

Tadeusz Przybysz
Instytut Automatyki
Politechnika Śląska

HARMONOGRAMOWANIE TRANSPORTU WEWNĄTRZZAKŁADOWEGO NA PRZYKŁADZIE TŁOCZNI

Streszczenie: W referacie przedstawiono model matematyczny oraz algorytm harmonogramowania transportu wewnątrzzakładowego na przykładzie tłoczni blach karoseryjnych. Algorytm oparty jest na metodzie programowania wieloetapowego.

1. Wstęp

Jednym z etapów produkcji karoserii samochodowych jest tłoczenie blach karoseryjnych. Materiałem wejściowym dla procesu tłoczenia są pakiety blach /przygotówek/ znajdujące się w magazynie krajalni. Na wydziale tłoczni wyróżnić można szereg linii obróbczych składających się z pras hydraulicznych. Przygotówki określonego typu dostarczane są przez wózki akumulatorowe na pole odstawcze przygotówek przed konkretną linią. Po przejściu określonych operacji technologicznych na prasach, kierowane są, już jako wytłoczki, na pole odstawcze wytłoczek. Stąd wózki akumulatorowe przewożą je do magazynu tłoczni.

W pracy [1] przedstawiono heurystyczny algorytm harmonogramowania pracy środków transportowych na wydziale tłoczni. Celem poniższego opracowania jest podanie modelu matematycznego rozwiązywanego problemu [2], [3] oraz opracowanie algorytmu znajdowania optymalnego /w sensie przyjętego kryterium/ harmonogramu. Wykorzystano metodę programowania wieloetapowego. Zasadniczymi elementami algorytmu opartego na tej metodzie są: stan procesu decyzyjnego, wartość stanu, procedury generowania stanów, procedury eliminacji stanów.

2. Analiza pracy środków transportowych na wydziale tłoczni.

Harmonogram pracy tłoczni jest nadrzędnym w stosunku do harmonogramu pracy środków transportowych. Zadaniem tych ostatnich jest bowiem zabezpieczenie ciągłości pracy tłoczni, przez dowożenie z magazynu krajalni, na określony termin /kolejne etapy realizacji zamówienia przez tłocznia/, określonej liczby przygotówek danego typu oraz odwożenie wytłoczek do magazynu tłoczni. Przygotówki oraz wytłoczki przewożone są w paletach.

Wózek jednorazowo może zabrać tylko jedną paletę. Zakłada się przy tym, że wszystkie zadania związane z transportem przygotówek lub wycłoczek dla realizacji jednego zamówienia wykonywane są przez ten sam wózek.

Tłocznia składa się z szeregu linii obróbczych będących ciągiem pras tłoczących, przez które /niekoniecznie przez wszystkie/ przechodzą przygotówki zgodnie z technologią tłoczenia. Przy każdej linii wyróżnić można pole odstawcze /bufor/ przygotówek oraz pole odstawcze /bufor/ wycłoczek. Pojemność tych buforów jest ograniczona do określonej liczby palet.

W czasie tłoczenia palety z przygotówkami kolejno opuszczają bufor. Odbyna się to nie jednorazowo, a sukcesywnie, zależnie od szybkości tłoczenia. Ze względu na ograniczoną pojemność bufora dostawa palet również musi odbywać się sukcesywnie, zależnie od zawartości bufora. Wymaganiem zasadniczym jest zapewnienie ciągłości pracy tłoczni. W buforze wycłoczek sytuacja jest podobna: palety z wycłoczkami wchodzi do bufora w określonych odstępach czasu i ze względu na ograniczoną jego pojemność konieczne jest by były na bieżąco odwożone do magazynu wycłoczek. Z tak przedstawionego opisu pracy tłoczni wynika, że dowożenie palet z przygotówkami różnych typów do danego bufora musi być rozdzielone w czasie. To samo dotyczy transportu palet z wycłoczkami.

