ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1984
Seria: AUTOMATYKA z. 75 Nr kol. 811

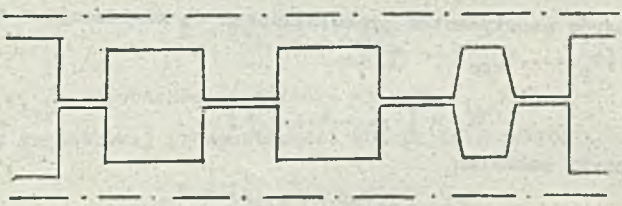
Elżbieta Zielińska-Król
Politechnika Śląska

ZASTOSOWANIE METODY PROGRAMOWANIA WIELOETAPOWEGO DO HARMONOGRAMOWANIA PROCESU WALCOWANIA CIĄGŁEGO

Streszczenie. W pracy rozważa się problem harmonogramowania procesu walcowania w oparciu o metodę programowania wieloetapowego. Sformułowano model matematyczny oraz podano definicje stanu procesu decyzyjnego, wartości stanu i procedury generacji stanów.

1. Wprowadzenie

Walcowanie na gorąco jest podstawowym sposobem plastycznej przeróbki stali. Wlewki stalowe nagrzane w piecach wgłębnych do odpowiedniej temperatury, są odwalcowane w walcarce-zgniataczu skąd już jako tzw. kęsy zostają skierowane do walcowni ciągłej kęsów /WCK/. Proces walcowania w WCK polega na jednokrotnym przewalcowaniu materiału wejściowego przez określone wykroje znajdujące się na kolejnych złożeniach walców, tzw. stopniach walcowania. Celem tego procesu jest otrzymanie wyrobów o ściśle określonych wymiarach poprzecznych i pełnej przydatności do dalszego przerobu, w ilościach wynikających z zapotrzebowania odbiorców. Różne asortymenty z uwagi na wymiary uzyskuje się w wyniku walcowania przez różne wykroje znajdujące się na poszczególnych złożeniach /z reguły jest kilka wykrojów na jednym złożeniu - rys.1./.



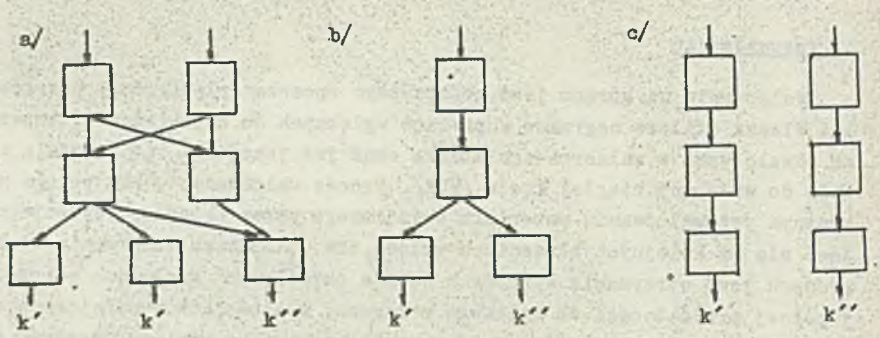
Rys.1. Złożenie walców

Dla każdego asortymentu wyrobów są określone marszruty technologiczne wskazujące kolejne walce i odpowiednie wykroje na tych walcach. Podczas walcowania wykroje ulegają zużyciu, co wiąże się z koniecznością wymiany złożeń. Wymiana jednego złożenia powoduje przestój całej walcowni. W związku z tym proces walcowania w WCK prowadzi się w ten sposób, aby w chwili wymiany złożenia wszystkie wykroje znajdujące się na nim były w maksymalnym stopniu wykorzystane. A zatem wymiana złożeń następuje wówczas, gdy na złożeniu nie można

walcować żadnego asortymentu. Stąd harmonogram walcowania partii wyrobów winien uwzględniać minimalizację sumarycznego przestoju walcowni spowodowanego wymianami złożeń walców.

