

Stanisław Piasecki, Henryk Mierzejewski

Instytut Badań Systemowych PAN

KOMPUTEROWY SYSTEM "KOMPROMIS" WSPOMAGANIA DŁUGOOKRESOWEGO
PLANOWANIA PRODUKCJI Z UWZGLĘDNIENIEM ZUŻYCIA ORAZ ODNOWY
PARKU MASZYNOWEGO

Streszczenie. W referacie przedstawiono system komputerowy umożliwiający prognozowanie stanu parku maszynowego w zależności od jego obciążenia produkcją i wielkości zakupów inwestycyjnych oraz szybką kontrolę realności planów produkcji przy żądanej strukturze wyrobów.

1. Wstęp

System "KOMPROMIS" jest przeznaczony do prognozowania stanu parku maszynowego przedsiębiorstwa w zależności od rodzaju i wielkości (skali) produkcji, rozmiaru inwestycyjnych i odtworzeniowych zakupów środków trwałych oraz nakładów pracy na ich remont.

Zakłada się, że przedsiębiorstwo jest zobowiązane do przestrzegania normatywów dotyczących cykli remontowych i wycofywania z eksploatacji zużytych maszyn.

Zarówno początkowy stan zużycia maszyn i urządzeń w poszczególnych grupach rodzajowych, jak i wielkość oraz struktura produkcji mogą być przyjęte dowolnie.

System komputerowy sprawdza automatycznie możliwości realizacjiżądanego planu produkcji w przyjętym okresie planowania ze względu na stan parku maszynowego, projektowane zakupy inwestycyjne i odtworzeniowe maszyn oraz możliwości remontowe. System akceptuje tylko plany realne - takie, które mogą być zrealizowane w istniejącej sytuacji przedsiębiorstwa. Ponadto system umożliwia dobranie planu produkcji do możliwości parku maszynowego oraz możliwości obsługi technicznej, a także wyznaczenie niezbędnych inwestycji dla realizacjiżądanego planu produkcji.

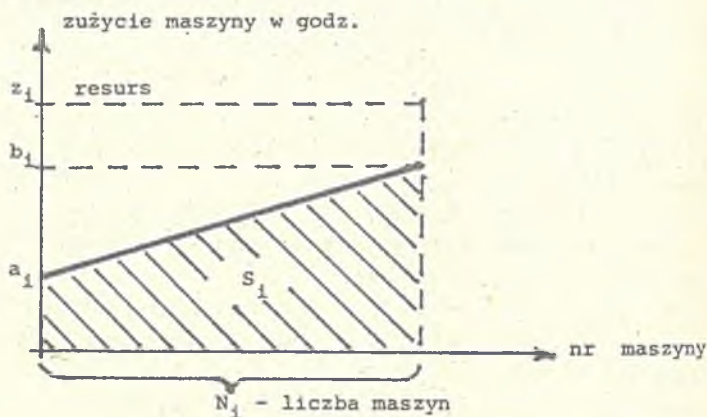
W wyniku działania systemu są obliczane wskaźniki określające stan parku maszynowego na początku i na końcu okresu planowania po wykonaniu planu produkcji.

System może być wykorzystany zarówno do prognozy stanu parku maszynowego w zależności od jego obciążenia produkcją oraz wielkości nakładów inwestycyjnych, jak i do szybkiej kontroli realności planów produkcji lub

wyznaczania maksymalnej wielkości produkcji przy żądanej strukturze wyrobów
 W referacie podano niektóre zależności matematyczne związane ze spraw-
 dzeniem realnej możliwości wykonania planu produkcji.

2. Stan parku maszynowego

Przyjmujemy, że park maszyn składa się z N grup (typów) maszyn olicz-
 nościach N_i , $i=1,2,\dots,N$. W obrębie każdej grupy porządkujemy maszyny wg.
 wzrastającego ich zużycia, mierzonego liczbą przepracowanych godzin. Stan
 zużycia i -tej grupy charakteryzujemy całkowitym resem maszyn z_i , mini-
 malnym zużyciem a_i oraz maksymalnym zużyciem b_i w grupie. Celem uproszcze-
 nia obliczeń zakładamy liniowy rozkład zużycia maszyn w grupie, co pokazano
 na rys.1.



