

Seria: BUDOWNICTWO z. 30

Nr kol. 347

Jan Homa, Andrzej Grabski

KONCEPCJA ROZWIĄZANIA ZAGADNIENIA OPTIMALIZACJI  
PLANOWANIA TERMINÓW W ZINTEGROWANYM SYSTEMIE  
ZARZĄDZANIA DZIAŁALNOŚCIĄ PRZEDSIĘBIORSTWA  
BUDOWLANO-MONTAŻOWEGO

Streszczenie. W artykule przedstawiono matematyczny model (algorytm) opracowywania planów produkcyjnych przedsiębiorstw budowlano-montażowych. Danymi wejściowymi do systemu są zadania zlecane przez inwestorów. W planowanym przedziale czasu algorytm rozmieszcza zadania w czasie w taki sposób, aby w każdym momencie istniała zgodność pomiędzy środkami posiadanymi przez przedsiębiorstwo ze środkami potrzebnymi do wykonania robót.

### Wstęp

Aktualne warunki w jakich znalazło się polskie budownictwo po VI Zjeździe PZPR wymagają do sterowania działalnością przedsiębiorstw stosowania nowoczesnych technik i metod zarządzania. Autorzy opracowali i wprowadzają na terenie Śląska system zarządzania dużymi budowlami, oparty na metodach sieciowych z wykorzystaniem ETO jako środka przetwarzania danych. Niniejsze opracowanie stanowi zarys teoretycznych podstaw omawianego systemu.

System składa się z szeregu segmentów, z których każdy spełnia określoną rolę, jak np. planowania produkcji, limitowania środków, rozliczenia itd.

Planowanie produkcji, czyli segment TERMINY, ma do spełnienia w systemie zasadniczą rolę. Mianowicie powinien odpowiedzieć na pytanie, które zadania powinny być wykonane w określonych przedziałach czasu.

Kryterium doboru określono jako nie przekroczenie w żadnym momencie posiadanych zasobów. Tłumacząc inaczej, ustalenie planu oparte zostanie na bilansie środków potrzebnych z posiadanymi. W tym celu połączono w jedną całość szereg opracowań cząstkowych oraz istniejących i opracowywanych "systemów".

Schemat działania zintegrowanego systemu przedstawia rys. 1.