Na podstawie harmonogramu tłoczni można podać najpóźniejsze terminy dostarczenia każdej palety do bufora przy określonej linii. Jako kryterium optymalizacji przyjęto sumaryczne opóźnienie dostawy przygotówek do linii pras w stosunku do tych terminów. Bezpośredni wpływ na wartość tak sformułowanego kryterium ma dostawa przygotówek. Ze względu na ograniczoną pojemność bufora wycłoczek, pośredni wpływ na przyjęte kryterium ma również odwożenie wycłoczek.

3. Sformułowanie problemu.

Założono, że dany jest zbiór zadań:

$$\Omega = \left\{ \omega_{n,1} \right\} \begin{matrix} (n=1, N) \\ (i=1, 2) \end{matrix} \quad //1/$$

gdzie: $\omega_{n,1}$ - zadanie transportu jednej palety z przygotówkami z magazynu krajalni do bufora przygotówek;

$\omega_{n,2}$ - zadanie transportu jednej palety z wycłoczkami z bufora wycłoczek do magazynu tłoczni.

Związek między zadaniami polega na tym, że w wyniku realizacji zadania $\omega_{n,1}$ i wykonania operacji tłoczenia możliwe jest wykonanie zadania $\omega_{n,2}$.

Każde więc z zadań $\omega_{n,1} / n=\overline{1,N}$, poprzedza zadanie $\omega_{n,2}$. Każde zadanie związane jest z określonym zamówieniem: w skład zamówienia wchodzi paleta z określonymi przygotowkami, a po wykonaniu operacji tłoczenia - wytłoczkami. Przynależność ta podana jest przez wektor:

$$z = [z_n] \quad (n=\overline{1,N}) \quad /2/$$

gdzie: z_n - numer zamówienia do którego należy zadanie $\omega_{n,1} / \omega_{n,2}$.

Na podstawie harmonogramu tłoczni można podać terminy zakończenia dostawy przygotowki do bufora:

$$\psi = [\psi_n] \quad (n=\overline{1,N}) \quad /3/$$

gdzie: ψ_n - termin najpóźniejszego zakończenia realizacji zadania $\omega_{n,1}$.

Tłocznia składa się z szeregu linii pras:

$$\mathcal{L} = \{L_j\} \quad (j=\overline{1,J}) \quad /4/$$

gdzie: L_j - j - ta linia obróbcza;

Przy każdej linii znajduje się bufor przygotowki o pojemności β_p oraz bufor wytłoczek o pojemności β_w .

Zadania są jednoznacznie przyporządkowane liniom przez wektor:

$$u = [u_n] \quad (n=\overline{1,N}) \quad /5/$$

gdzie: u_n - numer linii obróbczej związanej z realizacją zadania $\omega_{n,1}, \omega_{n,2}$.

Czasy trwania operacji tłoczenia jednej palety dane są wektorem:

$$\odot [t_n] \quad (n=\overline{1,N}) \quad /6/$$

gdzie: ψ_n - czas trwania operacji tłoczenia przygotówek dostarczonych w wyniku realizacji zadania $\omega_{n,1}$.

Niech dany będzie zbiór agregatów /wózków transportowych/:

$$\mathcal{K} = \{A_m\} \quad (m=1, N) \quad /7/$$

gdzie: A_m - m-ty wózek transportowy

Wszystkie agregaty są jednakowe. Na początku okresu harmonogramowania wózki znajdują się przy magazynie krajalni. Jednorazowo mogą zabrać jedną paletę. Zakłada się, że jeden wózek realizuje wszystkie zadania $\omega_{n,1}$ lub wszystkie zadania $\omega_{n,2}$ należące do tego samego zamówienia.

Czasy transportu palet przez wózki dane są wektorami:

$$T^1 = [\gamma_j^1] \quad T^2 = [\gamma_j^2] \quad (j=1, J) \quad /8/$$

gdzie: γ_j^1 - czas przejazdu wózka z magazynu krajalni do bufora wytłoczek przy linii L_j

γ_j^2 - czas przejazdu wózka z bufora wytłoczek przy linii L_j do magazynu tłocznia

Czas przejazdu wózka nie zależy od obciążenia.