2. Model matematyczny

Szczegółowy opis pierwotnej struktury procesu walcowania w WCK oraz sposoby jej uproszczenia /bez utraty ogólności/, wykorzystujące procedury agregacji i dekompozycji podano w pracy [2] . Obecne rozważania dotyczyć będą wyłącznie struktury procesu po agregacji i dekompozycji /rys.2./.



Rys.2. Struktura procesu walcowania: a/ pierwotna, b/ po agregacji, c/ po dekompozycji

W celu sformułowania problemu przyjmijmy następujące dane:

- zbiór numerów asortymentów przewidzianych do realizacji w zadanym przedziale czasu $[t_p,\ldots,t_{kon}]$

$$\mathbb{K} = \{1,\ldots,k,\ldots,K\}$$

- wektor tonaży zamówień

$$\mathbb{X} = [x_k] \quad k=\overline{1,K}$$

gdzie: x_k – tonaż zamówienia na k-ty asortyment;

- zbiór numerów kolejnych złożeń walców

$$\mathbb{I} = \{1,\ldots,i,\ldots,I\}$$

- zbiory numerów wykrojów na i-tym złożeniu

$$\mathbb{J} = \{1,\ldots,j,\ldots,J(i)\}$$

- macierz marszrut technologicznych

$$D = [d_{i,k}] \quad \begin{matrix} i=\overline{1,I} \\ k=\overline{1,K} \end{matrix}$$

gdzie: $d_{i,k}$ - numer wykroju i-tego złożenia wykorzystywanego do produkcji k-tego asortymentu;

- macierz nominalnych żywotności wykrojów

$$H = [h_{i,j}] \quad \begin{matrix} i=\overline{1,I} \\ j=\overline{1,J}(i) \end{matrix}$$

gdzie: $h_{i,j}$ - żywotność nominalna j-tego wykroju na i-tym złożeniu /liczba ton materiału, którą można przewalcować na j-tym wykroju i-tego złożenia od stanu, gdy jest on nowy do stanu jego zużycia/;

- macierz nominalnych żywotności wykrojów po dekompozycji

$$A = [a_{i,k}] \quad \begin{matrix} i=\overline{1,I} \\ k=\overline{1,K} \end{matrix}$$

gdzie: $a_{i,k}$ - żywotność nominalna wykroju $d_{i,k}$;

- macierz początkowych żywotności wykrojów

$$R = [r_{i,j}] \quad \begin{matrix} i=\overline{1,I} \\ j=\overline{1,J}(i) \end{matrix}$$

gdzie: $r_{i,j}$ - początkowa żywotność j-tego wykroju i-tego złożenia /liczba ton materiału przewalcowanego na j-tym wykroju i-tego złożenia do chwili t_p/;

- macierz początkowych żywotności wykrojów po dekompozycji

$$S = [s_{i,k}] \quad \begin{matrix} i=\overline{1,I} \\ k=\overline{1,K} \end{matrix}$$

gdzie: $s_{i,k}$ - żywotność początkowa wykroju $d_{i,k}$;

- macierz początkowej przepustowości WCK po dekompozycji

$$Q = [q_{i,k}] \quad \begin{matrix} i=\overline{1,I} \\ k=\overline{1,K} \end{matrix}$$

gdzie: $q_{i,k}$ - początkowa przepustowość wykroju $d_{i,k}$ /liczba ton materiału, którą można przewalcować przez wykrój $d_{i,k}$ do chwili jego zużycia/;

- wektor czasów wymian złożeń

$$T = [\tau_i] \quad i=\overline{1,I}$$

gdzie: τ_i - czas wymiany i-tego złożenia;

- wektor wydajności walcowania

$$\Lambda = [\lambda_k] \quad k=\overline{1,K}$$

gdzie: λ_k - wydajność WCK dla k-tego asortymentu /liczba ton k-tego asortymentu przewalcowane w jednostce czasu/.

