

Jan KOWAL

Instytut Technologii  
i Organizacji Budownictwa

#### MODELOWANIE WARUNKÓW PRZEBRAJANIA FORM NA PRZYKŁADZIE LINII PRAS - BET

**Streszczenie.** W referacie określono zasady wzajemnej synchronizacji między produkcją linii a montażem. Stwierdzono, że głównym problemem jest przeobrażanie form. Sformułowane warunki przeobrażania dotyczą wydajności montażu, ilości ciągów montażowych, pojemności magazynu gotowych wyrobów, ilości stanowisk przeobrażania oraz wydajności linii formowania. Schemat zależności między tymi warunkami przedstawiono na modelu graficznym.

#### 1. Wprowadzenie

Przebieg produkcji na linii technologicznej odznaczającej się dużą wydajnością i złożonym programem produkcji uzależniony jest od wielu czynników. Najważniejsze z nich dotyczą technologii i organizacji linii formowania oraz organizacji montażu i transportu. Między produkcją elementów a ich montażem istnieją określone zależności, które warunkują wzajemną synchronizację.

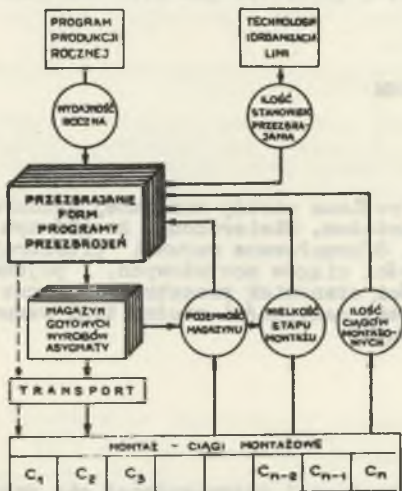
Właściwa synchronizacja eliminuje sytuację, kiedy produkcja wytwórni jest ograniczona możliwościami montażu i transportu. Produkcja wytwórni powinna być wiodącą w stosunku do montażu. Jedynie w zakresie struktury i wielkości poszczególnych wyjściowych programów produkcji montaż powinien korygować plany produkcyjne linii.

Podział programu produkcji na części i ustalenie wielkości tych części jest uzależnione przede wszystkim organizacją przebrojeń form na linii, pojemnością magazynu gotowych wyrobów oraz ilością ciągów montażowych. Najistotniejszym problemem jest obecnie opracowanie metody programowania przebrojeń na linii, uwzględniając zarówno wymogi i warunki montażu jak i właściwości technologii i organizacji danej linii [1].

Rozwiązanie tego problemu wymaga najpierw określenia warunków przebrojeń a później, w oparciu o te warunki, opracowania metody wykonywania bieżących szczegółowych programów przebrojeń. W niniejszym referacie podjęto próbę określenia warunków przeobrażania form na przykładzie linii PRAS-BET w P.W.E.W. w Bytomiu.

## 2. Warunki przeobrażania form

W procesie produkcji uniwersalnej linii technologicznej przeobrażanie form stanowi jeden z głównych problemów organizacyjnych, warunkujących osiągnięcia zadanej wielkości produkcji rocznej. Rozwiązanie tego problemu



polega na opracowaniu optymalnych programów przeobrażeń form, uwzględniających najważniejsze zależności między podstawowymi ogniwami całego cyklu realizacyjnego. Rys. 1 przedstawia schemat powiązań tych ogniw w ujęciu modelowym. Poszczególne zależności uwidocznione w modelu stanowią funkcje, których zmiennymi są podstawowe parametry organizacji linii formowania, magazynu gotowych wyrobów oraz montażu.

Funkcje te są zidentyfikowane w dalszej części referatu.

Rys. 1. Model blokowy warunków przeobrażania form

### 2.1. Wydajność linii

Ogólna postać wyrażenia określającego wydajność linii w skali rocznej jest funkcją  $W_r = f(S, R)$ .