Jako kryterium optymalizacji przyjęto funkcję postaci:

$$Q = \sum_{n=1}^N (\rho_n - \psi_n) \nu(\rho_n - \psi_n) \rightarrow \min. \quad /9/$$

gdzie: ρ_n - chwila rozpoczęcia operacji tłoczenia przygotówek dostarczonych w wyniku realizacji zadania $\omega_{n,1}$.

Zadaniem harmonogramowania tak sformułowanego procesu transportu na wydziale tłocznia jest określenie dla każdego zadania miejsca realizacji /tzn. numeru wózka transportowego/ oraz przedziału czasu realizacji.

Harmonogram jest dopuszczalny jeżeli spełnia następujące ograniczenia:

- niepodzielności zadań:

$$\bigvee_{1 \leq n \leq N} (t_{n,1} = \rho_{n,1} + \gamma_{u_n}^1) \wedge (t_{n,2} = \rho_{n,2} + \gamma_{u_n}^2) \quad /10/$$

- sekwencyjnej realizacji zadań:

$$f_n \geq t_{n,1}$$

$$f_n + \vartheta_n \leq f_{n,2} \quad /11/$$

- przydziału zadań z tego samego zamówienia do tego samego agregatu:

$$\begin{matrix} \nabla & \nabla \\ 1 \leq n \leq N & 1 \leq \mu \leq N \end{matrix} (z_n = z_\mu) \Rightarrow (\omega_{n,1} \rightarrow A_{m1}) \wedge (\omega_{\mu,1} \rightarrow A_{m1}) \quad /12/$$

$$\begin{matrix} \nabla & \nabla \\ 1 \leq n \leq N & 1 \leq \mu \leq N \end{matrix} (z_n = z_\mu) \Rightarrow (\omega_{n,2} \rightarrow A_{m2}) \wedge (\omega_{\mu,1} \rightarrow A_{m2})$$

gdzie: $f_{n,1}, f_{n,2}$ - chwila rozpoczęcia realizacji zadań $\omega_{n,1}, \omega_{n,2}$

$t_{n,1}, t_{n,2}$ - chwila zakończenia realizacji zadań $\omega_{n,1}, \omega_{n,2}$

→ - symbol przydziału zadania do wózka.

4. Algorytm

Rozwiązanie problemu harmonogramowania transportu wewnątrzzakładowego na wydziale tłoczni zostanie podane w postaci algorytmu programowania wieloetapowego. Dochodzenie do rozwiązania końcowego jest dla tego algorytmu - etapowym procesem decyzyjnym /gdzie 2N - liczba zadań/. Na każdym etapie podejmuje się decyzje o przydziale zadania do środka transportowego. W przypadku, gdy ma się do dyspozycji odpowiednio duży obszar pamięci operacyjnej i nie narzuca się ograniczenia na czas obliczeń, uzyskać można rozwiązanie optymalne /w sensie przyjętego kryterium/. Podstawowymi elementami omawianego algorytmu są:

- stan procesu decyzyjnego, zawierający na każdym etapie decyzyjnym informacje o przydziale zadań do środków transportowych i przedziałach czasu realizacji;
- wartość stanu, będąca liczbową interpretacją funkcji kryterialnej;
- procedury generowania stanów umożliwiające uzyskiwanie stanów etapu $l + 1$, na podstawie stanów etapu l ;
- procedury eliminowania stanów, określające sposoby pomijania pew-

-nych stanów w dalszych obliczeniach;

4.1. Stan procesu decyzyjnego

Stan procesu decyzyjnego to macierz

$$P^{\lambda, \eta} = \begin{matrix} \lambda, \eta \\ P_{n,1} \end{matrix} \quad \begin{matrix} (n = \overline{1, N}) \\ (i = \overline{1, 5}) \\ (\eta = \overline{0, 2N}) \\ (\lambda = \overline{1, L\eta}) \end{matrix} \quad /13/$$

gdzie: η - numer etapu decyzyjnego ;
 λ - numer stanu w ramach etapu η ;
 $L\eta$ - liczba stanów na etapie η .

