1 \cdot h_1 + D_2 \cdot h_2 + D_3 \cdot g + D_4 \cdot s + D_5, \qquad /8/$$

gdzie:

h, g, s - odpowiednio: wysokość, grubość i szerokość wióra, m

h_1, h_2 - odpowiednio: miąższość każdego z dwóch rodzajów gruntów w wiórze, m

$A_i .. D_i$ - współczynniki równań hiperpłaszczyzn regresji.

Opracowana metoda została zastosowana do ustalenia optymalnej szerokości zabierki urabianej koparką SRs2000 pracującej na poziomie roboczym +23 m.n.p.m. w KWB"BELCHATÓW" /dla pola eksploatacyjnego o postępie ~1600 m/.

Oprogramowany w języku FORTRAN algorytm zrealizowano komputerowo i konsekwencją tego było otrzymanie wydruku /rys.3/ zawierającego przebieg eksploatacji dla optymalnej szerokości zabierki, równej w tym przypadku 61 m.

Podano także dodatkowy wskaźnik oceniający bezpieczną pracę koparki, a mianowicie GEOT. STOSUNEK, który jest ilorazem odległości od dolnej krawędzi podwozia koparki do górnej krawędzi skarpy oraz wysokości skarpy. Dla tak ustalonej szerokości zabierki określono następnie optymalne parametry technologii urabiania dla każdego usytuowania koparki różniącego się strukturą geologiczną urabianego piętra oraz jego wysokością, korzystając z oprogramowanego algorytmu modułu 1 [3] .

Przykładowy wydruk komputerowy tych parametrów podano na rys.4 i 5. Na wydruku tym podane są odpowiednio:

NR - numer stopnia,

WYS - wysokość stopnia, m

OS - wysokość położenia, nad poziomem roboczym, osi koła naczyniowego, m ,

GRUB - grubość pasma w osi jazdy koparki, równa dojazdowi koparki, m

WEW - wewnętrzny kąt obrotu wysięgnika, °

KAW - pośrednie kąty /od zera do "WEW"/, przy których następuje skokowa zmiana prędkości obrotu wysięgnika, °

PREW - prędkości obrotu wysięgnika w wewnętrznej części zabierki, m/min

ZEW - zewnętrzny kąt obrotu wysięgnika, °

KAZ - pośrednie kąty /od zera do "ZEW"/, przy których następuje skokowa zmiana prędkości obrotu wysięgnika, °

PREZ - prędkości obrotu wysięgnika w zewnętrznej części zabierki, m/min

Podano także wskaźnik dynamiki procesu /"DYNAMIKA"/ będący ważonym względem czasu urabiania ilorazem maksymalnego i średniego obciążenia silnika napędowego koła naczyniowego, występujących podczas urabiania według podanych parametrów. Określone, dzięki zastosowaniu metod modułu 1 i 2,

```
SZEROKOSC ZABIERKI=61.0

ZABIERKA NR= 1

OBJETOSC ZABIERKI =1500513.
CZAS URABIANIA    =    673.
WYDAJNOSC         =   2231.
GEOT. STOSUNEK    =      1.34

POSTEP FRONTU     =     61.
CZAS EKSPLOATACJI =    798.
CZAS EKS/POSTEP   =    13.09


ZABIERKA NR= 9

OBJETOSC ZABIERKI =1761359.
CZAS URABIANIA    =    789.
WYDAJNOSC         =   2233.
GEOT. STOSUNEK    =      1.31

POSTEP FRONTU     =    549.
CZAS EKSPLOATACJI =   7760.
CZAS EKS/POSTEP   =     14.14


ZABIERKA NR= 18

OBJETOSC ZABIERKI =1702726.
CZAS URABIANIA    =    756.
WYDAJNOSC         =   2252.
GEOT. STOSUNEK    =      1.43

POSTEP FRONTU     =   1097.
CZAS EKSPLOATACJI =  15591.
CZAS EKS/POSTEP   =     14.21


ZABIERKA NR= 26

OBJETOSC ZABIERKI =1942675.
CZAS URABIANIA    =    864.
WYDAJNOSC         =   2249.
GEOT. STOSUNEK    =      1.37

POSTEP FRONTU     =   1585.
CZAS EKSPLOATACJI =  22923.
CZAS EKS/POSTEP   =     14.46
```

Rys.3. Fragment wydruku komputerowego przebiegu procesu eksploatacji piętra urabianego koparką SRs2000, przy optymalnej /61 m/ szerokości zabierki.

