

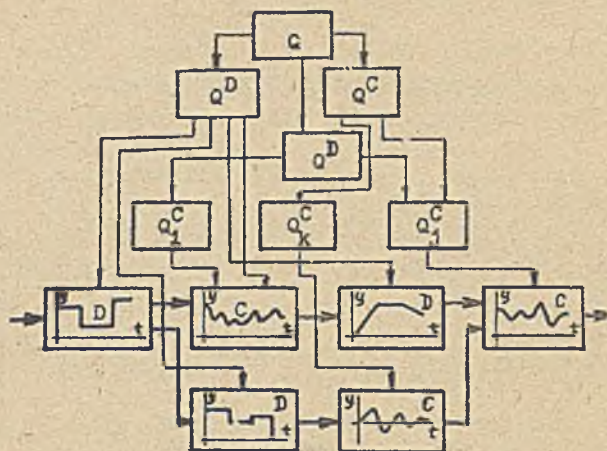
Andrzej Gościński, Ewa Mysona-Byrska, Edward Nawracji
Akademia Górniczo-Hutnicza

EWOLUCYJNY SYSTEM STEROWANIA DYSKRETNymi PROCESAMI PRODUKCYJNYMI

Streszczenie: W pracy przedstawiono metodykę optymalizacji dyskretnych procesów produkcyjnych przy wykorzystaniu ewolucyjnych systemów sterowania. Istota zaproponowanej metodyki polega na dopuszczeniu zbiorów lokalnych wskaźników jakości dla poszczególnych obiektów i operacji wchodzących w skład procesu. Ewolucja systemu sprowadza się do doboru wskaźników jakości oraz modeli, odpowiednio do aktualnej sytuacji technologicznej procesu. Dobór ten jest realizowany na wyższym poziomie sterowania, z punktu widzenia optymalizacji globalnego wskaźnika jakości. Przedstawioną metodykę wykorzystano dla konstrukcji systemu sterowania jakością produkcji cerynej.

1. Charakterystyka problemu

Przedmiotem prezentowanej pracy są zagadnienia sterowania złożonymi procesami produkcyjnymi. Praktycznie każdy złożony proces produkcyjny, odpowiednio do postawionego celu sterowania, przyjętych wskaźników jakości oraz horyzontu czasowego sterowania może być traktowany jako proces dyskretny. Należy równocześnie podkreślić, że nawet obiekty, w których zmiany wielkości fizycznych posiadają charakter ciągły /np. procesy wytopu stali, surówki lub żeliwa, procesy nagrzewania wlewków, procesy w reaktorach chemicznych, procesy destylacji/, z punktu widzenia koordynacji i współdziałania z innymi obiektami technologicznymi /np. rozlewanie metalu, transport międzyoperacyjny, zalewanie form/ wymagają scharakteryzowania /opisu/ za pomocą parametrów /atributów/ odniesionych do skończonych przedziałów czasu i odpowiadających im strumieni materiałowych /np. wielkość partii surowca lub półproduktu, czas trwania operacji obsługi oraz momenty ich rozpoczęcia i zakończenia/. Naturalną konsekwencją tej sytuacji jest konieczność uwzględnienia w strukturze systemu sterowania zarówno indywidualnych własności obiektów i operacji, jak też wielkości umożliwiających rozwiązanie problemu wzajemnego ich współdziałania. Charakter powiązań występujących pomiędzy systemem sterowania a złożonym procesem produkcyjnym został przykładowo przedstawiony na rys.1. Prezentując pewną strukturę technologiczną procesu zaznaczono symbolicznie charakter poszczególnych obiektów i operacji. Odpowiednio do tego w strukturze systemu sterowania wprowadzono bloki realizu-



Rys.1. Struktura systemu sterowania złożonym procesem produkcyjnym

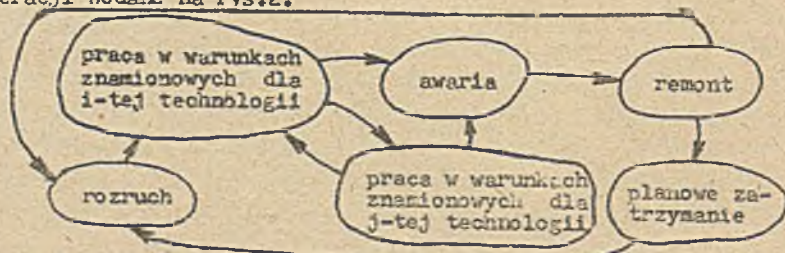
- D - obiekty o charakterze dyskretnym,
- C - obiekty o charakterze ciągłym,
- Q^D - wskaźniki jakości dla dyskretnych zadań sterowania i koordynacji,
- Q^C - wskaźniki jakości dla ciągłych zadań sterowania i koordynacji,
- Q - globalny wskaźnik jakości.