W pracy [2] funkcję tę sprowadzono do postaci

$$W_r = \frac{W_0 R_0}{S_0} \cdot \frac{S}{R} \quad (\text{izb/rok}) \quad (1a)$$

gdzie:

$W_0, R_0, S_0$  - wielkości stałe, które określają kolejno ilości izb, rytm oraz wskaźnik technologiczności, wyliczone dla określonego programu modelowego produkcji,

$S$  - wskaźnik technologiczności programu, dla którego przygotowuje się plany zaformowań,

$R$  - rytm planowanej produkcji.

Aby linia technologiczna mogła uzyskać roczną wydajność  $W_r$  równą założonej zdolności produkcyjnej  $W_{r0}$

$$W_r = W_{r0} \quad (1b)$$

powinna charakteryzować produkcję zależność

$$R \leq \frac{W_o \cdot R_o}{W_{ro} \cdot S_o} \cdot S \quad (2)$$

Po ustaleniu na podstawie przygotowanych okresowych planów zaformowań wartości  $S$  wyznacza się górną granicę rytmu  $R_{\max}$ ; przekroczenie tej granicy prowadzi do niespełnienia warunków (1b). Wartość  $R_{\min}$  jest zdeterminowana technologią formowania.

Ustalona wartość rytmu  $R$  spełniająca warunek

$$R_{\min} \leq R \leq R_{\max} \quad (3)$$

narzuca odpowiednie tempo przezbierania i przygotowywania nowych form do obiegu na linii oraz jest podstawą do obliczania granicznej ilości stanowisk przezbierania.

## 2.2. Graniczna ilość stanowisk przebrojeń

Na linii formowania o zintensyfikowanym procesie i złożonym programie produkcji powinny znajdować się obok stanowisk roboczych stanowiska pomocnicze. Zadaniem ich będzie odciążenie stanowisk roboczych o najbardziej pracochłonnych operacjach. Najważniejsze z nich to stanowiska do przezbierania form. Nieodzowną ilość tych stanowisk  $n_p$  określa zależność

$$n_p \cdot R_{\text{sr}} \cdot \sum_{n_{cm}} \cdot J_z(E_m) \geq S_b \sum_{n_{cm}} t_p(E_m) \quad (4)$$

gdzie:

$n_{cm}$  - ilość ciągów montażowych,

$R_{\text{sr}}$  - średni rytm produkcji,

$\sum_{n_{cm}} J_z(E_m)$  - sumaryczna ilość zaformowań dla ustalonych wielkości etapu montażu  $E_m$  poszczególnych  $n_{cm}$  ciągów montażowych,

$\sum_{n_{cm}} t_p(E_m)$  - łączny czas przebrojeń dla etapu montażu  $E_m$  dla  $n_{cm}$  ciągów montażowych,

$S_b$  - współczynnik uwzględniający ilość produkowanych elementów zbrakowanych.

Zależność ta dotyczy taśmowej linii formowania oraz stanowiskowego przezbierania form przy założeniu, że operacje przezbierania przebiegają równolegle na wszystkich stanowiskach bez przerw, a czas ich trwania jest równy czasowi formowania. Spełnienie tego wymogu zmusza do ustalenia takiej kolejności formowania elementów (zestawów elementów) i takiej ich ilości, aby wyeliminować potrzebę przezbierania form w danej chwili, w ilości większej niż wynosi ilość wolnych stanowisk przezbierania. Ponadto należy spełnić wymogi asortymentowego programu produkcji, będące z kolei uza-



leżnione od postępu prac montażowych na placu budowy oraz wymogi oddzia-  
 łów wykończenia.

W związku z powyższym ilość stanowisk przezbrajania nie może być mniejsza  
 od granicznej  $n_{pE}$ , która określa zależność

$$n_{pE} = \frac{S_{\Sigma} \sum_{cm} t_p (E_m)}{R_{cm} \sum_{cm} J_z (E_m)} \quad (5)$$

W przeciwnym przypadku może nastąpić zmniejszenie produkcji na skutek:

- włączenia przy obiegu wymuszonym na linii form nie przygotowanych, a więc  
 nie zaformowanych (pustych),
- zwiększenia rytmu  $R$  linii,  
 odstępstw od zaprogramowanych zestawów elementów w formie (włączenie w  
 obieg zestawów o mniejszej robociźnie przezbrojenia). Dodatkowym ujem-  
 nym skutkiem może być obniżenie dokładności montażu wkładów, spowodowanej  
 nadmiernym pośpiechem, co wpłynie na zmniejszenie ich trwałości oraz do-  
 kładności wykonania gotowych elementów. Pewna trudność powstaje przy  
 identyfikowaniu wyrażenia

$$\sum_{cm} t_p (E_m).$$

Dokładne określenie sumy czasu trwania przezbrojeń wymaga pomiaru czasu  
 wykonania podstawowych operacji drogą chronometrażu i wykorzystania otrzy-  
 manych wyników do określenia czasu operacji bardziej złożonych.