Kolejne kolumny macierzy, mają następującą interpretację:

$$\begin{aligned} P_{n,1}^{\lambda, \eta} &= \begin{cases} t_{n,1}; \omega_{n,1} \rightarrow P^{\lambda, \eta} \\ 0; \end{cases}; P_{n,2}^{\lambda, \eta} = \begin{cases} m_1; \omega_{n,1} \rightarrow A_{m_1} \\ 0; \end{cases} \\ P_{n,3}^{\lambda, \eta} &= \begin{cases} t_{n,2}; \omega_{n,2} \rightarrow P^{\lambda, \eta} \\ 0; \end{cases}; P_{n,4}^{\lambda, \eta} = \begin{cases} m_2; \omega_{n,2} \rightarrow A_{m_2} \\ 0; \end{cases} \\ P_{n,5}^{\lambda, \eta} &= \begin{cases} \rho_n; \omega_{n,2} \rightarrow A_{m_2} \\ 0; \end{cases} \end{aligned} \quad /14/$$

gdzie: $t_{n,1}$ - chwila zakończenia realizacji zadania
 $\omega_{n,1}$ /wejście palety do bufora/

$t_{n,2}$ - chwila zakończenia realizacji zadania
 $\omega_{n,2}$ /wejście palety do magazynu wytłoczek/

ρ_n - chwila rozpoczęcia operacji tłoczenia przy-
 gotówek dostarczonych w wyniku realizacji
 zadania $\omega_{n,1}$

m_1/m_2 - numer agregatu realizującego zadanie $\omega_{n,1}/$
 $\omega_{n,2}$

\rightarrow - symbol przydzielenia zadania do stanu lub
 agregatu

W ogólnym przypadku m_1 może być równe m_2 .

4.2. Wartość stanu

Ze stanem $P^{\lambda, \eta}$ związana jest liczba $V^{\lambda, \eta}$ określona jako wartość stanu, obliczana w sposób następujący:

$$V^{\lambda, \eta} = \sum_{n=1}^N (p_n - \psi_n) \eta (p_n - \psi_n) \quad /15/$$

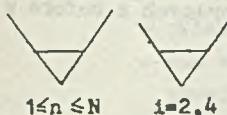
Sumowanie odbywa się więc tylko dla tych operacji tłoczenia, dla których obwila wejścia na tłocznia opóźniła się w stosunku do terminu ψ_n .

4.3. Procedury generowania stanów

Przed podaniem procedur generowania stanu $P^{1, \eta+1}$ ze stanu $P^{\lambda, \eta}$ przez przydział zadania $\omega_{n,i}$ do agregatu A_m , konieczne jest obliczenie pewnych wielkości dla stanu $P^{\lambda, \eta}$ dla większej przejrzystości zapisu pominięto w zapisie symbole λ, η :

1. Terminy dostępności $A_m / m=1, M /$ przy magazynie przygotówek $d_{m,1}$ oraz przy linii $L_{u_n} = d_{m,2}$:

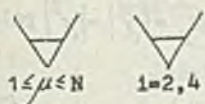
- jeżeli A_m znajduje się przy magazynie krajalni, tzn.



$$\left(P_{n,i}^{\lambda, \eta} = m \right) \vee (\eta = 0) \Rightarrow \begin{cases} d_{m,1} = 0 \\ d_{m,2} = \tau_{u_n}^1 \end{cases} \quad /16/$$

- jeżeli A_m znajduje się przy magazynie tłoczni, tzn.

