

Piotr MAKSELON

Tadeusz STANGIEWICZ

## BADANIE RYTMICZNOŚCI PRACY SZYBU WYDOBYWCZEGO METODĄ MONTE CARLO

Streszczenie. W artykule posługując się metodą Monte Carlo przeprowadzono badania wpływu zbiornika wyrównawczego na rytmiczność produkcji górniczej. Opisano generator danych wejściowych i etapy symulacji pracy systemu podszybie - szyb wydobywczy.

### 1. WSTĘP

Rytmiczność produkcji jest jedną z cech prawidłowej organizacji produkcji. Im lepiej zorganizowany jest proces produkcyjny, tym wyższy jest poziom rytmiczności produkcji. Odpowiednio zorganizowany proces produkcyjny jest procesem ciągłym, odznaczającym się równomiernością cyklu produkcyjnego, rytmicznością i systematycznym wzrostem produkcji. Produkcja powinna być tak zorganizowana, aby odbywała się równomiernie w czasie. Zagadnienie rytmiczności uważane jest za jeden z zasadniczych czynników warunkujących właściwy przebieg procesu wydobywczego. Zapewnia ona maksymalne wykorzystanie posiadanych środków produkcji i siły roboczej, stanowi podstawową cechę prawidłowo zorganizowanego procesu produkcyjnego. Decydujący wpływ na rytmiczność produkcji mają podstawowe ogniwa produkcyjne. Należą do nich:

- front górniczy (wybieranie węgla),
- szyby wydobywcze (ciągnięcie urobku).

Pozostałe ogniwa (np. odstawa, transport poziomy, przeróbka, mechaniczny węgiel) jako pomocnicze ogniwa produkcyjne mają również wpływ na rytmiczną pracę kopalni. Celem niniejszego artykułu jest określenie wpływu zbiornika wyrównawczego przyszybowego na rytmiczność produkcji oraz skrócenie czasu pracy szybów wydobywczych.

W badaniu rytmiczności produkcji górniczej wykorzystana została metoda Monte Carlo.

## 2. OPIS METODY MONTE CARLO

Metoda Monte Carlo jest nieanalityczną techniką przybliżonego rozwiązywania różnego typu równań funkcyjnych. Jest to metoda numeryczna badania modeli niedeterministycznych (stochastycznych). Metoda ta często stosowana jest w symulacji komputerowej, gdzie może być wykorzystywana do badań złożonych systemów bez konieczności określania ich skomplikowanej reprezentacji analitycznej. Jej użycie jest szczególnie cenne w przypadku systemów opisanych za pomocą złożonych równań, w których występują zmienne losowe.

Przy zastosowaniu metody Monte Carlo do badania złożonych systemów są krok po kroku symulowane wielkości deterministyczne i losowe, występujące w zachodzących procesach. Jeżeli w modelu występują wielkości losowe, to jedna lub więcej relacji funkcyjnych zależą od parametrów losowych, których wartości są określone za pomocą rozkładu prawdopodobieństwa.

Podstawą każdej z procedur Monte Carlo jest dokonywanie losowego wyboru wartości danych wyjściowych w krytycznych punktach procesu stochastycznego. Możliwe jest tu wystąpienie kilku wyników, przy czym dane są prawdopodobieństwa otrzymania każdego z nich. Przyjęto, że możliwymi rezultatami określonej próby są  $E_1, E_2, E_3, \dots, E_n$ , a prawdopodobieństwo wystąpienia każdego z tych wyników wynosi odpowiednio  $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ , przy czym  $p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1$ . Wówczas dla określenia wyniku danej próby należy wygenerować liczbę losową  $U$  o rozkładzie równomiernym w przedziale  $\langle 0, 1 \rangle$ . Wynikiem próby jest:

$$E_1, \text{ gdy } U \leq p_1;$$

$$E_2, \text{ gdy } p_1 < u \leq p_1 + p_2;$$

.

.

$$E_j, \text{ gdy } \sum_{i=1}^{j-1} p_i < u \leq \sum_{i=1}^j p_i \text{ dla } j = 2, 3, \dots, n$$

## 3. OPIS GENERATORA DANYCH WEJŚCIOWYCH DLA SYSTEMU SYMULACYJNEGO DZIAŁANIA SZYBU I PODSZYBIA

Generator danych wejściowych dla systemu symulacyjnego działania szybu i podszymbia. Został określony na podstawie danych rzeczywistych przedstawionych w tabelicy 1. Na podstawie danych miesięcznych i rocznych określono średnie miesięczne wydobyte za okres roku 1978 oraz intensywność dopływu urobku (średni godzinowy) z każdego miesiąca oraz średni roczny.

Dane syntetyczne są danymi pseudolosowymi, ponieważ zostały wygenerowane przez maszynę cyfrową. Reprezentują one jednak rzeczywiste dane doty-

czące rozpatrywanego procesu. Dane syntetyczne wykorzystywane zostały jako dane wejściowe systemu rzeczywistego lub symulowanego.