W celu sformułowania ograniczeń procesu wprowadzimy następujące oznaczenia:

- $\mathcal{N} = \{1,\ldots,n,\ldots,N\}$ - zbiór numerów kolejnych operacji, które muszą zostać wykonane dla realizacji wektora tonaży zamówień. Operacją nazywać będziemy przewalcowanie pewnej porcji /liczby ton/ wyrobu określonego asortymentu bez wymiany złożeń. Liczba N operacji nie jest znana przed rozpoczęciem procesu;
- ς_n - chwila rozpoczęcia n-tej operacji;
- t_n - chwila zakończenia n-tej operacji;
- k_n - asortyment wyrobu realizowanego podczas n-tej operacji;
- z_n - liczba ton materiału podlegającego n-tej operacji.

Z identyfikacji procesu wynikają następujące ograniczenia:

a/ w każdej chwili trwania procesu może być wykonywana tylko jedna operacja

$$\varsigma_{n+1} \geqslant t_n , \quad n=\overline{1,N} \qquad /1/$$

b/ wykonywanie operacji nie może być przerwane

$$t_n = \varsigma_n + \frac{z_n}{\lambda_{k_n}} \qquad /2/$$

c/ każda operacja musi być wykonana dla maksymalnej ilości materiału możliwej do przewalcowania bez wymian złożeń

$$z_n = \min\left\{(x_{k_n} - \hat{z}_{k_n,n}),\ q_{k_n}\right\} \qquad /3/$$

gdzie: q_{k_n} - przepustowość walcowni dla k_n-tego asortymentu przed wykonaniem n-tej operacji,

$\hat{z}_{k_n}$ - liczba ton wyrobów k_n-tego asortymentu, którą odwalcowano do chwili rozpoczęcia n-tej operacji

$$\hat{z}_{k_n,n} = \sum_{n'=\overline{1,n-1}} z_{n'} \cdot \delta_{k_{n'},k_n} \qquad /4/$$

$$\delta_{k_{n'},k_n} = \begin{cases} 1; & k_{n'} = k_n \\ 0; & \text{w przypadku przeciwnym} \end{cases} \qquad /5/$$

d/ należy wykonać tyle operacji, aby zrealizować zamówienia na poszczególne asortymenty w żądanej ilości /liczbie ton/

$$\hat{z}_{k,N} = \sum_{n=\overline{1,N}} z_n \cdot \delta_{k_n,k} = x_k, \quad k=\overline{1,K} \qquad /6/$$

gdzie: $\hat{z}_{k,N}$ - przewalcowana liczba ton k-tego asortymentu;

e/ wykonanie operacji nie może powodować zbędnych przestojów WCK

$$k_n \in \mathcal{K}^n \qquad /7/$$

gdzie: $\mathcal{K}^n$ - zbiór numerów asortymentów, z których każdy może być wykonany podczas n-tej operacji i nie spowoduje zbędnej wymiany złożeń.

Przy tak sformułowanym modelu i ograniczeniach procesu poszukujemy harmonogramu postaci

$$H = \langle \varrho_n, t_n, k_n, z_n \rangle \quad n=\overline{1,N} \qquad /8/$$

Zakładając, że kryterium optymalizacji procesu walcowania jest minimalizacja czasu realizacji wektora zamówień, problem polega na znalezieniu takiego harmonogramu oraz liczby operacji N, które spełniają podane wyżej ograniczenia i minimalizują wskaźnik jakości

$$\theta = \max_{1 \leq n \leq N} t_n \qquad /9/$$

czyli wprost

$$\theta = t_N \qquad /9a/$$

3. Stan procesu decyzyjnego i wartość stanu

Def.1. Stanem $\pi^{l,\eta}$ procesu decyzyjnego jest para macierzy

$$\pi^{l,\eta} = (P^{l,\eta}, \tau^{l,\eta}) \quad \eta=\overline{0,N}, \; l=\overline{1,L_\eta} \qquad /10/$$