$$\left(\max_{(u,i) \in \alpha} p_{\mu,1}^{\lambda, \eta} = p_{j,3}^{\lambda, \eta} \right) \Rightarrow \begin{cases} d_{m,1} = p_{j,3}^{\lambda, \eta} + \tau^* \\ d_{m,2} = p_{j,3}^{\lambda, \eta} + \tau_{\mu_n}^2 \end{cases} \quad /17/$$



$$\left(P_{\mu,1}^{\lambda, \eta} = m \right) \Rightarrow ((\mu, i-1) \in \alpha)$$

gdzie: τ^* - czas przejazdu z magazynu tłoczni do magazynu krajalni

- jeżeli Λ_n znajduje się przy linii L_j , tzn.

$$\left(\max_{(\mu, i) \in \mathcal{C}} p_{\mu, i}^{\lambda, \eta} - p_{j, 1}^{\lambda, \eta} \right) \wedge (u_j = j) \Rightarrow \begin{cases} d_{n, 1} = p_{j, 1}^{\lambda, \eta} + \gamma_j^1 \\ d_{n, 2} = p_{j, 1}^{\lambda, \eta} + |\gamma_j^1 - \gamma_{u_n}^1| \end{cases} \quad /18/$$

2. Chwile $\beta_{n, 1}^{**}$, kiedy może się rozpocząć realizacja zadań $\omega_{n, 1}$ - w odniesieniu do punktu startowego wózków przy magazynie krajalni.

- jeżeli bufor przygotówek przy linii u_n jest pusty, tzn.

$$\bigvee_{1 \leq \mu \leq N} (u_\mu = u_n) \wedge (p_{\mu, 1}^{\lambda, \eta} = 0) \Rightarrow (\beta_{n, 1}^{**} = 0) \quad /19/$$

- nie spełnienie warunku /19/ zmusza do określenia chwili czasowej, kiedy kolejno paleta może wejść do bufora:

Niech:

$|\gamma^1|$ - oznacza liczbę palet dostarczonych do bufora od początku okresu harmonogramowania

$|\gamma^2|$ - oznacza liczbę palet pobranych z bufora w tym czasie;

gdzie:

$$\bigvee_{1 \leq \mu \leq N} (p_{\mu, 1}^{\lambda, \eta} > 0) \wedge (u_n = u_\mu) \Rightarrow (\mu \in \gamma^1)$$

$$\bigvee_{\mu \in \gamma^1} (p_{\mu} > 0) \Rightarrow (\mu \in \gamma^2)$$

W chwili $\beta_n = \max_{\mu \in \gamma^2} p_{\mu}$

w buforze przygotówek znajduje się $\delta_p = |\gamma^1| - |\gamma^2|$ palet.

$$\text{Jeżeli: } \beta_p - \delta_p \begin{cases} = 1 & \beta_{n, 1}^* = \beta_n \\ < 1 & \beta_{n, 1}^* = \infty \end{cases} \quad /21/$$

Jeżeli $\frac{D}{\rho} + \delta_p > 1$, to można paletę dostarczyć jeszcze przed terminem ρ_p . Niech zatem:

1. $\gamma^2 = \gamma^2 - \{\nu\}$
2. $\rho_p = \max_{\mu \in \gamma^2} \rho_{\mu}$ /22/
3. $\delta_p = |\gamma^1| - |\gamma^2|$

Jeżeli $\rho_p - \delta_p \begin{cases} = 1 & \rho_{n,1}^* = \rho_p \\ > 1 & \text{powtarzamy procedurę od 1.} \end{cases}$

Ostateczna wartość $\rho_{n,1}^{**}$ wynosi:

$$\rho_{n,1}^{**} = \max \left(\rho_{n,1}^*, \max_{\mu \in \gamma^1} \rho_{\mu,1}^{\lambda, \eta} \right) - \rho_{u_n}^1 \quad /23/$$