Syntetyczne dane wejściowe mogą być generowane na podstawie funkcji deterministycznych lub niedeterministycznych. W przypadku funkcji niedeterministycznej dane wejściowe są zakłócone zgodnie z zadanymi funkcjami rozkładu prawdopodobieństwa.

Działanie generatora danych wejściowych dla systemu symulacyjnego pracą szybu i podszybia można opisać następującym wzorem:

$$S_i = C_i + \epsilon \quad i = 1, 2, \dots, 24.$$

Element deterministyczny  $C_i$  występujący w tym generatorze jest uśrednionym spływem urobku węglowego na podszybie w poszczególnych godzinach ( $i = 1, 2, \dots, 24$ ).

$$C_i = \frac{\sum_{j=1}^N S_{ij}}{N},$$

gdzie:

$S_i$  - spływ urobku w  $i$ -tej godzinie,

$N$  - liczba obserwacji dniówek.

Element losowy  $\epsilon$  jest określony rozkładem równomiernym:

$$f(\epsilon) = \begin{cases} 1/2a & \epsilon \in \langle -a, a \rangle \\ 0 & \epsilon \notin \langle -a, a \rangle \end{cases}$$

Parametry rozkładu równomiernego dla poszczególnych okresów symulacji są następujące:

$$\begin{array}{ll} 1 \leq i < 7 & a = 200 \text{ [t]} \\ 7 \leq i < 17 & a = 250 \text{ [t]} \\ 17 \leq i < 24 & a = 150 \text{ [t]} \end{array}$$

Element losowy  $\epsilon$  charakteryzuje zakłócenia w toku produkcji i w odstawie urobku na podszybie. Weryfikacja polegała na porównaniu hipotetycznego rozkładu w populacji generalnej i empirycznego rozkładu w próbce. Pozwalała ona sprawdzić hipotezę na poziomie istotności 0,05 i uznać rozkład zmiennej losowej  $\epsilon$  jako rozkład równomierny.

Tablica 1

Dane rzeczywiste jako średnie miesięczne wartości urobku w godzinach za rok 1978 w [t]

mies. godz	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	średnie 78 r.
7	0	300	0	300	0	150	200	0	0	100	0	200	104
8	400	450	200	450	300	250	250	150	100	250	200	400	283
9	700	600	400	600	550	350	350	350	250	350	400	650	442
10	700	800	600	800	650	550	500	600	450	450	500	800	616
11	900	850	800	850	750	750	750	750	650	600	550	800	746
12	1000	800	1050	900	850	950	950	800	750	800	750	900	871
13	900	850	800	850	900	750	750	900	900	900	800	900	850
14	400	850	650	800	850	700	600	750	600	750	350	700	667
15	0	650	250	600	450	550	300	400	350	400	200	450	383
16	400	500	300	450	100	350	200	500	450	400	550	500	392
17	500	400	350	300	250	450	400	550	550	600	650	500	458
18	600	300	500	450	500	650	500	550	700	700	700	900	600
19	800	500	650	550	700	850	600	750	900	750	700	500	687
20	1000	650	750	700	850	950	800	800	900	900	300	650	771
21	900	750	950	850	950	1000	900	850	700	700	500	850	825
22	300	850	650	900	550	800	700	600	500	600	500	700	638
23	100	600	200	650	300	350	500	250	150	350	350	500	358
24	100	300	0	250	150	200	50	250	150	150	250	350	184
1	100	200	50	150	0	0	0	250	150	100	100	200	109
2	100	200	50	50	0	0	0	150	150	100	50	100	80
3	100	200	50	0	0	0	0	100	150	100	100	150	80
4	100	200	0	50	0	0	0	50	50	100	100	150	67
5	200	250	50	100	0	0	0	50	50	100	100	200	92
6	100	400	100	150	50	0	100	50	0	100	100	100	105
Razem	10200	12450	9450	11750	9700	10100	9300	9850	9600	10350	9600	11850	10584

#### 4. PRAWDOPODOBIEŃSTWO WSTRZYMANIA PRODUKCJI W ZALEŻNOŚCI OD POJEMNOŚCI ZBIORNIKA I CZASU PRACY URZĄDZEŃ WYCIĄGOWYCH

Na podstawie warunków naturalnych kopalni, charakteru transportu i wielkości produkcji przyjęto prawdopodobieństwo wstrzymania produkcji przy założonym czasie pracy szybu i odpowiedniej pojemności głównego zbiornika wyrównawczego. Prawdopodobieństwo to można scharakteryzować za pomocą następującej zależności matematycznej

$$P = \frac{\int_0^T f(X_2)dt}{\int_0^T f(X_1)dt}$$

gdzie:

- P - prawdopodobieństwo wstrzymania produkcji,
- f(X1) - funkcja charakteryzująca spływ urobku węglowego na podszybie,
- f(X2) - funkcja charakteryzująca wstrzymanie produkcji ze względu na ograniczoną zdolność wydobywczą szybu i zapełnienie zbiornika wyrównawczego na podszybiu,
- T - czas symulacji.

