

Mirosław ZABOROWSKI, Marek PIWOWARCZYK

Politechnika Świętokrzyska

## HARMONOGRAMOWANIE NADAŻNE W SYSTEMIE STEROWANIA PRODUKCJĄ "ISTEP"

**Streszczenie:** W pracy przedstawiono system symulacji sterowania produkcją SYSTEP, w którym obiektem sterowania jest uproszczony model fabryki samochodów, a do sterowania wykorzystuje się zintegrowany system sterowania produkcją ISTEP. Jednym z modułów systemu ISTEP jest podsystem harmonogramowania nadażnego, dla którego zbadano zależność czasu trwania obliczeń od długości horyzontu planowania.

## THE FOLLOW-UP SCHEDULING IN THE PRODUCTION CONTROL SYSTEM "ISTEP"

**Summary:** The production control simulation system SYSTEP is presented in the paper. The integrated production control system ISTEP and a simplified model of a car factory as the controlled plant are developed for SYSTEP. One of ISTEP modules is the follow-up scheduling system for which the calculation time as a function of the planning horizon is examined.

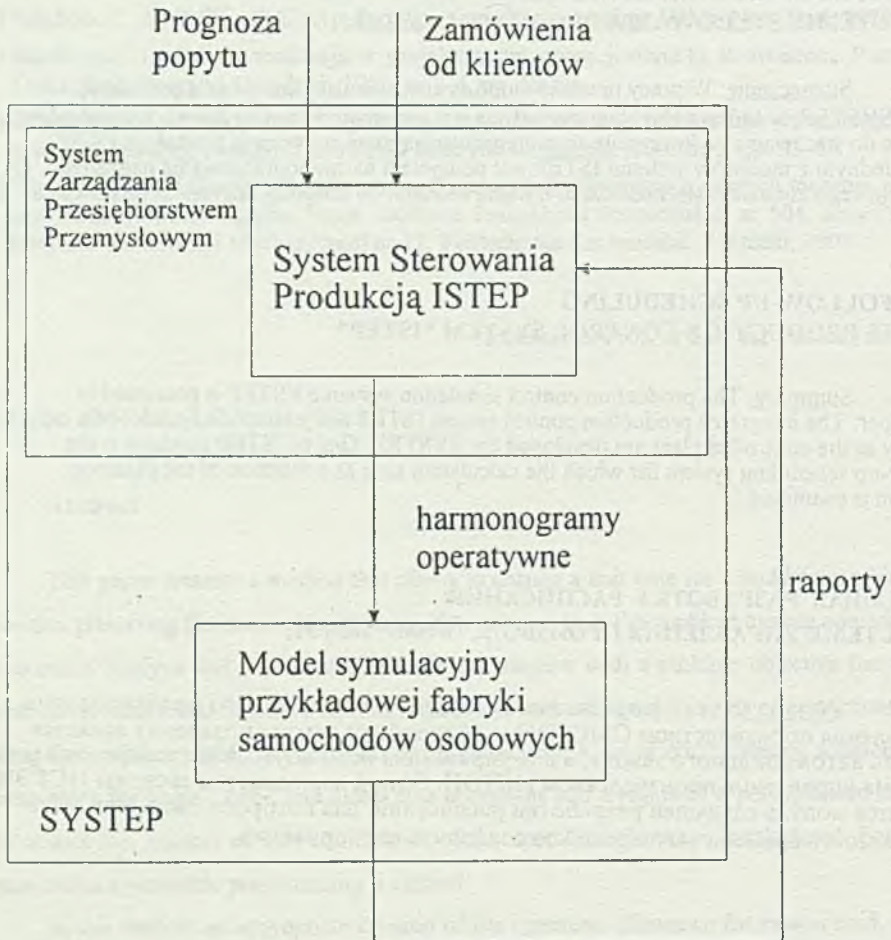
## СЛЕДЯЩАЯ РАЗРАБОТКА РАСПИСАНИЙ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ "ИСТЭП"

**Резюме:** В статье представлена система имитационного моделирования управления производством СИСТЭП, в которой объектом управления является модель автомобильного завода, а для управления используется интегрированная система управления производством ИСТЭП. Одной из подсистем системы ИСТЭП является модуль следящей разработки расписаний, для которого была испытана зависимость времени вычислений от горизонта планирования.