jące poszczególne zadania sterowania i zapewniające wzajemne współdziałanie w ramach całego złożonego procesu. Sterowanie na poszczególnych poziomach odniesione jest do odpowiednich przedziałów i horyzontów czasowych.

Uwzględniając różnorodność zadań sterowania występujących w /złożonym/ procesie produkcyjnym, zmienność oddziaływań otoczenia i charakterystyk poszczególnych obiektów, i operacji oraz ich wewnętrzną złożoność, należy uwzględnić potrzebę dopuszczenia dużej elastyczności systemu sterowania. Elastyczność

ta rozumiana jest jako możliwość zmian zarówno w ramach struktury systemu sterowania, jak też wskaźników jakości, modeli i algorytmów decyzyjnych. Konieczność dopuszczenia tego rodzaju zmian wynika z różnorodności stanów technologicznych, w jakich mogą pracować poszczególne obiekty oraz przypisyanych im celów sterowania, jak też braku możliwości konstrukcji modułu adekwatnych zjawiskom zachodzącym w różnych sytuacjach technologicznych.

W dalszych rozważaniach pod pojęciem stanu technologicznego rozumiane będą pewne charakterystyczne zachowania się obiektu i operacji, wynikające z technologicznej fazy procesu, lub oddziaływań otoczenia. Przykładowo wyróżnić można także stany, jak: rozruch, praca w warunkach znamionowych, przestój lub awaria, planowe zatrzymanie, praca w warunkach odpowiadających różnym technologiom. Graficzną ilustrację zmian stanów technologicznych obiektu lub operacji podano na rys.2.



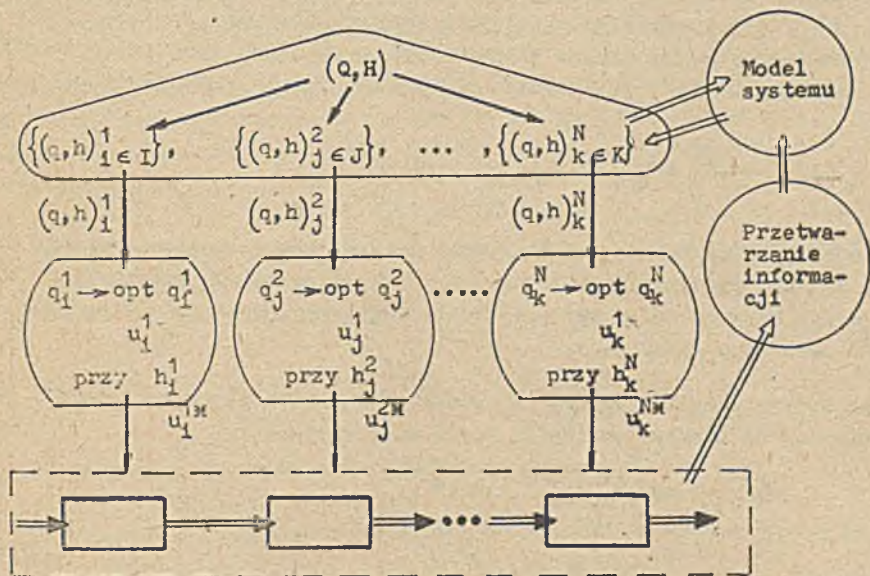
Rys.2. Graf zmian stanów technologicznych obiektu lub operacji

Zbiór aktualnych stanów technologicznych obiektów i operacji wyznacza wskaźnik całego złożonego procesu produkcyjnego sytuację technologiczną. Typowe sytuacje mogą być implikowane: zmianą struktury technologicznej złożonego procesu, okresowym wyłączeniem pewnych obiektów lub operacji, planowym ograniczeniem ilości dostarczanej energii lub surowców.