### Formalny opis zarządzania

#### 1. Etap pierwszy

Określenie mocy przerobowej (zdolności produkcyjnej) jednostek

$$I_n = p_{n1} + p_{n2} + \dots + p_{nk}$$

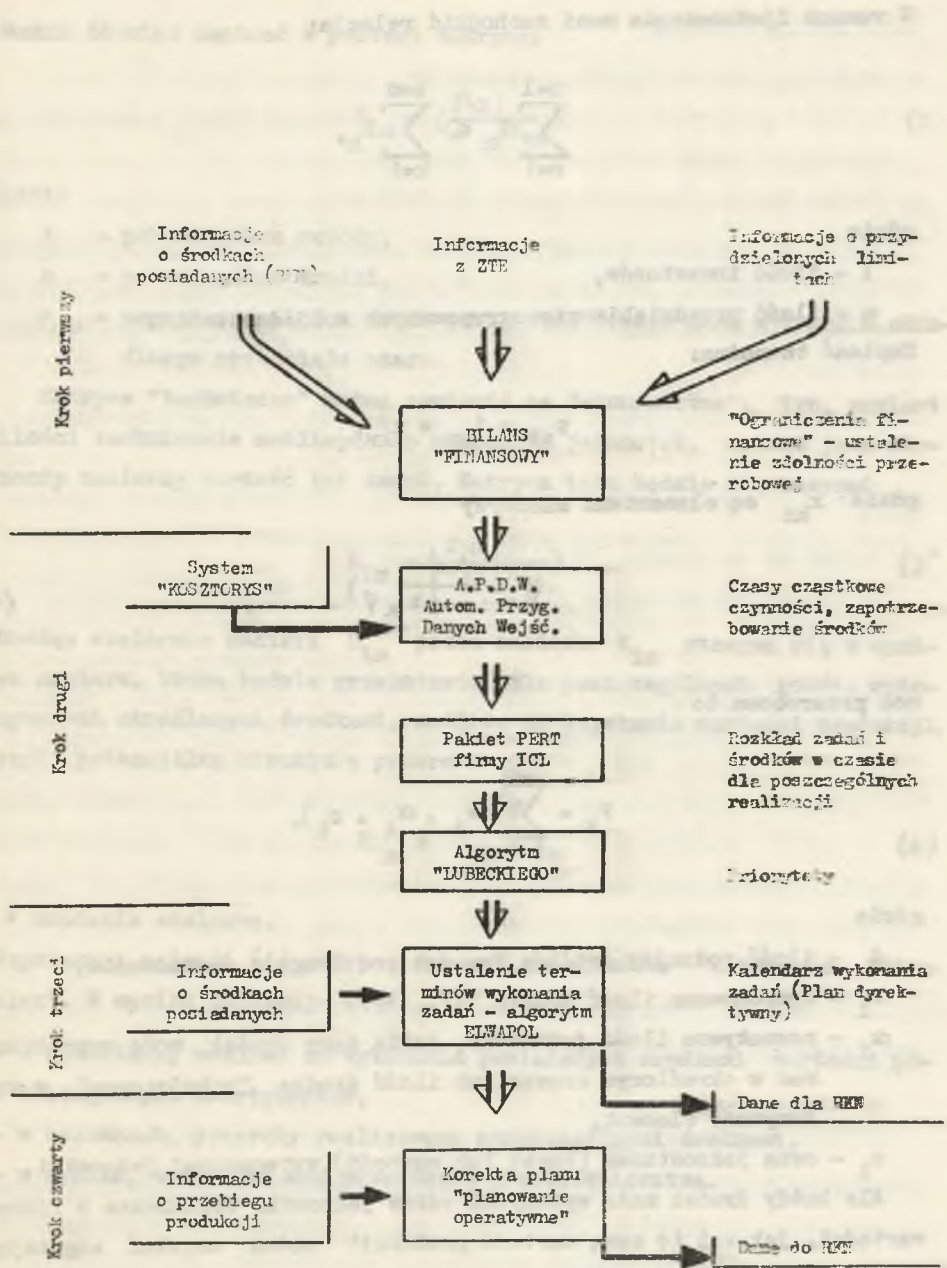
gdzie

- $I_n$  - zadania finansowe, żądane wielkości przerobów przez poszczególne inwestorów,
- $p_{nk}$  - przewidywana wartość robót wykonywanych przez poszczególne przedsiębiorstwa dla danego inwestora (suma zleconych zadań),
- $n$  - dany inwestor,
- $k$  - określone przedsiębiorstwo.

$$p_k = i_{k1} + i_{k2} + \dots + i_{kn}$$

gdzie

- $p_k$  - przerób danego przedsiębiorstwa,
- $i_{kn}$  - wartości zleconych robót przez poszczególnych inwestorów danemu przedsiębiorstwu,
- $n$  - dany inwestor,
- $k$  - dane przedsiębiorstwo.



W ramach Zjednoczenia musi zachodzić relacja:

$$\sum_{n=1}^{n=l} I_n \leq \sum_{k=1}^{k=m} P_k,$$

gdzie

$l$  - ilość inwestorów,

$m$  - ilość przedsiębiorstw zgrupowanych w Zjednoczeniu.

Zapisać to można:

$$p_{nk} = i_{kn} = x_{kn},$$

gdzie  $x_{kn}$  są elementami macierzy

$$X = \begin{pmatrix} & k \setminus n \\ n & | x_{nk} \end{pmatrix} \quad (1)$$

moc przerobowa to

$$P_k = \sum_{i=1}^{i=m} (s_i \cdot \alpha_i \cdot c_i),$$

gdzie

$i$  - ilość rodzajów środków branych pod uwagę w rozumowaniu,

$s_i$  - dysponowana ilość środka "i",

$\alpha_i$  - normatywna ilość jednostek, jakie dany środek może wyprodukować w określonym czasie lub ilość środka "wchodzącego" w wykonywany element,

$c_i$  - cena jednostkowa (koszt lub wartość) wytworzonej jednostki.

Ale każdy środek może wykonywać różne jednostki techniczne o różnej wartości, jak też tę samą wartość produkcji można uzyskać angażując środki w różnych ilościach.

Można to więc zapisać w postaci macierzy:

$$R_{im} = \left( \frac{r_{i\mu}}{r_{i\mu}} \right) \quad (2)$$

gdzie

$i$  - poszczególne roboty,

$m$  - poszczególne środki,

$r_{i\mu}$  - normatywne ilości robót jakie dany środek może wykonać w określonym przedziale czasu.