Rys.1. Stan i -tej grupy maszyn

Fig.1. The state of the i -th group of machines

Niech Z_i oznacza sumaryczny resem (zasób pracy) i -tej grupy maszyn,
 zaś S_i niech będzie całkowitym zużyciem grupy.

Procentowe zużycie grupy i -tej określamy zależnością:

$$WZ_i = \frac{S_i}{Z_i} \cdot 100\% \quad , \quad i=1,\dots,N \quad (1)$$

zaś procentowe zużycie parku maszyn wyrażamy zależnością:

$$WZ = \frac{\sum_{i=1}^N S_i}{\sum_{i=1}^N Z_i} \cdot 100\% \quad (2)$$

Bezpośrednio z rysunku wynika, że dla stanu wyjściowego parku mamy

$$S_i = \frac{1}{2} \cdot N_i \cdot (a_i + b_i) \cdot h$$

oraz

$$z_1 = N_1 \cdot z_i$$

co zgodnie z (1) i (2) daje

$$WZ_1 = \frac{a_1 + b_1}{2 \cdot z_1} \cdot 100\%$$

oraz

$$WZ = \frac{\sum_{i=1}^N N_i \cdot (a_i + b_i)}{2 \cdot \sum_{i=1}^N N_i \cdot z_i} \cdot 100\%$$

3. Intensywność pracy i eksploatacji maszyn

Niech $l_1^0 \max$ oznacza maksymalną intensywność pracy maszyn z grupy i-tej w okresach sprawności maszyny, mierzoną w h/rok. Niech V_1 oznacza łączny czas w latach niezbędny na obsługi techniczne maszyn typu i w ciągu całego "życia" maszyny. W okresach składających się na V_1 maszyna nie pracuje. Wobec tego $\frac{z_1}{l_1^0 \max} + V_1$ oznacza łączny minimalny czas eksploatacji maszyny i-tej grupy.

Zależnością (3) określimy maksymalną intensywność eksploatacji maszyny z i-tej grupy.

$$l_{1 \max} = \text{INT} \left(\frac{z_1}{\frac{z_1}{l_1^0 \max} + V_1} \right) \text{ h/rok} \quad (3)$$

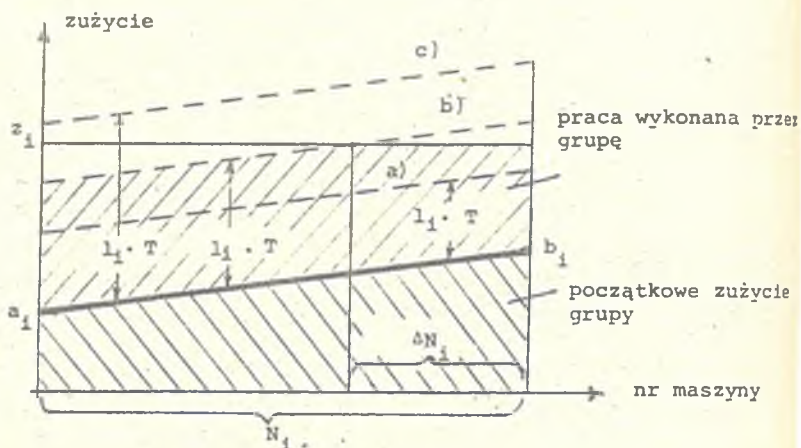
Jeżeli przez l_1 oznaczymy intensywność pracy maszyny w okresie jej eksploatacji, to zachodzi warunek

$$l_1 \leq l_{1 \max} \quad (4)$$

4. Proces zużywania się parku maszynowego

Niech i-ta grupa maszyn będzie określona, jak poprzednio, parametrami N_1, z_1, a_1 i b_1 . Niech T oznacza horyzont planowania, zaś l_1 -intensywność eksploatacji maszyn grupy i-tej. Proces zużywania się grupy maszyn w wyniku eksploatacji przedstawiono na rys.2.