W prezentowanej pracy przedstawiono koncepcję ewolucyjnego systemu sterowania dyskutowaną klasą procesów produkcyjnych, z uwzględnieniem procedur rozpoznawania stanów i sytuacji technologicznych oraz wyboru wskaźników jakości, modeli i algorytmów decyzyjnych. Ilustracją proponowanej metodyki stanowi rozwiązanie systemu sterowania jakością produkcji procesu odlewniczego, wykorzystującego odpowiedni model symulacyjny.

2. Opis formalny ewolucyjnego systemu sterowania

Proponowaną metodykę rozwiązania strukturalnego ewolucyjnego systemu sterowania złożonym dyskretnym procesem produkcyjnym można przedstawić w oparciu o schemat ideowy podany na rys.3.



Rys.3. Schemat ideowy metodyki rozwiązania ewolucyjnego systemu sterowania

Globalne zadanie sterowania procesem można wyrazić parą (Q, H) , przy czym Q jest globalnym wskaźnikiem jakości, natomiast H zbiorem ograniczeń, które obowiązują przy rozwiązywaniu tego zadania. Rozwiązanie problemu globalnego polega na znalezieniu optymalnych dla danej sytuacji par $(q, h)_1^1, (q, h)_j^2, \dots, \dots, (q, h)_k^N$, wybranych z odpowiednich zbiorów zadań lokalnych przypisanych poszczególnym obiektom i operacjom. Formalnie, zadanie to można zapisać w postaci:

$$q^* = \underset{v \in V}{\text{opt}} \ q \left[(q, h)_1^1, (q, h)_j^2, \dots, (q, h)_k^N \right] \quad (1)$$

przy spełnieniu ograniczeń H ,

przy czym

$$v = \left\{ (q, h)_1^1, 1 \in I \right\} \times \left\{ (q, h)_j^2, j \in J \right\} \times \dots \times \left\{ (q, h)_k^N, k \in K \right\}, \quad (2)$$

gdzie:

q^* - optymalna wartość globalnego wskaźnika jakości,

V - zbiór możliwych N -tek reprezentujących zadania lokalne,

$(q, h)_1^N$ - i -te zadanie lokalne dla n -tego obiektu /operacji/; q jest lokalnym wskaźnikiem jakości, zaś h jest zbiorem przypisanych mu warunków ograniczających.

Przez ograniczenia H, h rozumie się:

/I/ więzy o charakterze strukturalnym, które dotyczą powiązań pomiędzy poszczególnymi obiektami i operacjami w ramach dopuszczalnych struktur technologicznych / H / oraz struktur wewnętrznych obiektów i operacji / h /;

/II/ dopuszczalne przedziały parametrów opisujących cały proces, jak też poszczególne obiekty i operacje /w sensie klasycznie rozumianych ograniczeń/

Przy podanym rozumieniu zadania lokalnego określonego parą $(q, h)^{(1)}$, zbiorem $\left\{ (q, h)_m, m \in M \right\}$ określać się będzie wszystkie zadania lokalne, jakie postawione być mogą dla danego obiektu /operacji/, przy uwzględnieniu stanów technologicznych, w jakich może się on znajdować. Odpowiednio do tego N -tka

$$v = \left((q, h)_1^1, (q, h)_j^2, \dots, (q, h)_k^N \right), \quad (3)$$

$1 \in I, j \in J, k \in K$

określa ciąg zadań lokalnych, reprezentujący pewien wariant sterowania procesem. Zadanie optymalizacji globalnej polega, więc na wyborze takiego $v = v^*$, przy którym w danej sytuacji technologicznej uzyskuje się optymalną wartość wskaźnika globalnego.

Zadania optymalizacji lokalnej określonej N -tką (3), odpowiadającą v^* , rozwiązywane są na niższym poziomie. Można więc napisać :

$$q_m^{n*} = \text{opt}_{u_m^n} q_m^n (u_m^n), \quad m \in M,$$

dla $n = 1, \dots, N$;

(4)

przy ograniczeniach lokalnych h_m^n , gdzie:

q_m^{n*} - optymalna wartość m -tego wskaźnika jakości dla n -tego obiektu /operacji/,

u_m^n - wektor sterowań odpowiadający danemu zadaniu lokalnemu.

Wyznaczone na podstawie (4) optymalne decyzje u_m^{n*} sterują przebiegiem procesu w obiekcie lub operacji /bezpośrednio lub przy użyciu konwencjonalnych środków automatyki.