Macierze "techniczne" można zamienić na "ekonomiczne", tzn. zamiast ilości technicznie możliwych do wykonania jednostek, wpisać jako elementy macierzy wartość lub koszt. Macryca taka będzie się nazywać

$$K_{im} = \left( \frac{k_{i\mu}}{k_{i\mu}} \right) \quad (3)$$

Mnożąc skalarnie macierz  $R_{im}$  przez macierz  $K_{im}$  otrzyma się w wyniku macierz, która będzie przedstawiać dla poszczególnych robót, wykonywanych określonymi środkami, możliwe do uzyskania wartości produkcji, czyli potencjalną strukturę przerobu.

$$R_{im} * K_{im} = P_k \quad (4)$$

\* mnożenie skalarne.

Uzyskaną z relacji (4) macrycę optymalizować można algorytmem "Simplex". W wyniku otrzymuje się:

- w wierszach, możliwe do wykonania posiadanymi środkami wartości poszczególnych asortymentów,
- w kolumnach, przeroby realizowane poszczególnymi środkami,
- w wyniku, optymalną moc przerobową przedsiębiorstwa.

Potrzebne informacje

- wartości poszczególnych asortymentów,
- wartości przerobów uzyskiwanych przez poszczególnych robotników lub maszyny, w poszczególnych asortymentach,
- ilości dysponowane rozpatrywanych środków.

Teraz wpływają do przedsiębiorstwa poszczególne zlecenia. Tłumaczone są na "Charakterystykę obiektu" - tak jak ma to aktualnie miejsce w systemie RKN. Po przyjęciu konkretnego zlecenia układa się macierz zlecenia:

$$Z = \left( \begin{array}{c|c} 1 \backslash m & \\ \hline z_{ij} & \mu \end{array} \right) \quad (5)$$

gdzie

kolumnami są poszczególne asortymenty,  
wierszami poszczególne środki realizujące zadania (ich ilości potrzebne).

Mnożąc macierz  $Z$  skalarnie przez macierz  $K$  w wyniku otrzymuje się koszt realizacji zadania. Po "potrąceniu" z "potencjalnego" przerobu wyliczonej wartości dostaje się w wyniku macierz, która mówi ile jeszcze przerobu można przyjąć. I tak postępuje się do wyczerpania macierzy "Przerób" (relacja 4). Tym sposobem dopasowuje się strukturę środków do zlecanego portfela. Macierz środków "dopasowanych" do zleceń nazwano  $N$ , o wymiarach  $m \times i$ .

$$N = \left( \begin{array}{c|c} m \backslash i & \\ \hline n_{ij} & \mu \end{array} \right) \quad (6)$$

gdzie

$m$  - poszczególne środki,  
 $i$  - poszczególne roboty.

Elementami macierzy  $N$  w odróżnieniu od macierzy  $R$  (gdzie elementami są normatywy środków) są ustalone nakłady poszczególnych środków dla wykonania konkretnych zadań.

## 2. Krok drugi

Przedsiębiorstwa przyjmują zlecenia do wysokości "wartości" ustalonej matrycą  $P_k$  .... (5)

Zakłada się, że dla każdego zlecenia, z wymaganą dokładnością sporządza się przedmiar kosztorysowy w formie przystosowanej do dalszego, natychmiastowego przetwarzania. Przyjęcie powyższego założenia jest równoznaczne ze stwierdzeniem, że w biurach projektów działać będzie system kosztorysowania przy pomocy ETO.

W związku z powyższym zakłada się że:

- baza normatywna dla kosztorysowania będzie identyczna z bazą systemu RKN;
- identyczne będą wszystkie systemy klasyfikacji i kodowania elementów uwzględnianych w kosztorysowaniu (rodzaje robocizny, rodzaje materiałów, sprzętu itp.) z systemem RKN;
- dokumentacja będzie przygotowywana z dokładnością i w podziale dostosowanym do wymogów RKN;
- przygotowywany system APDW (Automatycznego Przygotowywania Danych Wejściowych) także przystosowany będzie do systemu RKN.

Po otrzymaniu z biura projektów przedmiaru (na taśmie magnetycznej), systemem APDW (dawnej MID), pakietem programów APO ustali się:

- czasy trwania poszczególnych procesów oraz zagregowane czasy dla grup czynności wykonywanych przez określone zespoły środków (np. dla robót akcji "zero");
- zapotrzebowanie środków dla poszczególnych czynności w całym czasie ich trwania globalnie oraz z rozbiciem na poszczególne jednostki czasu oraz
- dodatkowo taśmę sformatyzowaną dla potrzeb dalszego przetwarzania.