### 2.3. Pojemność składu gotowych wyrobów

Zakłada się, że na linii uniwersalnej produkowane są poszczególne gru-  
 py asortymentowe elementów seriami, w proporcjach odpowiadających struktu-  
 rze elementów przypadającej na określoną ilość izb. Wielkość serii jest  
 najczęściej ograniczona pojemnością składu gotowych wyrobów. W zależno-  
 ści od struktury zadań rzeczowych i od wielkości składu  $V_S$  seria może  
 obejmować:

- jeden cały budynek,
- część jednego budynku,
- kilka całych budynków,
- części kilku budynków.

Dążenie do wydłużania serii wynika przede wszystkim z warunku przezbraja-  
 nia form.

Pojemność składu  $V_S$  bywa najczęściej zaprojektowana na 25 obliczenio-  
 wych dni produkcji i wyraża się w izbach. Natomiast pojemność operacyjną  
 składu  $V_{SO}$  określać należy uwzględniając istniejącą na składzie nieo-  
 dzowną rezerwę do celów manipulacyjnych.

Przyjęto

$$V_{SO} = 0,7 V_S \quad (6)$$

W oparciu o pojemność  $V_{SO}$  można ustalić sumaryczną ilość zaformowań  $J_{zc}$  zestawów formy, odpowiadającej określonej części realizowanego programu na linii.

$$J_{zc} = \frac{V_{SO} \cdot F_r}{W_{ro} \cdot R_{max}} \quad (7)$$

gdzie:

$F_r$  - roczny fundusz czasu roboczego.

Ilość  $J_{zc}$  formowana będzie seriami o długości takiej, że dany zestaw formy będzie w obiegu na linii tylko raz, dzięki czemu ilość przebrojeń może być równa ilości zestawów formy a czas przebrojeń skrócony będzie do minimum. Tak ustalona wielkość  $J_{zc}$  ulegnie w praktyce korekcie. Pkt 2.4.2 uzasadnia jej potrzebę.

#### 2.4. Wydaźność montażu

Montaż elementów na budowie obejmuje elementy produkowane na rozpatrywanej linii oraz elementy produkowane poza tą linią [2] i trwa na budowie z reguły (w ciągu doby) krócej niż 2 zmiany. W związku z tym prawidłowa synchronizacja produkcji z montażem uwarunkowana jest zależnością

$$W_m > W_l \quad (8)$$

gdzie:

$W_m$  - sumaryczna wydaźność montażu poszczególnych ciągów montażowych wyrażana ilością zmontowanych elementów w jednostce czasu,

$W_l$  - wydaźność linii wyrażana ilością sztuk wyprodukowanych elementów w jednostce czasu.

Niniejsza nierówność staje się tym ostrzejsza, im linia odznacza się mniejszą uniwersalnością a montaż trwa krócej w stosunku do czasu produkcji linii (najczęściej 3 zmiany). W ujęciu godzinowym zależność tę można wyrazić

$$\frac{60 \cdot n_{cm} \cdot S_w}{T_{m\acute{s}r}} > \frac{60 \cdot k_j \cdot s_b \cdot S_w}{R_{\acute{s}r}} \geq \frac{1}{R_{max}} \quad (9a)$$

lub

$$\frac{k_j \cdot s_b \cdot T_{m\acute{s}r}}{n_{cm}} < R_{\acute{s}r} \leq R_{max} \quad (9b)$$

gdzie:

- $n_{cm}$  - ilość ciągów montażowych (żurawi),
- $S_w$  - współczynnik wykorzystania czasu zmiany roboczej,
- $T_{m\bar{s}r}$  - średnia wielkość cyklu montażu (min.),
- $k_j$  - wskaźnik średniej jednoczesności zaformowań elementów w jednym zestawie formy,
- $s_b$  - współczynnik braków,
- $R_{\bar{s}r}$  - średnia wielkość rytmu zaformowań na linii (min.),
- $R_{max}$  - wielkość graniczna rytmu odpowiadająca planowanej rocznej wydajności linii (min.).