(1) Mówiąc o dowolnym zadaniu lokalnym pomijać się będzie indeksy, o ile to nie będzie powodować niejednoznaczności.

Rozwiązanie problemu optymalizacji danego związku (1) może być uzyskane na drodze procedury iteracyjnej, realizowanej na rzeczywistym procesie zgodnie z przyjętym planem eksperymentalnego poszukiwania rozwiązania optymalnego. Wiadomym jest, że eksperyment tego rodzaju, szczególnie w przypadku procesów o dużej złożoności, jest bardzo trudny, czasochłonny i kosztowny, a częstokroć praktycznie nierealizowalny. Dlatego też proponuje się realizację iteracyjnego procesu poszukiwania przy użyciu modelu symulacyjnego. Model ten powinien umożliwiać oszacowanie wartości globalnego wskaźnika jakości Q przy ograniczeniach H , w zależności od ciągu lokalnych zadań optymalizacji (3) i ich rozwiązań optymalnych. Wynika stąd, że model powinien odwzorowywać stany technologiczne obiektów i operacji, sytuacje występujące w całym procesie oraz potrzebne parametry procesu w powiązaniu z lokalnymi zadaniami sterowania.

Praktyczna realizacja procedury optymalizacyjnej wymaga wyodrębnienia w modelu dwóch uzupełniających się funkcjonalnie części. Pierwszą z nich stanowić będzie model symulacyjny procesu, posiadający własności ewolucyjne, drugą natomiast model globalnego wskaźnika jakości, na którym realizowana jest procedura poszukiwania optymalnych zadań lokalnych v^* .

Ewolucyjny charakter części symulacyjnej modelu polega na wyborze modeli lokalnych, odpowiadających aktualnym stanom technologicznym obiektów i operacji, określeniu struktury ich wzajemnych powiązań oraz parametrów charakteryzujących daną sytuację procesu. Procedura kreowania tego modelu odbywa się w oparciu o informacje pochodzące z rzeczywistego procesu produkcyjnego. Informacje te zostają przetworzone w oparciu o pewne algorytmy, które symbolicznie można zapisać w następującej postaci:

$$F_s : Y \rightarrow S, \quad (5)$$

$$\text{przy czym } S = S^1 \times \dots \times S^N,$$

gdzie:

F_s - algorytm rozpoznawania stanów technologicznych,

Y - zbiór informacji z procesu,

$S^i, i=1, \dots, N$ - zbiór wyróżnionych stanów i -tego obiektu /operacji/.

Procedura (5), w odniesieniu do określonego momentu czasu, może być zapisana związkiem:

$$\begin{aligned} \underline{s}(n) &= F_s(\underline{y}(n)) \\ \underline{s}(n) &= (s^1(n), \dots, s^N(n)); s^i(n) \in S^i \\ \underline{y}(n) &= (y_1(n), \dots, y_L(n)); y_j(n) \in Y \end{aligned} \quad (6)$$

gdzie:

$s^i(n)$ - stan i -tego obiektu /operacji/ w chwili n ,

$y_j(n)$ - j -ta wielkość uzyskiwana z procesu w n -tej chwili czasu.

$$F_g : Y \rightarrow G, \quad (7)$$

gdzie:

F_g - algorytm wyboru struktury odpowiadającej danej sytuacji technologicznej,

G - zbiór dopuszczalnych struktur procesu.

Odpowiednio, dla n -tej chwili czasowej

$$g(n) = F_g(Y(n)), \quad g(n) \in G, \quad (8)$$

gdzie:

$g(n)$ - struktura procesu w chwili n -tej.

$$F_a : Y \rightarrow A, \quad (9)$$

gdzie:

A - zbiór wartości parametrów modelu symulacyjnego.

W n -tej chwili czasowej

$$a(n) = F_a(Y(n)), \quad a(n) \in A, \quad (10)$$

gdzie:

$a(n)$ - r -wymiarowy wektor parametrów w n -tej chwili czasu.

Dla zbiorów wyróżnionych stanów technologicznych obiektów i operacji określony jest zbiór modeli matematycznych. Formalnie przedstawia to odwzorowanie

$$F_i : S^i \rightarrow M^i, \quad i = 1, \dots, N, \quad (11)$$

gdzie:

M_i - zbiór modeli matematycznych dla wszystkich stanów i -tego obiektu /operacji/.