Teraz układa się informację o realizacji obiektów w sposób wymagany przez algorytm "Lubeckiego".

Działanie tego algorytmu ma pomóc przy obiektywnym ustaleniu wag obiektów albo tłumacząc inaczej priorytetów.

Działanie algorytmu oparte jest na wzorze:

$$T = T_k + \sum_1^k \Delta t, \quad (7)$$

gdzie

$$\Delta t = \max (\sum_1 t_i - \sum_1 t_{i-1}). \quad (8)$$

W wyrażeniach (7) i (8) poszczególne oznaczenia:

$T$  - czas trwania ciągu zadań,

$T_k$  - czas trwania ostatniego z zadań w ciągu,

$\Delta t$  - czas "oczekiwania", czyli nieuniknione przerwy wynikające z różnicy czasów trwania poszczególnych zadań i czynności,

$t_i$  - oraz  $t_{i-1}$  - czasy trwania "sąsiednich", zależnych czynności.

W wyniku działania algorytmu "Lubeckiego" opracowuje się macierz wag zadań (macierz wag obiektów)  $U$ .

Jest to macierz o wymiarach  $\beta \times t$ , gdzie

$\beta$  - poszczególne obiekty,

$t$  - rozpatrywane przedziały czasu w jakich przewiduje się kontrolę zadań.

$$U = \left( \begin{array}{c|c} \beta \Delta t & \\ \hline & u \omega z \end{array} \right) \quad (9)$$

przy spełnieniu warunku, że  $u \omega z \geq 0$

Elementami macierzy są wagi przywiązywane do poszczególnych zadań w rozpatrywanych przedziałach czasu.

### 3. Krok trzeci - plan realizacji zadań

Zadanie to rozwiązywane być może przy pomocy algorytmu "ELWAPOL". Algorytm zakłada, że każdą decyzję zarządu przedsiębiorstwa traktować można jako funkcję, której argumentami są środki (S) oraz zadania (Z).



Istnieje zbiór  $\Delta$  decyzji, które są dopuszczalnymi, jeżeli każda z nich spełnia dwa warunki ogólne:

- spełnia układ warunków generowanych przez  $S$  oraz
- jest nie sprzeczna z dyrektywą  $Z$ .

Optymalizacja decyzji dokonywana jest przy pomocy funkcji kryterium określającej wielkość strat lub zysku. Argumentami funkcji celu są także elementy zbioru  $\Delta$ .

Macierz gotowości środków  $A$  o wymiarach  $m \times t$

$$A = \left( \begin{array}{c|c} t \setminus m & \\ \hline & |a_{z\mu} \end{array} \right), \quad (10)$$

gdzie

- $m$  - poszczególne środki,
- $t$  - okresy czasu w jakich przewidziano kontrolować postęp robót (np. jeden miesiąc).

Elementami macierzy  $a_{z\mu}$  są ilości środków, jakimi będzie dysponować przedsiębiorstwo w rozpatrywanych okresach czasu. Informacje te czerpać się będzie z jednego z segmentów systemu, mianowicie członu Rozliczenia, Ewidencji i Sprawozdawczości (REiS), tzw. "pamięci układu materiału statystycznego zbieranego systemem RKN.

Macierz przydziału środków  $B$  o wymiarach  $m \times \rho$

$$B = \left( \begin{array}{c|c} m \setminus \rho & \\ \hline & |b_{\mu\omega} \end{array} \right), \quad (11)$$

gdzie

- $m$  - poszczególne środki,
- $\rho$  - przewidywane do realizacji obiekty.

Elementami macierzy  $b_{\mu\omega}$  są ilości środków, jakie będą potrzebne dla zrealizowania poszczególnych zadań. Informacje te uzyska się w wyniku systemu APDW.

Macierz trwania realizacji  $G$  o wymiarach  $o \times t$  (zero-jedynkowa)

$$G = \left( \begin{array}{c|c} \rho \setminus t & \\ \hline g_{\omega\tau} & \end{array} \right), \quad (12)$$

gdzie podobnie jak w macierzy  $U$  (relacja 9)

$\rho$  - poszczególne obiekty,

$t$  - przedziały czasu na jakie podzielono planowany okres czasu.