3. Chwile ρ_n kiedy przygotówki związane z zadaniami $\omega_{n,1}$ wchodzi na tłocznię:

$$\rho_n = \max \left(\rho_{n,1}^{\lambda, \eta}; \psi_n; \rho_n^*; \rho_p + \delta_p \right) \quad /24/$$

gdzie:

$$\rho_p = \max_{\mu \in \gamma^2} \rho_{\mu} \quad / \gamma^2 \text{ jak w /20//}$$

ρ_n^* - rozpoczęcie operacji tłoczenia ze względu na ograniczoną pojemność bufora wytłoczek

- jeżeli $(|\gamma^2| - 1) \wedge (n \in \gamma^2) \Rightarrow \rho_n^* = 0$ /25/

- nie spełnienie warunku /25/ zmusza do określenia chwili czasowej kiedy kolejna paleta może wejść do bufora wytłoczek:

niech: $|\gamma^2|$ - oznacza liczbę palet dostarczonych do bufora wytłoczek od początku okresu harmonogramowania

$|\gamma^3|$ - oznacza liczbę palet zabranych z bufora w tym czasie /26/

gdzie: γ^2 - jak w /20/

$$\forall_{\mu \in \gamma^2} (\rho_{\mu,3}^{\lambda, \eta} > 0) \Rightarrow (\mu \in \gamma^3)$$

W chwili $\rho_{v,2} = \max_{\mu \in \gamma^3} (\rho_{\mu,3}^{\lambda, \eta} - \rho_{u_\mu}^2)$ w buforze wytłoczek znajduje

się $\delta_v = |\gamma^2| - |\gamma^3|$ palet.

$$\text{Jeżeli: } \rho_v - \delta_v \begin{cases} = 1; \rho_n^* = \rho_{v,3}^{\lambda, \eta} - \rho_{u_v}^2 - \rho_n^2 \\ < 1; \rho_n^* = \infty \end{cases} \quad /27/$$

W wypadku gdy $\rho_v - \delta_v > 1$, można paletę dostarczyć przed terminem

$\rho_{v,2} - \rho_{u_v}^2$; niech zatem

$$\begin{aligned}
 1. \quad \gamma^3 &= \gamma^3 - \{\gamma\} \\
 2. \quad \rho_{\gamma,2} &= \max_{\mu \in \gamma^3} (p_{\mu,3}^{\lambda, \eta} - \gamma_{u_\mu}^2) \quad /28/ \\
 3. \quad \delta_w &= |\delta^2| - |\delta^3|
 \end{aligned}$$

W wypadku gdy $\beta_w - \delta_w \begin{cases} = 1 \\ > 1 \end{cases} \Rightarrow \rho_n^* = p_{\gamma,3}^{\lambda, \eta} - \gamma_{u_\gamma}^2 - \gamma_n$
 > 1 = powtarzamy procedurę od punktu 1.

4. Chwila $\rho_{n,2}^*$, kiedy może się rozpocząć realizacja zadań $\omega_{n,2}$ /przy buforze wytłoczek linii u_n : $\rho_{n,2}^* = \rho_n + \gamma_n$ /29/

Procedurę generowania stanów zapisać można oddzielnie dla zadań $\omega_{n,1}^*$

$$\text{I) } \begin{array}{c} \nabla \\ \gamma=1,2 \end{array} \begin{array}{c} \nabla \\ (n,1) \in \alpha_\gamma^{\lambda, \eta} \end{array} \quad (i=1) \wedge (\rho_{n,1}^* < \infty) \Rightarrow p^{1, \eta+1} = p^{\lambda, \eta} + \Delta P$$

$$\Delta P_{1,1} = \begin{cases} t_{n,1} & ; \quad i=n \\ 0 & ; \end{cases} \quad \Delta P_{1,2} = \begin{cases} m & ; \quad i=n \\ 0 & ; \end{cases} \quad \begin{aligned} \Delta P_{1,3} &= 0 \\ \Delta P_{1,4} &= 0 \\ \Delta P_{1,5} &= 0 \end{aligned} \quad /30/$$