Dla rozpoznanego stanu, w n -tej chwili czasu /określonego przez (6)/, model jest określony relacją

$$m_i(n) = F_i(s_i(n)), \quad i = 1, \dots, N, \quad (12)$$

gdzie:

$m_i(n)$ - model matematyczny i -tego obiektu odpowiadający n -tej chwili czasu.

Model symulacyjny procesu produkcyjnego jest trójką postaci

$$M = \langle \{M_i, i = 1, \dots, N\}, G, A \rangle \quad (13)$$

Realizacja tego modelu, odpowiadająca sytuacji w n -tej chwili czasu jest określana następująco:

$$m(n) = \left(\{m_i(n), i = 1, \dots, N\}, g(n), a(n) \right) \quad (14)$$

Oznaczenia występujące w wyrażeniach (13) i (14) zostały określone powyżej.

Zdefiniowany model symulacyjny procesu produkcyjnego, na poziomie optymalizacji

zacji globalnej, wykorzystywany jest dla wyznaczania wektora Y_M , który jest modelowym odpowiednikiem parametrów procesu y . Znajomość Y_M jest konieczna dla realizacji procedury poszukiwania rozwiązania optymalnego v^* przy wykorzystaniu modelu globalnego wskaźnika jakości.

Model ten można wyrazić w formie

$$Q_M = Q_M((q, h)^1, \dots, (q, h)^N, Y_M) \quad (15)$$

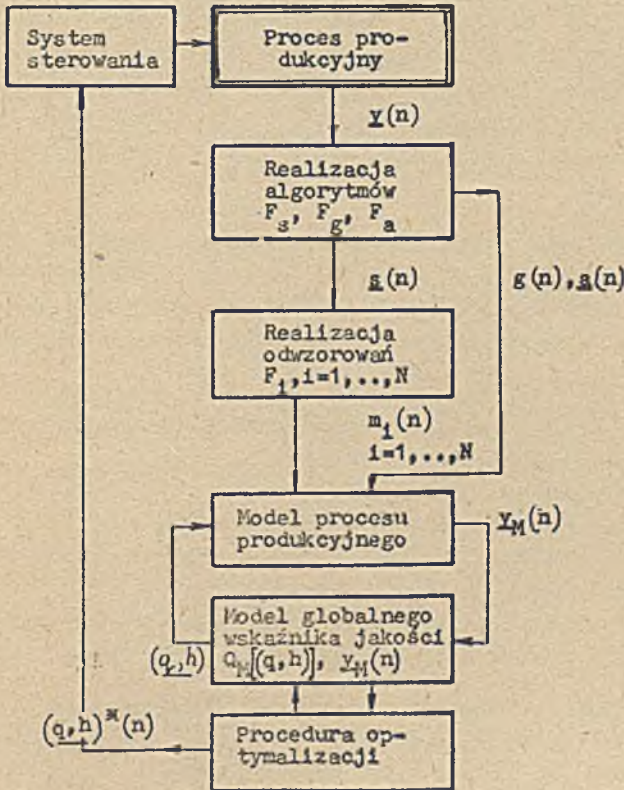
Problem optymalizacji, realizowany w oparciu o ten model, można określić następująco:

$$Q_M^* = \underset{(q, h)^1, \dots, (q, h)^N}{\text{opt}} Q_M((q, h)^1, \dots, (q, h)^N, Y_M) \quad (16)$$

dla

$$(q, h)^i, \quad i = 1, \dots, N \quad \text{zdefiniowanych w (2)}.$$

Schemat procedury poszukiwania optymalnych $v^* = ((q, h)^{*1}, \dots, (q, h)^{*N})$ jest przedstawiony na rvs.4.



Rys. 4. Schemat procedury poszukiwania optymalnych v^*

3. Realizacja ewolucyjnego systemu sterowania jakością w dyskretnym procesie produkcyjnym

Rozważa się proces produkcyjny, złożony z szeregu obiektów i operacji, tworzących określoną strukturę technologiczną. Działania tych obiektów /operacji/ posiadają charakter dyskretny i polegają na realizacji powtarzających się czynności technologicznych. Przykładowo można tutaj rozpatrzeć takie procesy, jak: /i/ proces odlewniczy, składający się z następujących faz produkcyjnych: ładowanie wsadu, wytop, spust metalu, zalewanie form, wybijanie i obróbka mechaniczna odlewów. Równolegle realizowane są operacje: wykonywanie form i rdzeni, składanie form, ustawianie form na taśmie produkcyjnej; /ii/ proces metalurgiczny na odcinku stalownia - walcownia z równolegle realizowanym procesem przygotowania wlewnic.