Elementami macierzy są zera lub jedynki, zależnie od tego czy w danym okresie przewiduje się wykonanie zadania lub nie. Do macierzy tej zestawia się obiekty zgodnie z wymaganiami inwestorów, ale tylko te, których terminy wykonania mogą ulec przesunięciu. Podział zadania na czynności może być dokonany np. pakietem bibliotecznym systemu PERT firmy ICL. Obiekty sztywne zostały umieszczone w planie zgodnie z wymaganiami inwestorów lub ustaleń umowy. Naturalnie środki potrzebne do ich realizacji zostaną wytracone z matrycy środków  $A$  i  $B$  (relacje 10 i 11). O te ilości zostanie pomniejszona pula środków dostępnych.

Macierz zadań zleconych  $X$  o wymiarach  $o \times t$

$$X = \left( \begin{array}{c|c} \rho \setminus t & \\ \hline x_{\omega\tau} & \end{array} \right), \quad (13)$$

gdzie

$\rho$  - poszczególne obiekty (zadania),

$t$  - przedziały czasu na jakie podzielono planowany okres.

Element  $x_{\omega\tau}$  jest zmienny i przedstawia ilość jednotypowych zadań  $\omega$ -typu, które powinny być wykonane w  $\tau$ -tym okresie czasu. Elementy mogą przyjmować tylko wartości naturalne wraz z zerem  $x_{\omega\tau} \in \mathbb{N}$ , gdzie  $\mathbb{N}$  - zbiór liczb naturalnych wraz z zerem.

W tej chwili można by w zasadzie rozwiązać zagadnienie poprzez efektywne wyliczenie elementów macierzy  $X$ , czyli wyznaczenie  $x_{\omega\tau}$ . W tym celu należy rozwiązać nierówność macierzową:

$$B \cdot \sum_{\omega=1}^{\Phi} \sum_{t=p}^T G_{\omega\zeta} \cdot x_{\omega\zeta} \leq A, \quad (14)$$

gdzie jak wyżej  $x_{\omega\zeta} \in \wedge$  dla wszystkich  $\omega$  i  $\zeta$ .

Nierówność wyraża warunek, że gdy plan jest nie sprzeczny, czyli  $x \in \Delta$ , zapotrzebowanie na środki w każdym momencie nie przekroczy środków posiadanych.

Ale zachodzi niebezpieczeństwo, że środki mogą pozostać nie wykorzystane, jak i algorytm może pewnych zadań nie uwzględnić, a inne przesunąć w nieodpowiedni obszar czasu. Tak więc należy dodatkowo wprowadzić i uwzględnić w rozumowaniu:

- macierz wag wykonawstwa zadań  $U$  (stalona algorytmem "Lubeckiego" relacja 9),
- macierz wag środków jakościowych  $W$  o wymiarach  $m \times t$ , takich samych jak macierz  $A$  (relacja 10). Należy ją ułożyć w taki sposób, aby elementy  $\forall \mu \zeta \geq 0$ , które określają, ile kosztuje niewykorzystanie środka w określonym przedziale czasu.

Konsekwencją wprowadzenia macierzy  $W$ , jest przyjęcie tzw. środków jakościowych (pozostałych nie wykorzystanych po zamknięciu portfela zleceń). Oblicza się je według wzoru

$$Y_{\text{def}} = A - B \sum_{\omega=1}^{\Phi} \sum_{\zeta=p}^T G_{\omega\zeta} \cdot x_{\omega\zeta} \geq 0 \quad (15)$$

Elementy macierzy  $y_{\mu\zeta} \geq 0$ , określają ilość  $\mu$ -tego środka, który w  $\zeta$ -tym okresie czasu pozostanie nie wykorzystany przy realizacji planu  $X$ . Drugim założeniem jest wprowadzenie liczby naturalnej  $r_{\omega}$  dla  $\omega = 1, 2, 3, \dots, \phi$ , podającym minimalną ilość zadań, które należy wykonać, przy czym  $r_{\omega} = 0$  jest przypadkiem szczególnym. Warunek powyższy zapewnia pełne wykonanie dyrektywy  $Z$ . Wartość  $r_{\omega}$  jest ustalana arbitralnie. Teraz należy rozwiązać zadanie:

$$B = \sum_{\omega=1}^{\beta} \sum_{z=p}^T G_{\omega z} \cdot x_{\omega z} + Y = A \quad (16)$$

przy spełnieniu warunków:

$$\sum_{z=p}^T x_{\omega z} \geq r_{\omega} \quad (17)$$

$$x_{\omega z} \in \mathbb{N}, r_{\omega} \in \mathbb{N} \quad \text{dla } \omega = 1, 2, 3 \dots \beta \\ z = 1, 2, 3 \dots T \quad (18)$$