W odniesieniu do doby ostrość tej nierówności maleje (montaż trwa krócej niż produkcja) a wartość dobowej różnicy wydajności

$$W_m - W_l = \Delta W \quad (10)$$

powinna być stała dla całego roku produkcji i montażu.

W okresie zimy, gdy ulega zmniejszeniu wartość współczynnika sezonowości, powinna wzrosnąć ilość ciągów montażowych.

W przypadku linii o pełnej uniwersalności i równego czasu produkcji i montażu w ciągu doby, warunek synchronizacji montażu i produkcji można wyrazić równością  $W_m = W_l$ .

Analizę synchronizacji montażu i produkcji uzupełnia zależność ze znakiem przeciwnym.

Nierówność

$$W_m < W_l \quad (11)$$

proceedzi najpierw do pełnego wykorzystania pojemności składu gotowych wyrobów a później do zmniejszenia wydajności linii lub nawet do przerwy w produkcji.

W przypadku krańcowym jedynym możliwym rozwiązaniem tego problemu jest bezpośredni cibiór gotowych elementów z pominięciem magazynu gotowych wyrobów. W takich warunkach produkcja seryjna jest w dużym stopniu ograniczona, a problem zaformowań musi dokładnie odpowiadać doraźnym potrzebom montażu. Ilość przebrożeń na linii formowania osiąga wtedy max. Z uwagi na ekonomikę powyższa sytuacja nie powinna mieć w praktyce miejsca.

#### 2.4.1. I l o ś ć c i ą g ó w m o n t a ż o w y c h

Synchronizacja wydajności montażu z produkcją wymaga w praktyce takiej ilości ciągów montażowych  $n_{cm}$ , która w każdych warunkach realizacji umożliwia wykorzystanie pełnej wydajności linii. Wymaga to od bezpośredniego wykonawcy posiadania odpowiedniej ilości maszyn montażowych, przygotowania z odpowiednim wyprzedzeniem stanów zerowych a od służb inwestycyjnych przygotowania odpowiednio szerokiego frontu inwestycyjnego.



Bardzo ważnym czynnikiem synchronizacji jest sprawny transport elementów między budową a wytwórnią. Zasady organizacji tego transportu nie mieszczą się w ramach niniejszego referatu. Ilość ciągów montażowych określić można wzorem

$$n_{cm} = \frac{3 \cdot k_j}{n_{zm} \cdot \xi_u \cdot S_s \cdot S_b} \cdot \frac{T_{m\acute{s}r}}{R_{\acute{s}r}} \quad (12)$$

gdzie:

- $n_{zm}$  - ilość zmian montażu,
- $\xi_u$  - wskaźnik uniwersalności linii [2],
- $S_s$  - współczynnik sezonowości [3],

pozostałe oznaczenia wg pkt. 2.4.

Do analizy graficznej funkcji  $n_{cm} = f(T_{m\acute{s}r}, R_{\acute{s}r})$  przyjęto:  $K_j = 1,4$ ;

$\xi_u = 0,77$ ;  $S_b = 1$ ;  $n_{zm} = 1$ ; i  $n_{zm} = 2$ ;  $S_s = 1,0$ ;  $S_s = 0,5$ .