Rozważany problem polega na doborze metod i parametrów kontroli realizowanej po kolejnych operacjach, w celu zapewnienia wymaganej jakości wyrobów /półfabrykatów/. Niezależnie od powyższego można wymagać, aby operacje realizowane były przy minimalnym koszcie lub minimalnych stratach, przy założonych wymaganiach technologicznych. W literaturze istnieje szereg metod opisu systemów kontroli jakości. Jednakże większość z nich nie może być wykorzystana do analizy procesów składających się z dużej ilości obiektów i operacji, w szczególności, gdy posiadają one bardziej złożony charakter. Autorzy podjęli próbę zastosowania opisaną wcześniej metodyki dla skonstruowania systemu sterowania jakością w skali wydziału lub zakładu produkcyjnego.

Ponieważ wyróżnienie poszczególnych stanów i sytuacji technologicznych wymaga uwzględnienia specyfiki konkretnego procesu, dlatego też dalsze rozważania odnoszone będą do procesu odlewniczego /złożonego w wymienionych poprzednio obiektów i operacji/.

Uwzględniając cechy charakterystyczne tego procesu przyjęto, że dla potrzeb sterowania jakością, dla każdego /i-tego/ obiektu /operacji/, wyróżnić się będzie następujące stany technologiczne:

- s_1^i - realizacja operacji bez kontroli jakości,
- s_2^i - realizacja operacji z kontrolą jakości po jej zakończeniu,
- s_3^i - realizacja operacji z kontrolą jakości wraz z naprawą wadliwie wykonanych wyrobów /braków/.

Sytuacja technologiczna określona jest przez aktualne stany wszystkich obiektów i operacji procesu oraz ich powiązania strukturalne.

Zgodnie z przedstawionym wcześniej formalizmem, zadanie sterowania obiektem /operacją/ zostaje określone zbiorem par $\{(q, h)_j^i, j \in J, i \in I\}$. W rozważanym przypadku elementy tego zbioru określono następująco:

$$\begin{aligned} (q, h)_1^i &= \left(k^i (w_d^i + w_b^i), p^i \leq p_o^i \right) \\ (q, h)_2^i &= \left(\frac{w_b^i}{w_d^i}, k^i (w_d^i + w_b^i) \leq k_o^i \right) \end{aligned} \quad (17)$$

$$(q, h)_{\frac{1}{3}}^i = \left(w_d^i (1-p^i), k^i (w_d^i + w_b^i) \leq k_o^i \right),$$

gdzie:

- k^i - jednostkowy koszt produkcji dla i -tego obiektu /operacji/,
- k_o^i - dopuszczalny koszt całkowity dla i -tego obiektu /operacji/,
- p^i - prawdopodobieństwo wystąpienia braku w wyniku realizacji i -tej operacji /na wyjściu i -tego obiektu/,
- p_o^i - graniczna wartość prawdopodobieństwa wystąpienia braku po i -tej operacji,
- w_d^i - ilość dobrych wyrobów po i -tej operacji /wytworzonych w umownej jednostce czasu/,
- w_b^i - ilość wyrobów z wadami /braków/ po i -tej operacji.

Rozwiązanie niżej sformułowanych zadań na poziomie lokalnym sprowadza się do realizacji warunków:

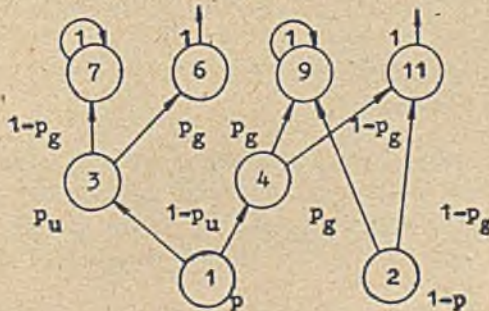
$$q_1^i \rightarrow \min, \quad q_2^i \rightarrow \min, \quad q_3^i \rightarrow \max,$$

przy odpowiednich ograniczeniach $h_j^i, j = 1, 2, 3$.