$$\text{II) } \begin{array}{c} \nabla \\ \gamma=1,2 \end{array} \begin{array}{c} \nabla \\ (n,1) \in \alpha_\gamma^{\lambda, \eta} \end{array} \quad (i=2) \wedge (p_{n,1}^{\lambda, \eta} > 0) \Rightarrow p^{1, \eta+1} = p^{\lambda, \eta} + \Delta P$$

$$\begin{aligned}
 \Delta P_{1,1} &= 0 \\
 \Delta P_{1,2} &= 0; \Delta P_{1,3} = \begin{cases} t_{n,2} & ; \quad i=n \\ 0 & ; \end{cases}; \Delta P_{1,4} = \begin{cases} m & ; \\ 0 & ; \end{cases}; \Delta P_{1,5} = \begin{cases} \rho_n & ; \quad i=n \\ 0 & ; \end{cases}
 \end{aligned} \quad /31/$$

gdzie: dla $\gamma=1$, otrzymuje się zbiór zadań z jeszcze nie realizowanymi zamówieniami w sposób następujący

$$\begin{array}{c} \nabla \\ 1 < \mu < N \end{array} \begin{array}{c} \nabla \\ i=1,2 \end{array} \begin{array}{c} \nabla \\ 1 < j < N \end{array} (p_{\mu,1+i}^{\lambda, \eta} = 0) \wedge (p_{j,1+i}^{\lambda, \eta} > 0) \wedge (z_\mu + z_j) \wedge \left(\bigvee_{(k,1) \in \alpha_1^{\lambda, \eta}} (1=1) \right) \Rightarrow \\
 \Rightarrow (z_k + z_l) \Rightarrow (\mu, 1) \in \alpha_1^{\lambda, \eta} \quad /32/
 \end{array}$$

dla $\nu=2$, otrzymuje się zbiór zadań z realizowanego zamówienia

$$\bigvee_{k, \mu \in N} \bigvee_{i=1,2} \exists 1 \leq j \leq N \left(p_{\mu, i+1}^{\lambda, \eta} = 0 \right) \wedge \left(p_{j, i+1}^{\lambda, \eta} > 0 \right) \wedge \left(z_{\mu} = z_j \right) \left\{ \bigvee_{(k, l) \in \alpha_2^{\lambda, \eta}} \lambda_{\eta}(i=1) \mapsto (z_k + z_l) \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (\mu, i) \in \alpha_2^{\lambda, \eta} \quad /33/$$

$$t_{n, i} = \max(p_{n, i}^{xx}, d_{n, i}) + r_{u_n}^i$$

p_n - według /24/

$p_{n, 1}^{xx}$ - według /23/

$p_{n, 2}^{xx}$ - według /29/

agregat Λ_n wyznacza się z warunków:

$$\begin{cases} \nu = 1 & ; d_{n, i} - p_{n, i}^{xx} = \min_{k, \mu \in N} (d_{\mu, i} - p_{n, i}^{xx}) \\ \nu = 2 & ; \text{dla } i=1 \quad n = p_{\mu, 2}^{\lambda, \eta} \\ & \text{dla } i=2 \quad n = p_{\mu, 4}^{\lambda, \eta} \end{cases} \quad (\mu, i) \in \alpha_2^{\lambda, \eta}$$

4.3. Eliminacja stanów

Podczas procesu obliczeniowego, na każdym etapie decyzyjnym istnieje możliwość eliminacji stanów, uznanych za nieperspektywiczne z punktu widzenia możliwiej do uzyskania jakości przyszłego rozwiązania końcowego.