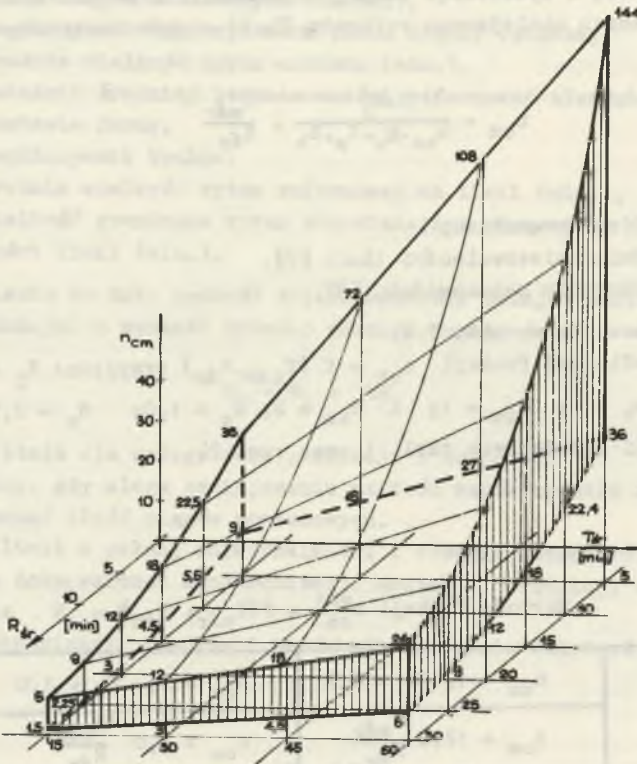
Analizę funkcji przedstawia tabl. 1 oraz rys. 2.

Tablica 1

Wartość funkcji  $n_{zm}^{ext} = f(T_{m\acute{s}r}; R_{\acute{s}r})$

		$n_{zm} = 1, S_s = 0,5$				$n_{zm} = 2, S_s = 1,0$			
		$n_{cm} = 12,0 \frac{T_{m\acute{s}r}}{R_{\acute{s}r}}$				$n_{cm} = 3,0 \frac{T_{m\acute{s}r}}{R_{\acute{s}r}}$			
$R_{\acute{s}r} \text{ min}$	$T_{m\acute{s}r} \text{ min}$	15	30	45	60	15	30	45	60
	5		36	72	108	144	9	18	27
8		22,5	45	67,5	90	5,6	11,2	16,8	22,4
10		18	36	54	72	4,5	9,0	13,5	18,0
15		12	24	36	48	3,0	6,0	9,0	12,0
20		9	18	27	36	2,25	4,5	6,75	9,0
30		6	12	18	24	1,5	3,0	4,5	6,0
maxima					minima				

Przyjęte w tablicy wartości parametrów  $n_{zm} = 1$  oraz  $S_s = 0,5$  określają minimalne wartości funkcji  $n_{zm} = f(T_{m\acute{s}r}, R_{\acute{s}r})$  (powierzchnia dolna) natomiast wartości  $n_{zm} = 2$  oraz  $S_s = 1,0$  określają maksymalne wartości



Rys. 2. Wykres funkcji  $n_{cm}^{ext} = f(T_{msr}, R_{sr})$

tej funkcji (powierzchnia górna). W otrzymanym obszarze wartości funkcji znajdują się wszelkie praktyczne wartości dla podstawowych zmiennych  $T_{msr}$  i  $R_{sr}$ .

Wyrażenie (12) można również wykorzystać do określenia rytmu produkcji  $R_{sr}$  przy ustalonej ilości ciągów montażowych  $n_{cm}$

$$R_{sr} = \frac{3 k_j}{n_{zm} g_u S_s} \frac{T_{msr}}{n_{cm}} \quad (13)$$

Analizę tego wyrażenia przeprowadzono dla  $n_{cm} = 6$  (w najbliższym czasie ma być realizowana pierwsza seria budynków PRAS-BET w ilości 6) i dwóch wartości współczynnika  $S_s$  i wskaźnika  $n_{zm}$  (tabl. 2, rys. 3).

Przyjęte wartości tych parametrów pozwalają na określenie dwóch ekstremalnych wartości funkcji  $R_{sr}$ .