Modele lokalne skonstruowane zostały w postaci automatów stochastycznych, których stanom wewnętrznym przyrządkowane zostały poszczególne fazy realizacji operacji /działania obiektu/. Wyróżniono następujące stany wewnętrzne: z_1, z_2 - odpowiednio, operacje realizowane na dobrych i złych surowcach; z_3, z_4 - operacje kontroli dla $t_{z2}=1$ i $t_{z2}=0$; z_5 - operacja kontroli po naprawie wyrobu dla $t_{z8}=1$; z_6 - sygnał wyjściowy $y=1$; z_7 - dobre wyroby, które zostały zakwalifikowane do zbioru braków $y=1$; z_8 - operacja naprawy dla $t_{z4}=1$; z_9 - sygnał określający braki $y=0$; z_{10} - operacja kontroli po naprawie wyrobu dla $t_{z8}=0$; z_{11} - stan wyjściowy. W tak określonym zbiorze stanów automatu wyróżnić można struktury wewnętrzne odpowiadające poszczególnym stanom technologicznym obiektu /operacji/. Wymienionym poprzednio stanom technologicznym odpowiadają następujące struktury automatu:

$$\begin{aligned} s_1^i &\longleftrightarrow Z_1^i = \{z_1, z_2, z_6, z_{11}\}, \\ s_2^i &\longleftrightarrow Z_2^i = \{z_1, z_2, z_3, z_4, z_6, z_7, z_9, z_{11}\} \\ s_3^i &\longleftrightarrow Z_3^i = \{z_1, z_2, \dots, z_{11}\} \end{aligned} \quad (18)$$

Reprezentacja graficzna struktury Z_2^i podana została na rys.5.



Rys.5. Reprezentacja graficzna struktury Z_2^i

/1/ t_{z1} - zmienna pomocnicza; $t_{z1}=1$, gdy $r_{1j}=r$; $t_{z1}=0$, gdy $r_{1j}=1-r$,
gdzie r_{ij} jest prawdopodob. przejścia automatu ze stanu i do j .

Tak skonstruowany model symulacyjny obiektu /operacji/ umożliwia rozwiązanie zadań optymalizacji lokalnej danych związkami (17). Informacje wyjściowe, konieczne do określenia wartości występujących tam parametrów, pobierane są z odpowiednich wyjść automatu. Jako parametry sterujące przyjęto poziomy kontroli oraz jakość realizowanej operacji. Model symulacyjny procesu produkcyjnego, niezbędny do rozwiązania zadania optymalizacji globalnej, otrzymuje się łącząc modele lokalne odpowiednio do aktualnej sytuacji technologicznej.

Model globalnego wskaźnika jakości przyjęto w postaci:

$$Q_M = \frac{W_d^N}{K_C}, \quad (19)$$

gdzie:

W_d^N - ilość wyrobów dobrych otrzymanych na wyjściu procesu produkcyjnego /dla N-tej operacji/,
 K_C - globalny koszt produkcji, określany związkiem $K_C = K_d + K_b + K_k + K_n$, przy czym K_d, K_b, K_k, K_n - odpowiednio koszty wyrobów dobrych, braków, operacji kontrolnych i operacji naprawy.

Poszczególne składniki kosztów wyrażają się wzorami:

$$\begin{aligned} K_d + K_b &= \sum_{i=1}^N k^i (w_d^i + w_b^i) \\ K_k &= \sum_{i=1}^N k_m^i (w_d^i + w_b^i) \\ K_n &= \sum_{i=1}^N k_n^i w_b^i \end{aligned} \quad (20)$$

gdzie:

k_m^i - jednostkowy koszt m-tego wariantu kontroli /1/ dla i-tej operacji,
 k_n^i - jednostkowy koszt naprawy dla i-tej operacji.

Wskaźnik globalny (19), ma być maksymalizowany przy ograniczeniu na ilość wyrobów finalnych o wymaganej jakości:

$$W_d^N \geq W_{do}^N, \quad (21)$$

gdzie W_{do}^N jest planowaną ilością wyrobów finalnych.

Wektor X_M , występujący we wzorze (15), jest określony odpowiednimi wielkościami ze wzorów (19), (20), otrzymywanymi z modelu symulacyjnego procesu produkcyjnego.