gdzie: $P^{l,\eta}$ - macierz stanu realizacji asortymentów

$$P^{l,\eta} = [p^{l,\eta}_{n,m}] \quad n=\overline{1,N}, \; m=\overline{1,3} \qquad /11/$$

o elementach

$$p^{l,\eta}_{n,1} = \begin{cases} t_n; & \text{jeśli w stanie } \pi^{l,\eta} \text{ wykonano n-tą operację} \\ 0; & \text{w przypadku przeciwnym} \end{cases} \qquad /11a/$$

$$p^{l,\eta}_{n,2} = \begin{cases} k_n; & \text{jeśli } p^{l,\eta}_{n,1} = t_n \\ 0; & \text{w przypadku przeciwnym} \end{cases} \qquad /11b/$$

$$p^{l,\eta}_{n,3} = \begin{cases} z_n; & \text{jeśli } p^{l,\eta}_{n,1} = t_n \\ 0; & \text{w przypadku przeciwnym} \end{cases} \qquad /11c/$$

oraz $\bar{Q}^{l,\eta}$ - macierz przepustowości walcowni

$$\bar{Q}^{l,\eta} = [\bar{q}^{l,\eta}_{i,k}]_{\substack{i=\overline{1,I}\\ k=\overline{1,K}}} \qquad /12/$$

o elementach stanowiących przepustowość wykroju $d_{i,k}$ w stanie $\Pi^{l,\eta}$.
W stanie początkowym $\Pi^{1,0}$, macierz $P^{1,0}$ jest macierzą zerową, a macierz przepustowości jest równa początkowej przepustowości walcowni, czyli

$$P^{1,0} = [0], \quad \bar{Q}^{1,0} = Q \qquad /13/$$

Z kolei stanem końcowym $\Pi^{l,\eta} \in \Phi$ jest para, dla której spełniony jest warunek realizacji wektora zamówień. Warunek ten, po uwzględnieniu zmiennych stanu przyjmie postać K równań

$$z^{l,\eta}_k = \sum_{n=\overline{1,N}} p^{l,\eta}_{n,3} \cdot \delta_{p^{l,\eta}_{n,2},k} = x_k, \quad k=\overline{1,K} \qquad /14/$$

gdzie: $z^{l,\eta}_k$ - liczba ton k-tego asortymentu zrealizowanego w stanie $\Pi^{l,\eta}$,
Φ - zbiór wszystkich stanów końcowych.

Na podstawie każdego stanu końcowego można wyznaczyć dopuszczalny harmonogram.

Def.2. Wartością $V^{l,\eta}$ stanu $\Pi^{l,\eta}$ jest wielkość określająca najpóźniejszą chwilę zakończenia operacji w stanie $\Pi^{l,\eta}$

$$V^{l,\eta} = \max_{1 \leq n \leq N} p^{l,\eta}_{n,1} \qquad /15/$$

lub inaczej

$$V^{l,\eta} = p^{l,\eta}_{n^{l,\eta},1} \qquad /15a/$$

gdzie: $n^{l,\eta}$ - numer operacji wykonywanej jako ostatnia w stanie $\Pi^{l,\eta}$

$$n^{l,\eta} = n \in \mathcal{N} : (p^{l,\eta}_{n,1} > 0) \wedge (p^{l,}_{n+1,1} = 0) \qquad /16/$$

Dla stanów końcowych wartość stanu jest równa wartości wskaźnika θ obliczonej dla harmonogramu otrzymanego na podstawie danego stanu. Stąd optymalnym stanem końcowym jest stan, dla którego wartość stanu jest minimalna.

4. Generowanie stanów

Przejście do stanu następnego w kolejnym etapie decyzyjnym następuje na podstawie znajomości stanu etapu poprzedniego i dopuszczalnej do podjęcia w tym stanie decyzji. W rozważanym przypadku decyzją jest polecenie realizacji kolejnej operacji /tzn. określenie asortymentu, tonażu i chwili rozpoczęcia/. Uwzględniając, że zarówno tonaż jak i chwila rozpoczęcia operacji

wynikają z ograniczeń procesu - można przyjąć, że decyzja określa tylko asortyment wyrobów, który należy realizować w ramach kolejnej operacji.