$$Y \geq 0 \quad (19)$$

Funkcja celu przybierze postać:

$$L = (X \cdot Y) = U * x + x * Y \quad (20)$$

Nierówność 16 oznacza, że po ustaleniu zadań do wykonania, środki zaangażowane i jakości nie przekroczą poziomu środków posiadanych. Warunek 17 zapewnia pełne wykonanie dyrektywa Z. Warunek 18 oznacza że x i r należą do tego samego zbioru liczb naturalnych M, co oznacza że dyrektywa Z mówi o tych samych zadaniach, które zostały zlecone w rozpatrywanym przedziale czasu (z = 1, 2, 3, ....., T). Warunek 19 zapewnia spełnienie postulatu, że środki potrzebne dla wykonania zadań w żadnym momencie nie przekroczą zasobów stojących do dyspozycji. Pewnych wyjaśnień wymaga różnica pomiędzy matrycą G oraz X. Pierwsza z nich podaje terminy wymagane przez inwestora, natomiast druga jest wynikiem działania systemu, a więc jest określana przez algorytm. Pierwszym przybliżeniem dla macierzy X (dane wejściowe) jest ustalenie wszystkich robót maksymalnie w prawo (zapewnienie "zmieszczenia" w portfelu wszystkich robót zleconych na rozpatrywany okres), a dopiero w wyniku działania algorytmu, "rozsunięcie robót w lewo, w zależności od dysponowania środkami w czasie.

Na działaniu algorytmu ELWAPOL kończy się w zasadzie planowanie "dynamiczne", a ściślej biorąc zakończone jest działanie części segmentu TERMINY w części planowania dyrektywnego.

Ustalone terminy realizacji poszczególnych zadań rozsyłane są do wszystkich zainteresowanych.

### Zakończenie

Szczupłość miejsca nie pozwoli autorom na omówienie praktycznego zastosowania prezentowanej metody postępowania. Stwierdzić jedynie należy, że prezentowana teoria stanowi podstawę wdrażanego dla potrzeb, między innymi, budowy Fabryki Samochodów Małolitrażowych Informatycznego Systemu Kierowania produkcją. Prezentowany system jest systemem wykonawcy, co w jednoznaczny sposób determinuje jego zasięg, wymagany stopień dokładności, zbiory danych wejściowych itp. Aktualnie prowadzone prace mają doprowadzić do pełnej zgodności prezentowanego systemu, z systemami inwestora (jak np. system Prokor), czy też systemami centralnego planifikatora (System Wektor, Baza itd.).

## Резюме

Влияние загрязнения воздуха на проектирование архитектурных комплексов и жилищных (квартирных) зданий (построек) на промышленных районах (территории).

WYNIK KONKRETYJNYJ DER LOSUNG DES PROBLEMS DER OPTIMALIZATION DER PRODUKTIONSPLANUNG - "TERMINE" IM EINHEITLICHES SYSTEM DER VERWALTUNG EINES BAU-MONTAGE UNTERNEHMERS

## Zusammenfassung

Die Autoren beschreiben ein mathematisches Modell (Algorym) der Vorbereitung von Produktionsplänen in Bau-Montage Unternehmen. Das Eingangsdaten für dieses System sind die von Unternehmer gestellten Aufgaben. Nach diesem Modell werden im geplanten Zeitabschnitt die Aufgaben in einer solchen Zeitfolge aufgestellt, dass zu jedem Zeitpunkt die dem Unternehmen zur Verfügung stehende Mittel zur Durchführung der geplanten Arbeiten ausreichen. Im vorgestellten Modell werden verschiedenen polnische Teilsysteme in ein einheitliches System zusammengefasst.

A CONCEPTION OF DISSOLVING THE PROBLEM OF OPTIMIZATION  
OF PRODUCTION PLANS - "TERMS" IN THE CONNEXE MANY PARTIAL SYSTEM  
OF MANAGING THE ACTIVITY OF A CIVIL ENGINEERING-ASSEMBLY ENTERPRISES

S u m m a r y

The writers present in the article the mathematic model (algorithm) elaboration of production plans of the civil engineering-assembly enterprises. The basic data for this system are the orders given by the investors. In the planned period of time the algorithm displace the order in time so that in each moment exist a complete accordance between the materials means possessed by the enterprise and the means necessary for the execution of carrying-out the works. In the presented system the writers complete and connex many partial systems elaborated and used in Poland.