### 1. System symulacji sterowania produkcją SYSTEP

Algorytmy przeznaczone do wykorzystania w systemach operatywnego sterowania produkcją powinny być badane nie tylko jako narzędzia do jednokrotnego rozwiązania określonych problemów optymalizacyjnych, lecz także jako algorytmy wspomaganie dyspozytora

w bieżącym podejmowaniu decyzji. Do tego typu badań, a także na potrzeby dydaktyczne, w Zakładzie Badań Operacyjnych Politechniki Świętokrzyskiej rozwijany jest system symulacji sterowania produkcją SYSTEP (rys. 1.). Obiektem sterowania w systemie SYSTEP jest obecnie model fabryki samochodów obejmującej 7 wydziałów, 41 agregatów produkcyjnych, 218 jednostek produkcyjnych i wytwarzającej około 100 tysięcy samochodów rocznie w 24 wersjach. Podsystemem sterującym w systemie SYSTEP jest wielowarstwowy, zintegrowany system sterowania produkcją ISTEP, w którym m.in. obliczane są półroczne plany produkcji z rozbiem na tygodnie, operatywne plany produkcji oraz operatywne harmonogramy produkcji<sup>1)</sup>.



Rys. 1. System symulacji sterowania produkcją SYSTEP

Fig. 1. The production control simulation system SYSTEP

1) Pierwszą wersję systemu SYSTEP zademonstrowano na zebraniu Instytutu Automatyki Politechniki Śląskiej w dniu 15.02.1994r.

## 2. Charakterystyka systemu ISTEP

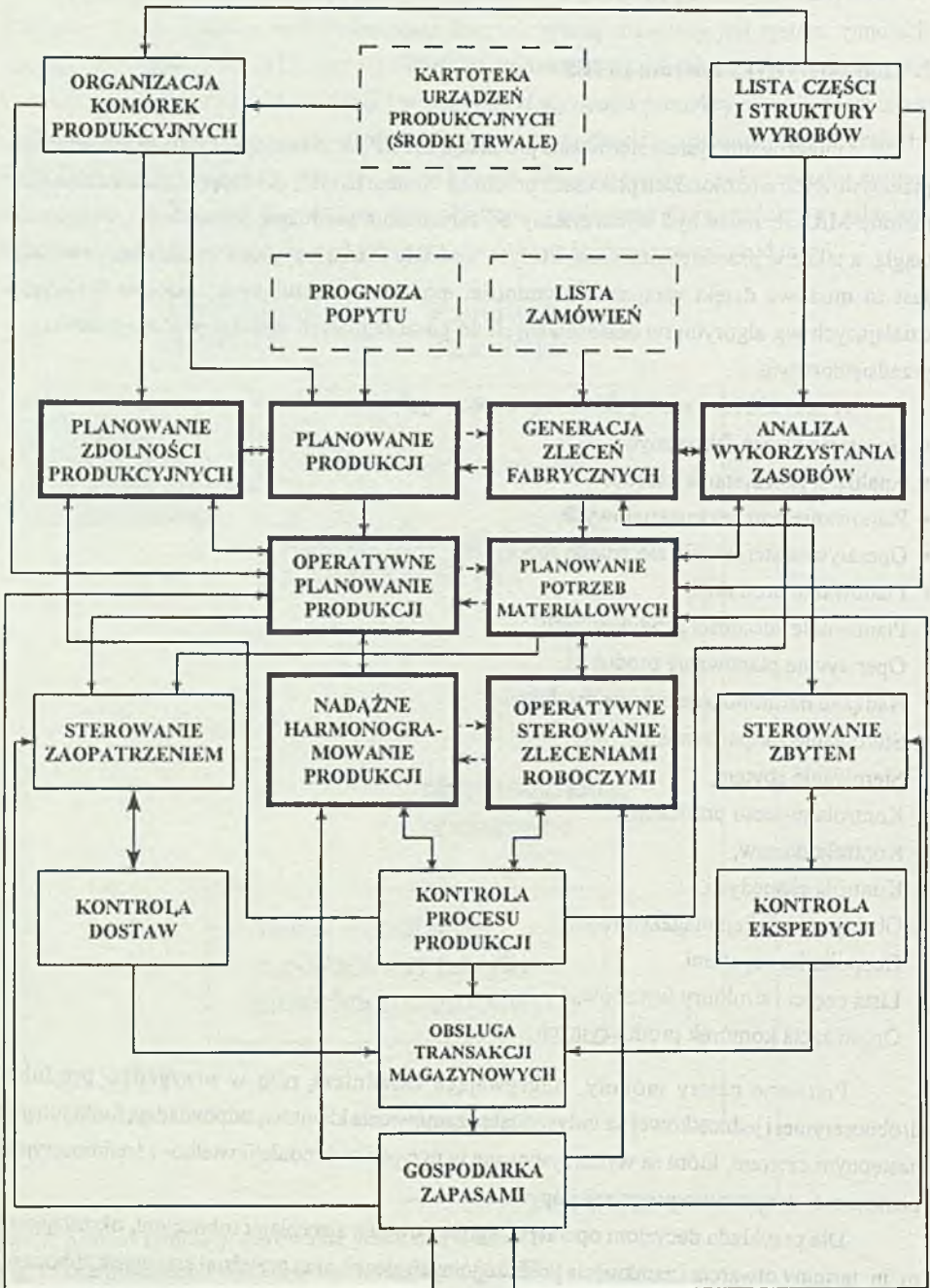
Zintegrowany system sterowania produkcją ISTEP jest przeznaczony dla przedsiębiorstw przemysłowych o różnorodnych procesach produkcji. System ISTEP, działający zgodnie z zasadami metody MRP II, może być wykorzystany do zarządzania produkcją jednostkową, seryjną lub ciągłą, a także w przedsiębiorstwach, których wydziały różnią się typami organizacji produkcji. Jest to możliwe dzięki wzajemnej zgodności modułów realizujących podobne funkcje, a działających wg algorytmów dostosowanych do poszczególnych stadiów procesu produkcji w przedsiębiorstwie.