Fig.3. The fragment of printouts containing the description of mining process of a stage got by the SRs2000 excavator under optimum /61 m/width of a shortwall.

```
WĘGIEL TWARDY
GRUBOŚĆ LEŻU
WYSOKOŚĆ PIETRA                    = 16.5
WAT SKARPY ROCZNEJ                 = 60.0
WAT SKARPY CZŁOWIEJ                = 60.0
WAT ZEŁ. POLNY                     = 40.0
ZABIERKA WEWNĘTRZNA                = 33.2
WYKORZYSTANIE MOCY NOMINALNEJ      = 1.0

NR   WYS   OS   GŁĘB   WEŁ   KAW   PREŁ   ZEŁ   KAZ   PREZ
1    5.0   17.0  0.42  65.                29.
                                0.
                                      20.0
                                39.
                                      25.0
                                65.
                                                0.
                                                      20.0
                                                29.
2    4.0   13.0  0.44  59.                32.
                                0.
                                      25.0
                                38.
                                      30.0
                                59.
                                                0.
                                                      25.0
                                                32.
3    4.5   8.5   0.48  53.                37.
                                0.
                                      20.0
                                36.
                                      25.0
                                53.
                                                0.
                                                      20.0
                                                37.
4    3.0   5.5   0.57  50.                40.
                                0.
                                      25.0
                                33.
                                      30.0
                                50.
                                                0.
                                                      25.0
                                                40.

SZEROKOŚĆ ZABIERKI        = 61.0
GŁĘBOKOŚĆ ZABIERKI        = 38.9
WYDAJNOŚĆ EKSPLOATACYJNA  = 2035.
DYNAMIKA                  = 1.46
```

Rys.4. Wydruk komputerowy optymalnych parametrów technologii urabiania zabierki dla wybranego usytuowania koparki SRs2000

Fig.4. Printouts containing optimum technological parameters of mining a shortwall for the given location of the SRs2000 excavator

```
KIERUNEK PRAWO
WYSOKOŚĆ PIETRA                    = 16.5
KĄT SKARPY BOCZNEJ                 = 60.0
KĄT SKARPY CZOŁOWEJ                = 60.0
KĄT ZĘB. DOLNY                     = 40.0
ZABIERKA WEWNĘTRZNA                = 53.2
WYKORZYSTANIE MOCY NOMINALNEJ      =  1.0

NR   WYS   OS   GŁĘB   WEŁ   KAW   PREŁ   ZĘB   KAZ   PREZ
=================================================================
 1   5.0  17.0  0.42   65.                29.
                                0.
                                    25.0
                               33.
                                    30.0
                               50.
                                    35.0
                               65.
                                                0.
                                                     25.0
                                               29.
-----------------------------------------------------------------
 2   4.0  13.0  0.44   59.                32.
                                0.
                                    30.0
                               34.
                                    35.0
                               59.
                                                0.
                                                     30.0
                                               32.
-----------------------------------------------------------------
 3   4.5   8.5  0.60   53.                37.
                                0.
                                    25.0
                               33.
                                    30.0
                               53.
                                                0.
                                                     25.0
                                               37.
-----------------------------------------------------------------
 4   3.0   5.5  0.57   50.                40.
                                0.
                                    25.0
                               16.
                                    30.0
                               35.
                                    35.0
                               50.
                                                0.
                                                     25.0
                                               16.
                                                     30.0
                                               40.
-----------------------------------------------------------------

SZEROKOŚĆ ZABIERKI          = 61.0
GŁĘBOKOŚĆ ZABIERKI          = 18.9
WYDAJNOŚĆ EKSPLOATACYJNA    = 2640.
DYNAMIKA                    = 1.52
```

Rys.5. Wydruk komputerowy optymalnych parametrów technologii urabiania zabierki dla wybranego usytuowania koparki SRs2000

Fig.5. Printouts containing optimum technological parameters of mining a shortwall for the given location of the SRs2000 excavator

parametry technologii urabiania są aktualnie wdrażane w KWE"BEŁCHATÓW".

LITERATURA

[1] Kabat R.,Wojtkiewicz H.:Komputerowe wspomaganie projektowania technologii pracy bezwysuwowej koparki kołowej.Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Automatyka nr 76, Gliwice 1984.

[2] Kabat R.,Wojtkiewicz H.:Dobór optymalnych parametrów urabiania bezwysuwową koparką kołową.Prace Naukowe Instytutu Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn Politechniki Wrocławskiej nr 42, Wrocław 1984.

[3] Kabat R.,Wojtkiewicz H.:Opracowanie optymalnej technologii pracy koparki SRs2000 z uwzględnieniem stref trudnourabialnych. Raport Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej nr I-11/S-119/86, Wrocław 1986.

Recenzent: Prof.dr h.inż.Stanisław Piasecki

Wpłynęło do Redakcji do 1986.04.30

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ЭКСПЛУАТАЦИИ УСТУПА РАЗРАБАТЫВАЕМОГО МНОГОКОВШОВЫМ РОТОРНЫМ ЭКСКАВАТОРОМ НА КАРЬЕРЕ БУРОГО УГЛЯ

Р е з ю м е

В статье рассматривается управление процессом эксплуатации уступа разрабатываемого многоковшовым роторным экскаватором. Исследован специально разработанный алгоритм и компьютерные табулограммы , включающие ход эксплуатации с установленной оптимальной шириной заходки и оптимальные параметры технологии разработки роторным экскаватором СРс2000 в определённых геологическо- горных условиях карьера " БЕЛХАТОВ".

COMPUTER AIDED CONTROL OF THE PROCESS OF A STAGE EXPLOITION WITH BUCKET-WHEEL EXCAVATOR IN A BROWN COAL MINE

S u m m a r y

A computer aided method of control of exploition of a stage with bucket-weel excavator has been intorduced.The algorithm and printouts containing the description of mining process under fixed optimum with of a short-wall and optimum technological parameters of the excavator have been presented.The algorithm has been developed for the process of mining with the SRs 2000 excavator in the given geological and mining conditions of the brown coal mine "BEŁCHATOW".