#### 5. SYMULACJA PRACY SYSTEMU PODSZYBIA - SZYB WYDOBYWCZY METODĄ MONTE CARLO

Na symulację pracy systemu składają się następujące elementy:

- generacja zastępcza spływu urobku węglowego,
- opróżnianie zbiornika,
- napełnianie i opróżnianie zbiornika głównego,
- wielkość wydobywania szybu.

Symulacja była przeprowadzona dla przedziałów jednogodzinowych. Po dokonaniu analizy statystycznej wyników zmierzono warunki początkowe i ponownie przeprowadzono symulację. W obliczeniach przyjęto pojemność zbiornika wyrównawczego w przedziale od 500 do 1500 ton z krokiem 100 ton. Czas pracy szybu wynosił 15 do 20 godz/dobę. Wyniki symulacji przedstawiono w tabelicy, która obrazuje straty wydobywania i prawdopodobieństwo wstrzymywania produkcji w zależności od wielkości zbiornika wyrównawczego i czasu pracy szybu (tablica 2).

Dokonując analizy wyników stwierdzono, że dla czasu pracy szybu od 15 do 17 godzin/dobę optymalna wielkość głównego zbiornika wyrównawczego wynosi od 800 do 1300 ton. Na dobór określonej pojemności zbiornika wpływają następujące czynniki:

- warunki naturalne kopalni,
- stan techniczny szybów wydobywczych,
- koszt budowy zbiornika wyrównawczego.

Tablica 2

Czas pracy szybu	15		16		17		18		19		20	
	Straty wyd.	Prawd. wstrzym. prod.	Straty wyd. t/h	Prawd. wstrzym. prod.	Straty wyd. t/h	Prawd. wstrzym. prod.	Straty wyd. t/h	Prawd. wstrzym. prod.	Straty wyd. t/h	Prawd. wstrzym. prod.	Straty wyd. t/h	Prawd. wstrzym. prod.
T	=											
500	52,037	0,1368	17,617	0,0437	5,008	0,0115	0,605	0,0014	-	0	0,133	0,0003
600	48,916	0,1296	12,923	0,0306	2,803	0,0067	0,007	0	-	0	-	0
700	46,165	0,1212	14,529	0,0346	1,802	0,0042	-	0	-	0	-	0
800	40,451	0,1068	14,591	0,0348	-	0	-	0	-	0	-	0
900	38,031	0,0950	8,836	0,0210	-	0	-	0	-	0	-	0
1000	22,413	0,0563	3,940	0,0093	-	0	-	0	-	0	-	0
1100	24,948	0,0637	3,583	0,0085	-	0	-	0	-	0	-	0
1200	27,870	0,0670	1,533	0,0036	-	0	-	0	-	0	-	0
1300	19,380	0,0474	1,633	0,0039	-	0	-	0	-	0	-	0
1400	9,856	0,0241	1,047	0,0024	-	0	-	0	-	0	-	0
1500	4,594	0,0113	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0

## ZAKOŃCZENIE

Nierównomierny spływ urobku z oddziałów powoduje, że w niektórych przedziałach czasowych szyb czeka na urobek, zaś w innych przedziałach czasowych danej zmiany urobek czeka w kolejce na szyb (teoria kolejek), gdy potok urobku jest większy od zdolności wydobywczej szybu.

Za pomocą zaprezentowanej w tym artykule metody Monte Carlo można, na podstawie badań symulacyjnych, określić wpływ zbiornika na rytmiczność wydobywania szybem, przez co:

- eliminuje się postoje ciągnięcia szybem (w przypadku chwilowego braku spływu urobku),
- zwiększa się krążność wozów (wozy są rozładowywane sukcesywnie),
- zwiększa się dyspozycyjny czas pracy szybu i czas potrzebny na remonty w szybie.

## LITERATURA

- [1] Gordon G.: Symulacja systemów. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1974.
- [2] Instrukcja branżowa do określenia zdolności produkcyjnych głębinowych kopalń węgla kamiennego. Ministerstwo Górnictwa i Energetyki, Katowice 1974.
- [3] Kozdrój M.: Organizacja produkcji górniczej. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1968.
- [4] Kozdrój M.: Metody rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej w organizacji produkcji górniczej. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1969.
- [5] Francis P., Martin: Wstęp do modelowania cyfrowego. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1976.
- [6] Zieliński R.: Generatory liczb losowych. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1979.

ИССЛЕДОВАНИЕ РИТМИЧНОЙ РАБОТЫ ГРУЗОВОГО СТВОЛА  
МЕТОДОМ МОНТЕ КАРЛО

## Р е з ю м е

В статье использован метод Монте Карло и проведено исследование влияния уравнительного бункера на ритмичную продукцию горного предприятия. Приводится описание генератора входных данных и этапы имитации работы системы околоствольный двор - грузовой ствол.

THE INVESTIGATION INTO THE OPERATION RYTHM OF THE OUTPUT SHAFT  
BY THE MONTE CARLO - METHOD

S u m m a r y

The Monte Carlo method is applied in studying the effect of a compensating reservoir on the rythm of mining output. Both the input data generator and operation simulation stages of the "shaft bottom - shaft" system were described.