Wraz z upływem czasu odcinek łączący punkty a_1 i b_1 przesuwa się równolegle do góry. Po upływie czasu T mogą zajść 3 przypadki zależne od wartości l_1 , oznaczone na rys.2 jako a), b), c).



Rys.2. Proces zużywania się i-tej grupy maszyn
 Fig.2. The time of the utilization of the i-th group of machines

5. Fundusz godzin pracy parku maszynowego

Maksymalne możliwości "przerobowe" - fundusze pracy poszczególnych grup maszyn wynikają z przyjęcia $l_i = \min(l_{i,\max}, (z_i - a_i)/T)$, $i=1, \dots, N$. Maksymalną pracę (fundusz pracy) możliwą do wykonania przez grupę i-tą maszyn w okresie T, oznaczymy przez

$R_{i,\max}$ i wyznaczmy wg schematu

$$T \cdot l_{i,\max} + a_i > z_i \quad (5)$$

NIE \swarrow \searrow TAK

$$R_{i,\max} = \text{INT} [N_i \cdot (2 \cdot z_i - a_i - b_i) / 2]$$

NIE \swarrow \searrow TAK

$$R_{i,\max} = \text{INT} \left[N_i \cdot \left(T \cdot l_{i,\max} - \frac{(T \cdot l_{i,\max} + b_i - z_i)^2}{2 \cdot (b_i - a_i)} \right) \right]$$

$$R_{i,\max} = \text{INT} [N_i \cdot T \cdot l_{i,\max}] \quad i=1, \dots, N$$

gdzie; $R_{i,\max}$ jest wyznaczone w godzinach pracy.

Maksymalna średnia intensywność eksploatacji maszyn w grupie i-tej będzie

$$l_i^s \leq \text{INT}\left(\frac{R_i \max}{T \cdot N_i}\right) \text{ h/rok} \quad i=1, \dots, N \quad (6)$$

W warunkach prowadzenia procesu produkcyjnego intensywność średnia eksploatacji maszyn grupy i-tej nie może przekraczać wartości dopuszczalnej

$$l_i^s \leq l_i^s \max, \quad i=1, \dots, N \quad (7)$$

Spełnienie warunku (7) zapewnia, że spełniony jest również warunek (4).

6. Zapotrzebowanie na pracę maszyn.

Niech T oznacza horyzont planowania w latach. Niech x będzie wektorem określającym średnioroczny plan produkcji w okresie T, uwzględniający jej strukturę, a więc

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_M \end{bmatrix} \quad (8)$$

gdzie x_j , $j=1, \dots, M$ oznacza natężenie (skalę) produkcji w okresie T asortymentu typu j, czyli średnią produkcję (np. liczbę sztuk) asortymentu j w ciągu roku.

Przez

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1M} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{N1} & \dots & a_{NM} \end{bmatrix} \quad (9)$$

oznaczymy macierz współczynników technologicznych zapotrzebowań na pracę maszyn. Elementy macierzy a_{ij} , $i=1, \dots, N$, $j=1, \dots, M$ oznaczają zapotrzebowania (w godzinach) na pracę maszyn grupy i-tej w celu wytworzenia jednostki asortymentu j-tego.

Zgodnie z tymi oznaczeniami intensywność zapotrzebowań y_i w h/rok, na pracę maszyn grupy i-tej będą

$$y_i = \text{INT} \left(\sum_{j=1}^M a_{ij} \cdot x_j \right), \quad i=1, \dots, N \quad (10)$$

Oczywiście, zapotrzebowania na pracę poszczególnych grup maszyn nie mogą przekraczać możliwości "przerobowych" tych grup (funduszu pracy), tzn.

$$\text{INT}(p \cdot T \cdot y_i) \leq R_i \max, \quad i=1, \dots, N \quad (11)$$

gdzie: $p=1$.