Decyzja dopuszczalna w stanie $\pi^{l,\eta}$ winna spełniać następujące warunki:

i/ realizować można tylko taki asortyment, którego jeszcze nie wykonano całkowicie w danym stanie, tj.

$$z_k^{l,\eta} = x_k - \hat{z}_k^{l,\eta} > 0 \qquad /17/$$

gdzie: $\hat{z}_k^{l,\eta}$ - liczba ton wyrobu k-tego asortymentu, którego nie wykonano w stanie $\pi^{l,\eta}$;

ii/ nie może powodować zbędnych przestojów WCK, tzn. musi dotyczyć w pierwszej kolejności asortymentów, które można realizować bez wymiany walców, tj.

$$k \in \mathcal{K}^{l,\eta} \qquad /18/$$

gdzie: $\mathcal{K}^{l,\eta}$ - zbiór indeksów asortymentów możliwych do realizacji w stanie $\pi^{l,\eta}$, których realizacja nie spowoduje zbędnych wymian złożeń

$$\mathcal{K}^{l,\eta} = \begin{cases} k, \text{ jeśli } \exists_{k \in \mathcal{K}} \; \bar{q}_k^{l,\eta} > 0 \\ \bar{\mathcal{K}}^{l,\eta}, \text{ jeśli } \forall_{k \in \mathcal{K}} \; \bar{q}_k^{l,\eta} = 0 \end{cases} \qquad /19a/$$

przy czym $\bar{q}_k^{l,\eta}$ czyli przepustowość WCK dla k-tego asortymentu w stanie $\pi^{l,\eta}$, określa zależność

$$\bar{q}_k^{l,\eta} = \min_{1 \leq i \leq I} \bar{q}_{i,k}^{l,\eta} \qquad /19/$$

natomiast $\bar{\mathcal{K}}^{l,\eta}$ czyli zbiór indeksów asortymentów, które można realizować po wymianie złożeń, określa zależność

$$\bar{\mathcal{K}}^{l,\eta} = \{ k \in \mathcal{K} : q_k^{l,\eta} > 0 \} \qquad /20/$$

Znaczenie i sposób wyznaczenia $q_k^{l,\eta}$ podaje nieco dalej zależność /28/.

Zakładając, że k jest asortymentem, którego realizację poleca decyzja dopuszczalna w stanie $\pi^{l,\eta}$ - regułę przejścia do stanu następnego, tj. $\pi = (P, \bar{Q})$ przedstawimy następująco:

$$\begin{aligned} P &= P^{l,\eta} + \Delta P(k) \\ \bar{Q} &= \bar{Q}^{l,\eta} + \Delta \bar{Q}(k) \end{aligned} \qquad /21/$$

gdzie: $\Delta P(k) = [\Delta p(k)_{n,m}]_{\substack{n=\overline{1,N} \\ m=\overline{1,3}}}$ /22/

przy czym

$$\Delta p_{n,1}(k) = \begin{cases} t_n \; ; \text{ jeśli } n' = n^{l,\eta} + 1 = n \\ 0 \; ; \text{ w przeciwnym przypadku} \end{cases} \qquad /22a/$$

$$\Delta p_{n,2}(k) = \begin{cases} k_n; \text{ jeśli } n' = n^{1,\eta} + 1 = n \\ 0 \text{ ; w przeciwnym przypadku} \end{cases} \qquad /22b/$$

$$\Delta p_{n,3}(k) = \begin{cases} z_n; \text{ jeśli } n' = n^{1,\eta} + 1 = n \\ 0 \text{ ; w przeciwnym przypadku} \end{cases} \qquad /22c/$$

oraz $$\Delta \bar{q}(k) = [\Delta \bar{q}(k)_{i,k'}]_{\substack{i=\overline{1,I} \\ k'=\overline{1,K}}} \qquad /23/$$

przy czym $\Delta \bar{q}(k)_{i,k'}$ - ubytek przepustowości i-tego złożenia dla k'-tego asortymentu.