Rzeczywista wartość rytmu z warunku montażu zawarta będzie między tymi wartościami

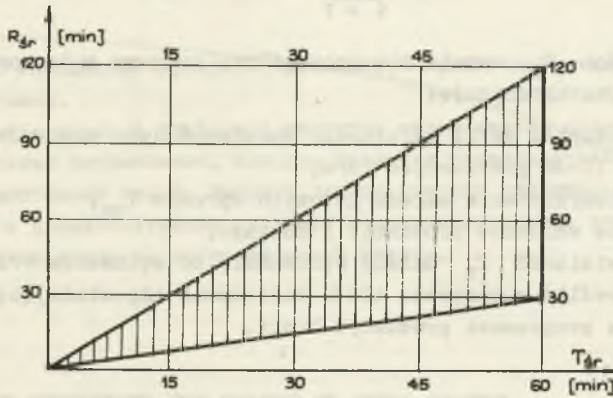
$$R_{\dot{s}r}^{\min} \leq R_{\dot{s}r} \leq R_{\dot{s}r}^{\max} \quad (14)$$

Określony w ten sposób przedział rytmu  $R_{\dot{s}r}$  może być zawężony przez warunek rocznej wydajności lub w ogóle wyeliminowany.

Tablica 2

Wartości funkcji  $R_{\dot{s}r} = f(T_{\dot{s}r})$

Założenia	Cykl montażu $T_{m\dot{s}r}$ (min)			
	15	30	45	60
$S_B = 0,5 \quad n_{zm} = 1$ $R_{\dot{s}r}^{\max} = 2T_{m\dot{s}r}$	30	60	90	120
$S_B = 1,0 \quad n_{zm} = 2$ $R_{\dot{s}r}^{\min} = 0,5 T_{m\dot{s}r}$	7,5	15	22,5	30



Rys. 3. Wykres funkcji  $R_{\dot{s}r} = f(T_{\dot{s}r})$  dla  $n = 6 \text{ cm}$

#### 2.4.2. Ustalenie wielkości etapu montażu na jednym ciągu montażowym

Terminem etapu montażu określa się tu taką część budynku (jedna lub kilka kondygnacji), dla której produkcja poszczególnych typów elementów odbywać się może długimi seriami. W rzeczywistości podział na etapy montażu dotyczy przygotowania produkcji linii oraz magazynowania gotowej produkcji, natomiast nie dotyczy przebiegu samego montażu.

Wielkość etapu montażu  $E_m$  ustala się z warunku pojemności operacyjnej magazynu gotowych wyrobów  $V_{SO}$  w myśl wyrażenia

$$E_m = \frac{V_{SO}}{n_{cm}} \quad (15)$$

Po uwzględnieniu wyrażenia (12) otrzymuje się zależność  $E_m = f\left(\frac{R_{sr}}{T_{sr}}\right)$  w postaci

$$E_m = \frac{n_{zm} \cdot q_u \cdot S_s \cdot s_b \cdot V_{SO}}{3 k_j} \cdot \frac{R_{sr}}{T_{sr}} \quad (16)$$

Oznaczenia jak poprzednio.

Ponieważ w praktyce wyliczona wielkość  $E_m$  ulegnie na poszczególnych ciągach zaokrągleniu (w górę lub w dół) do całkowitej ilości kondygnacji, końcowa wielkość częściowego zadania  $P_m$  powinna spełniać warunek

$$P_m = \sum_{i=1}^{i=n_{cm}} E_{mi} \quad V_{SO} \quad (17)$$

Dla wielkości  $P_m$  ustala się szczegółowy program zaformowań i przebrojeń, którego charakteryzuje:

- maksymalna długość serii zaformowań poszczególnych zestawów,
- najmniejsza ilość przebrojeń form,
- optymalne wykorzystanie składu gotowych wyrobów  $V_{SO}$ ,
- uwzględnienie warunków produkcji i montażu.

Tak ustaloną wielkość  $P_m$  należy wprowadzić do wyrażenia (7) w miejsce  $V_{SO}$ , chcąc określić sumaryczną ilość zaformowań odpowiadającą określanemu częściowemu programowi produkcji linii.

### 3. Wnioski

1. Warunki przebrojenia form stanowią zależności funkcyjne podstawowych parametrów organizacyjnych linii formowania, magazynu gotowych wyrobów oraz montażu. Z funkcji tych można zbudować funkcjonalną będącą podstawą przy opracowywaniu optymalnych programów przebrojeń.

2. Wyprowadzone warunki przezbrajania form dotyczą przede wszystkim linii uniwersalnych, o dużej wydajności i o zróżnicowanym programie produkcji. Warunki te stanowią podstawę do zbudowania algorytmu dla programowania produkcji (przebrojeń) celem zastosowania komputerowej techniki obliczeniowej.