Jeżeli warunek (11) jest spełniony, to średnie intensywności eksploatacji maszyn w grupach będą

$$l_1^s = \text{INT} \left(\frac{y_1 \cdot P}{N_1} \right) \quad , \quad i=1, \dots, N \quad (12)$$

Jeżeli dla jakiegoś j , warunek (11) nie jest spełniony, to plan produkcji nie jest wykonalny ze względu na ograniczenie mocy produkcyjnej w grupie j -tej. W tym wypadku należy zmienić plan produkcji, np. zmniejszając do wartości

$\text{INT}(p \cdot x)$, gdzie $0 < p \leq 1$ jest określone zależnością

$$p = \min \left(\frac{R_j \cdot \max}{T \cdot y_j} \right)$$

dla $j: T \cdot y_j > R_j \cdot \max$ (13)

albo dokonując zakupów inwestycyjnych maszyn w grupie j -tej.

7. Inwestycyjne i odtworzeniowe uzupełnienie parku maszynowego

Niech I_1 oznacza liczbę nowych maszyn w grupie i -tej. Zakładamy, że nowe maszyny pracują z intensywnością $l_1 \cdot \max$ oraz że wprowadzane są do produkcji w sposób równomierny w okresie T .

Przy tych założeniach praca wykonana przez nowe maszyny w okresie T wyniesie

$$\text{INT}(I_1 \cdot T \cdot l_1 \cdot \max / 2) \cdot h \quad (14)$$

Zapotrzebowanie na pracę pozostałych maszyn grupy i -tej ulegnie zmniejszeniu i wyniesie w okresie T , zgodnie z (10), (13) i (14):

$$p \cdot T \cdot y_1 - \text{INT}(I_1 \cdot T \cdot l_1 \cdot \max / 2) \quad (15)$$

Warunek (11) określający realność planu produkcji przyjmie postać

$$\text{INT}(p \cdot T \cdot y_1) - \text{INT}(I_1 \cdot T \cdot l_1 \cdot \max / 2) \leq R_1 \cdot \max \quad (16) \quad i=1, \dots, N$$

W wypadku spełnienia warunku (16) średnie intensywności eksploatacji maszyn "starych" będą określone zależnościami

$$l_1^s = \text{INT} \left(\frac{T \cdot y_1 \cdot p - \text{INT}(I_1 \cdot T \cdot l_1 \cdot \max / 2)}{T \cdot N_1} \right) \quad (17) \quad i=1, \dots, N$$

8. Zapotrzebowanie na usługi remontowe

Oznaczmy przez k_1 liczbę cykli remontowych przewidywanych w ciągu u_1 tej eksploatacji maszyny grupy i -tej.

Jeżeli l_1^s jest średnią intensywnością pracy maszyny z grupy i -tej, zaś z_1^j oznacza pozostały do wykorzystania resurs maszyny j -tej z grupy i -tej, to

$$\frac{z_i^j}{z_i} \cdot k_i$$

jest wymaganą liczbą remontów maszyny j-tej do czasu jej całkowitego zużycia.

Ponieważ maszyna ta ulegnie zużyciu po czasie

$$\frac{z_i^j}{l_i^s} \text{ lat,}$$

więc intensywność u_i zapotrzebowania na remonty przez grupę i-tą, w której maszyny pracują z intensywnościami l_i^s , będzie określona zależnością

$$u_i = \sum_{j=1}^{N_i} \frac{\frac{z_i^j}{z_i} \cdot k_i}{\frac{z_i^j}{l_i^s}} = \frac{N_i \cdot k_i \cdot l_i^s}{z_i} \text{ rem/rok} \quad (18)$$

Zależność (18) nie uwzględnia zapotrzebowań na usługi remontowe przez nowe maszyny.