Ze znajomości decyzji wynika

$$k_n = k \qquad /24/$$

W celu określenia pozostałych zmiennych wygodnie jest wyróżnić dwa przypadki.

Przypadek 1. W stanie $\pi^{1,\eta}$ istnieją asortymenty możliwe do wykonania bez wymiany złożeń, tj.

$$\exists_{k' \in K} \; \bar{q}^{1,\eta}_{k'} > 0 \qquad /25a/$$

/warunek ten jest spełniony również dla $k \in K$, który zgodnie z decyzją należy wykonać podczas n-tej operacji/.

Wówczas

$$z^1_n = \min(z^{1,\eta}_k, \bar{q}^{1,\eta}_k) \qquad /25b/$$

$$t^1_n = p^{1,\eta}_{n-1,1} + \frac{z^1_n}{\lambda_k} \qquad /25c/$$

oraz $$\Delta \bar{q}^1_{i,k'}(k) = \begin{cases} -z_n; \text{ jeśli } (k'=k) \vee [(k' \neq k) \wedge (d_{i,k} = d_{i,k'})] \\ 0 \text{ ; w przeciwnym przypadku} \end{cases} \qquad /25d/$$

Dla pierwszej operacji /tj. n=1/, $p^{1,\eta}_{n-1,1} = t_p$, a $\bar{q}^{1,\eta}_k = q_{k_n}$.

Przypadek 2. W stanie $\pi^{1,\eta}$ nie ma asortymentu, możliwego do realizacji bez wymiany złożeń, tj.

$$\forall_{k' \in K} \; \bar{q}^{1,\eta}_k = 0 \qquad /26/$$

Wówczas

$$z^2_n = \min(z^{1,\eta}_k, q^{1,\eta}_k) \qquad /27a/$$

$$t^2_n = p^{1,\eta}_{n-1,1} + \frac{z^2_n}{\lambda_k} + \tau^* \qquad /27b/$$

oraz

$$\bar{q}^{2}_{i,k'(k)} = \begin{cases} -z_n; \text{ jeśli } \{(k'=k)\vee[(k'\neq k)\wedge(d_{i,k}=d_{i,k'})]\}\wedge(i\notin I^{1,\eta}) \\ -z_n+a_{i,k'}; \text{ jeśli } \{(k'=k)\vee[(k'\neq k)\wedge(d_{i,k}=d_{i,k'})]\}\wedge(i\in I^{1,\eta}) \\ a_{i,k}; \text{ jeśli } [(k'\neq k)\wedge(d_{i,k}\neq d_{i,k'})]\wedge(i\in I^{1,\eta}) \\ 0 \text{ ; w pozostałych przypadkach} \end{cases} \qquad /27c/$$

gdzie: $q^{1,\eta}_{k}$ - przepustowość WCK w stanie $\Pi^{1,\eta}$ dla k-tego asortymentu po uwzględnieniu wymian walców

$$q^{1,\eta}_{k} = \min_{1\leq i\leq I} q^{1,\eta}_{i,k} \qquad /28/$$

Z kolei $q^{1,\eta}_{i,k}$ - przepustowość w stanie $\Pi^{1,\eta}$ wykroju i-tego złożenia dla k-tego asortymentu określa zależność

$$q^{1,\eta}_{i,k} = \begin{cases} \bar{q}^{1,\eta}_{i,k} \text{ ; jeśli } \forall_{k'\in K} \bar{q}^{1,\eta}_{i,k'} > 0 \\ a_{i,k} \text{ ; jeśli } \exists_{k'\in K} \bar{q}^{1,\eta}_{i,k'} = 0 \end{cases} \qquad /29/$$