Rozpatrując dwa stany $P^{\lambda_1, \eta}$, $P^{\lambda_2, \eta}$ uznaje się, że stan $P^{\lambda_1, \eta}$ dominuje nad stanem $P^{\lambda_2, \eta}$, jeżeli spełnione są następujące warunki:

$$\bigvee_{1 \leq n \leq N} \bigvee_{j=1,3} \bigvee_{i=1,2} \bigvee_{1 \leq m \leq N} \left[\left(p_{n, j}^{\lambda_1, \eta} = 0 \right) \Leftrightarrow \left(p_{n, j}^{\lambda_2, \eta} = 0 \right) \right] \wedge \left(d_{m, 1}^{\lambda_1} \leq d_{m, 1}^{\lambda_2} \right) \wedge$$

$$\wedge \left(p_{n, 3}^{\lambda_1} \leq p_{n, 1}^{\lambda_2} \right) \wedge \left(p_n^{\lambda_1} \leq p_n^{\lambda_2} \right) \wedge \left(v^{\lambda_1, \eta} \leq v^{\lambda_2, \eta} \right) \quad /34/$$

Stan $P^{\lambda_2, \eta}$ zostaje w takim przypadku pominięty w dalszych obliczeniach. Nie ma bowiem możliwości, wychodząc z tego stanu, uzyskania rozwiązania końcowego lepszego od tego jakie można uzyskać ze stanu $P^{\lambda_1, \eta}$.

5. Zakończenie

W tym referacie przedstawiono model matematyczny oraz algorytm harmonogramowania pracy środków transportowych na wydziale tłoczni. Wykorzystano metodę programowania wieloetapowego. Ocena efektywności algorytmu wymaga przeprowadzenia testów komputerowych.

Opracowany model matematyczny procesu jest przybliżeniem modelu rzeczywistego. Przyjęto bowiem następujące założenia:

- paleta służąca do transportu przygotówek, zostaje wykorzystana do transportu wytłoczek. W praktyce inne palety służą do transportu przygotówek, a inne do transportu wytłoczek. Wytłoczek mieści się w paletcie kilkakrotnie mniej niż przygotówek. Dlatego zadań transportu tych pierwszych jest znacznie więcej. Pojawia się również problem transportu pustych palet;
- nie istnieją żadne ograniczenia związane z drogami transportowymi i ich przepustowością, co jest również uproszczeniem;

Uwzględnienie tych ograniczeń w modelu matematycznym procesu jest możliwe i temu problemowi będą poświęcone dalsze prace autora.

LITERATURA

- [1]. Duda J. : Algorytm harmonogramowania transportu wewnątrzzakładowego. ZN. Pol.Śl. 55/80, Gliwice, 1980.
- [2]. Jurczyk Z.: Model procesu wytłaczania i koncepcja wieloprocedurowego, heurystycznego algorytmu harmonogramowania. ZN. Pol.Śl. 55/80, Gliwice, 1980.
- [3]. Kowalowski H. i inni : Automatyzacja dyskretnych procesów przemysłowych. WNT Warszawa /w druku/.
- [4]. Piasecki S., Kaszubowski Z.: Optymalizacja systemów zaopatrzenia. PWN, Warszawa-Lódź 1982.
- [5]. Korbut A.A., Finkelsztejn J.J.: Programowanie dyskretnie. PWN, Warszawa 1974.

Recenzent: Prof.dr hab.inż. Stanisław Piasecki

Wpłynęło do Redakcji do 30.03.1984r.

СОСТАВЛЕНИЕ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНА ДЛЯ ВНУТРИЗАВОДСКОГО ТРАНСПОРТА
НА ПРИМЕРЕ ШТАМПОВОЧНОГО ЦЕХА

Резюме

В работе показывается математическая модель а также алгоритм составления календарного плана для внутризаводского транспорта на примере цеха штамповки кузовов легковых автомобилей. Алгоритм основан на методе многоэтапного программирования.

WORKS TRANSPORT SCHEDULING WITH STAMPING PLANT AS AN EXAMPLE

Summary

Mathematical model and algorithm of works transport scheduling is present. A stamping plant of motor - car body sheets is considered as an example. The algorithm is based on multistage programming method.