W przypadku podjęcia inwestycji, nowe maszyny wymagają usług remontowych z intensywnością:

$$\frac{I_i \cdot k_i \cdot l_i^{\max}}{2 \cdot z_i} \text{ rem/rok}$$

W rezultacie otrzymujemy następujący schemat obliczeń wartości u_i

$$\begin{array}{l}
 I_i > 0 \\
 \swarrow \text{NIE} \\
 u_i = \frac{N_i \cdot k_i \cdot l_i^s}{z_i} \text{ rem/rok} \\
 \searrow \text{TAK} \\
 u_i = \frac{N_i \cdot k_i \cdot l_i^s}{z_i} + \frac{I_i \cdot k_i \cdot l_i^{\max}}{2 \cdot z_i} \text{ rem/rok} \\
 i=1, \dots, N
 \end{array} \quad (19)$$

przy czym l_i^s jest wyznaczone przez (17).

Jeżeli w (19) zastąpi się l_i^s przez $l_i^s \max$, dane zależnością (6), to otrzymamy intensywność zapotrzebowań na usługi remontowe i-tej grupy zapewniającą pełną obsługę tej grupy (wraz z maszynami nowymi).

Niech u oznacza maksymalną możliwą intensywność usług remontowych świadczonych przez system obsługi technicznej, wyrażoną liczbą cykli obsługowych możliwych do wykonania w ciągu roku lub liczbą roboczogodzin w roku. Jeżeli u jest określone w h/rok, oznaczymy symbolem C_i , $i=1, \dots, N$ współczynniki przeliczeniowe podające liczbę godzin systemu obsługi technicznej niezbędnych na wykonanie jednego cyklu obsługowego maszyny z i-tej grupy.

Jeżeli u wyrażone jest w cyklu rem/rok, to przyjmujemy $C_i=1$, dla $i=1, \dots, N$.
Przy tych założeniach łączne zapotrzebowanie na obsługę techniczną maszyn, zapewniające wykonanie planu produkcji będzie:

$$u_y = \text{INT} \left[\sum_{i=1}^N C_i \cdot u_i \right] \quad (20)$$

gdzie, u_i jest określone przez zależność (19).

Jeżeli 1_i^S zastąpimy przez $1_i^{S, \max}$, wtedy z zależności (19) i (20) uzyskamy u_p - zapotrzebowanie na pełną obsługę techniczną maksymalnie użytkowanego parku maszyn (wraz z nowymi maszynami).

Aby zagwarantować możliwość wykonania zadanego planu produkcji, musi być spełniony warunek

$$u_y \leq u \quad (21)$$

wykonania wszystkich potrzebnych obsług przez zaplecze remontowe.

Jeśli warunek (21) nie jest spełniony, to plan produkcji jest nierealizowany ze względu na ograniczenie możliwości obsługi technicznej.

9. Realizacja komputerowa

Pierwsza wersja programu została napisana w języku Basic na mikrokomputer Spectrum + [1].

Rozszerzone wersje w postaci skompilowanej przygotowano na PC XT/AT w opcjach z CO-procesorem i bez CO-procesora.

LITERATURA

- [1] Piasecki S., Mierzejewski H.: "System komputerowej prognozy majątkowego stanu przedsiębiorstwa "KOMPROMIS", Opracowanie wewnętrzne IBS PAI Warszawa 1987.

Recenzent: Prof. dr inż. H. Kowalowski

Wpłynęło do Redakcji do 1988-04-30.

КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА " КОМПРОМИС " ДЛЯ ВСПОМОГАНИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОДУКЦИИ С УЧЕТОМ ИЗНОСА А ТАКЖЕ ОБНОВЛЕНИЯ ПАРКА МАШИН

Р е з ю м е

В статье представлена компьютерная система, позволяющая прогнозировать состояние парка машин в зависимости от его загрузки продукцией и величины инвестиционных закупок а также осуществлять быстрый контроль реальности планов продукции при желательной структуре изделий.

COMPUTER SYSTEM "KOMPROMIS" FOR SUPPORT OF A LONG-TERM PRODUCTION PLANNING WITH REGARD TO UTILIZATION OF MACHINERY

Summary

The paper presents some mathematical basis and computer realisation for the machinery utilization model. The computer system offers possibilities to forecast the state of machinery, given the levels of production and investments. It enables also quick analysis of the production plans with respect to requested production structure.