Procedura rozwiązywania zadania optymalizacji globalnej jest realizowana zgodnie ze schematem podanym na rys.4.

W charakterze przykładu, w tabeli 1 podano fragment otrzymanych rezultatów numerycznych dla trzech szeregowo połączonych operacji. Liczby w kolumnach $0^1, 0^2, 0^3$ oznaczają numer wskaźnika jakości, który został wykorzystany dla danej operacji. W kolumnach u^1, u^2, u^3 zaznaczono symbolicznie optymalne rozwiązania zadań lokalnych /2/.

/1/ Przez wariant kontroli rozumiana jest metoda lub sposób realizacji kontroli, z którym wiąże się określony koszt.

/2/ Szczegóły dotyczące określenia i wyboru decyzji lokalnych nie będą tutaj rozważane.

Tabela 1.

Kombinacje lokalnych wskaźników jakości			Optymalne decyzje lokalne			Wartość globalnego wskaźnika jakości
o^1	o^2	o^3	u^1	u^2	u^3	
1	1	1	D5	D5	D3	0,2625
1	1	2	D5	D5	D7	0,2602
1	1	3	D5	D5	D6	0,2672
1	2	1	D5	D2	D3	0,3131
1	2	2	D5	D2	D7	0,1837
1	2	3	D5	D2	D6	0,3072
1	3	1	D5	D5	D3	0,2615
1	3	2	D5	D5	D7	0,2602
1	3	3	D5	D5	D6	0,2672
2	1	1	D7	D5	D3	0,2744
2	1	2	D7	D5	D7	0,2730
2	1	3	D7	D5	D6	0,2768
2	2	1	D7	D2	D3	0,3219
2	2	2	D7	D2	D7	0,2878
2	2	3	D7	D2	D6	0,2920
2	3	1	D7	D5	D3	0,2744
2	3	2	D7	D5	D7	0,2730
2	3	3	D7	D5	D6	0,2768

Jak widać z zamieszczonych w tabeli danych, wartość globalnego wskaźnika jakości waha się w dość szerokich granicach, w zależności od przyjętego zestawu wskaźników lokalnych.

4. Wnioski końcowe

Przedstawiona koncepcja sterowania dyskretnymi procesami produkcyjnymi różni się w istotny sposób od rozwiązań prezentowanych w literaturze, w odniesieniu do sposobu dekompozycji zadania globalnego, jak też metodyki konstrukcji i wykorzystania modelu symulacyjnego. Istota danego podejścia polega na dopuszczeniu zbiorów lokalnych wskaźników jakości dla poszczególnych obiektów /operacji/ i dopasowaniu ich do aktualnej sytuacji technologicznej procesu, w celu optymalizacji globalnego wskaźnika jakości. Stanowi to jednocześnie pewien wariant optymalizacji wielokryterialnej.

Przeprowadzone badania symulacyjne wykazały, że prezentowane podejście może być w efektywny sposób wykorzystane w sterowaniu procesami produkcyjnymi.

LITERATURA

1. Gościński A.: Komputerowe systemy sterowania złożonymi dyskretnymi procesami produkcyjnymi. Zeszyty Naukowe AGH - Automatyka, z.14, Kraków 1976.
2. Gościński A., Mysona-Byrska E., Nawarecki E.: Solution Research of Multi-level Evolutionary Control Systems Concerning Production Quality in Discrete Metallurgical Processes. Proceedings of the International Symposium SIMULATION '77, Acta Press, Anaheim 1977.
3. Nawarecki E.: Modele nieanalityczne oraz algorytmy o zmiennej strukturze w sterowaniu złożonymi procesami produkcyjnymi. Zeszyty Naukowe AGH - Automatyka, z.10, Kraków 1975.

ЭВОЛЮЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДИСКРЕТНЫМИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ

Резюме

В работе представлена методика оптимализации дискретных производственных процессов с использованием эволюционных систем управления. Суть метода заключается в применении частных множеств показателей для объектов и операций входящих в состав процесса.

Предлагаемая методика использовалась для конструирования системы управления качеством серийного производства.

EVOLUTIONARY CONTROL SYSTEM OF DISCRETE PRODUCTION PROCESSES

Summary

In the paper a method of discrete production processes optimization with the aid of evolutionary control systems is presented. The method developed is applied in construction of control system for serial production.