3. Wprowadzone zależności można wykorzystać głównie na liniach uniwersalnych typu PRAS-BET i KESTING.

#### LITERATURA

- [1] Mikoś J., Kowal J.: Nomogramy do wyznaczania parametrów linii technologicznej w systemie W - 70. Przegląd Budowlany Nr 7, 1972 r.
- [2] Kowa. J.: Współzależność parametrów linii technologicznej o dużym stopniu koncentracji. Materiały XX Jubileuszowej Konferencji Naukowej Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Nauki PZITB, tom 5. Krynica 1974 r.
- [3] Stefański A.: Technologia zmechanizowanych robót budowlanych PWN 1973 r.
- [4] Praca zbiorowa. Systemy budownictwa mieszkaniowego i ogólnego. Arkady 1972 r.

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЛИНИИ ПРЕСС-БЕТ

#### Р е з ю м е

В докладе определены принципы взаимной синхронизации между производством линии и монтажем.

Отмечается, что главной проблемой является перемещение оборудования. Определяются условия перемещения, которые касаются производительности монтажа, количества монтажных линий, ёмкости склада готовых изделий, количества мест перемещения и производительности линий формования. Схема зависимости между этими условиями показана на графической модели.

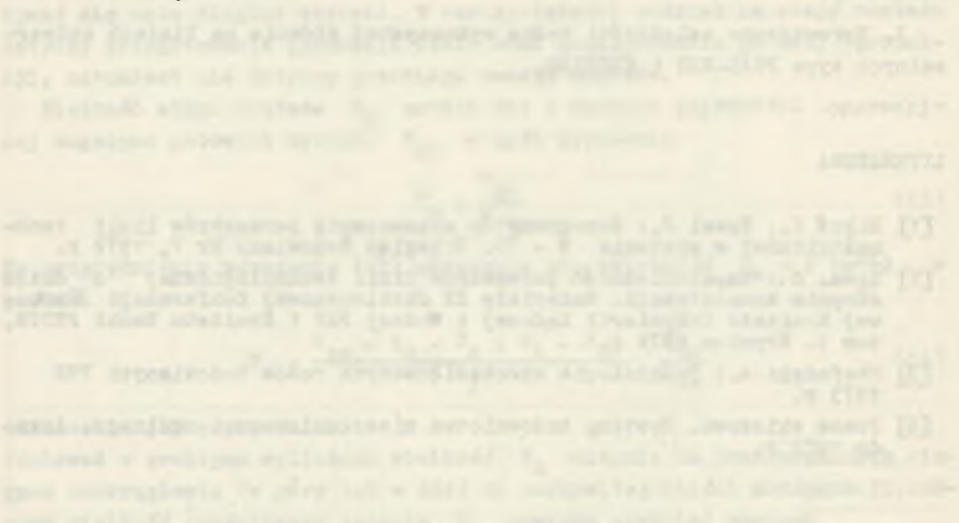
#### MODELLING OF CONDITIONS FOR CHANGE OF STEEL INSETS TO THE MOULD IN PRAS-BET AND OTHER TECHNOLOGICAL LINES

#### S u m m a r y

Basic rules of cross synchronisation between production of technological line and the assembly were described in the paper. Main problem is connected with change of steel inset to the mould. Formulated conditions



of change of steel inset concern: assembly efficiency, quantity of assembly sequences, store capacity of final products, number of stands for change of steel insets and efficiency of the technological moulding line. Block diagram of these conditions dependencies in a form of a graphic model has been presented.



The diagram illustrates the dependencies between various conditions in the assembly process. The conditions mentioned include assembly efficiency, quantity of assembly sequences, store capacity of final products, number of stands for change of steel insets, and efficiency of the technological moulding line. The diagram shows how these conditions are interrelated and how changes in one condition can affect others.

The diagram shows the dependencies between various conditions in the assembly process. The conditions mentioned include assembly efficiency, quantity of assembly sequences, store capacity of final products, number of stands for change of steel insets, and efficiency of the technological moulding line. The diagram shows how these conditions are interrelated and how changes in one condition can affect others.