Czas wymian złożeń τ^* jest uzależniony od liczby brygad dokonujących wymiany. Przy nieograniczonej liczbie brygad

$$\tau^* = \max_{i\in I^{1,\eta}} \tau_i \qquad /30a/$$

natomiast przy jednej brygadzie

$$\tau^* = \sum_{i\in I^{1,\eta}} \tau_i \qquad /30b/$$

przy czym $I^{1,\eta}$ - zbiór indeksów złożeń wymagających wymiany w stanie $\Pi^{1,\eta}$

$$I^{1,\eta} = \left\{ i\in I : \forall_{k\in K} \bar{q}^{1,\eta}_{i,k} = 0 \right\} \qquad /31/$$

5. Uwagi końcowe

Przedstawiony problem harmonogramowania procesu walcowania w walcowni ciągłej kęsów rozwiązano metodą programowania wieloetapowego. W porównaniu z dowolnym algorytmem heurystycznym metodą tą można znaleźć rozwiązanie optymalne /kosztem czasu obliczeń/. W przypadku, gdy pamięć lub czas obliczeń są ograniczone, za pomocą przedstawionego algorytmu można uzyskać rozwiązanie heurystyczne.

Podane w pracy zależności pozwalają na uzyskanie terminów wymian złożeń, istotnych dla oddziału regeneracji walców, współpracującego z WCK.

Przedstawiony algorytm charakteryzuje się dużą zajętością pamięci kom-

puterowej /jest jednak korzystny z uwagi na czas obliczeń/. Jest to związane z uwzględnieniem w definicji stanu - macierzy przepustowości WCK po dekompozycji. Wprowadzając pewne uproszczenia można zmniejszyć obszar zajmowanej pamięci lecz wówczas wydłuży się czas obliczeń. Na czas obliczeń i zajmowany obszar pamięci komputerowej będą miały również wpływ reguły wyboru stanu aktywnego, podziału i eliminacji stanów nieperspektywicznych. Reguły te oraz ich ocena będą przedmiotem dalszych prac.

LITERATURA

[1] Praca zbiorowa: System automatycznej kontroli i sterowania jakością wyrobów dla celów automatycznego sterowania, cz.III i IV. Raport z pracy n-b, Instytut Automatyki, Gliwice 1975, 1976.

[2] Marecki F.,Król E.: Harmonogramowanie procesu walcowania na WCK. ZN Politechniki Śląskiej, s. Automatyka, nr 44, Gliwice 1978.

[3] Król E.: Sterowanie operatywne procesem walcowania ciągłego kęsów. Prace VIII KKA, Szczecin 1980.

[4] Witaszek E.:Sterowanie operatywne procesem walcowania kęsów. Praca dyplomowa magisterska /niepublikowana/, Instytut Automatyki, Gliwice 1981.

[5] Staszewski A.: Harmonogramowanie procesu walcowania ciągłego z uwzględnieniem współpracy z systemem walcowni finalnych. Praca dyplomowa magisterska /niepublikowana/, Instytut Automatyki, Gliwice 1983.

[6] Bellman R.: Adaptacyjne procesy sterowania. PWN, Warszawa 1965.

[7] Coffman E. i in.: Teoria szeregowania zadań. WNT, Warszawa 1980.

[8] Marecki F.: Metoda programowania wieloetapowego. ZN Politechniki Śląskiej, s. Automatyka /w druku/, Gliwice 1984.

Recenzent:Prof.dr hab.inż.Stanisław Piasecki

Wpłynęło do Redakcji do 30.03.1984r.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МНОГОЭТАПНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПРОКАТА

Р е з ю м е

В работе обсуждается проблема календарного планирования процесса проката на базе метода многоэтапного программирования . Сформулирована математическая модель , дано определение состояния решающего процесса, величины состояния и процедур получения состояний.

AN APPLICATION OF THE MULTISTAGE PROGRAMMING METHOD FOR SCHEDULING PROBLEM OF CONTINUOUS ROLLING

S u m m a r y

A scheduling problem for continuous rolling is considered using multistage programming method. A mathematical model and definitions of the state of decision process, state values and state generation procedure are given.