System ISTEP (rys.2.) składa się z następujących modułów:

- Generacja zleceń fabrycznych,
- Analiza wykorzystania zasobów,
- Planowanie potrzeb materiałowych,
- Operatywne sterowanie zleceniami roboczymi,
- Planowanie produkcji,
- Planowanie zdolności produkcyjnych,
- Operatywne planowanie produkcji,
- Nadążne harmonogramowanie produkcji,
- Sterowanie zaopatrzeniem,
- Sterowanie zbytem,
- Kontrola procesu produkcji,
- Kontrola dostaw,
- Kontrola ekspedycji,
- Obsługa transakcji magazynowych,
- Gospodarka zapasami,
- Lista części i struktury wyrobów,
- Organizacja komórek produkcyjnych.

Pierwsze cztery moduły, odgrywające zasadniczą rolę w przypadku produkcji drobnoseryjnej i jednostkowej na indywidualne zamówienia klientów, odpowiadają funkcjonalnie następnym czterem, które są wykorzystywane w przypadku produkcji wielko- i średnioseryjnej, planowanej w oparciu o prognozy popytu.

Dla przykładu decyzjom operatywnego sterowania zleceniami roboczymi, określającymi m. in. terminy otwarcia i zamknięcia poszczególnych zleceń oraz przydział stanowisk roboczych do realizacji tych zleceń, odpowiadają decyzje nadążnego harmonogramowania produkcji, a mianowicie chwile początkowe i końcowe okresów pracy poszczególnych stanowisk roboczych oraz wyroby wytwarzane w tych okresach. Oczywiście, w obu przypadkach do zmiennych



Rys.2. Struktura funkcjonalna zintegrowanego systemu sterowania produkcją ISTEP  
 Fig.2. Functional structure of integrated production control system ISTEP

decyzyjnych należą wielkości partii.

Decyzje wypracowane przez poszczególne moduły systemu ISTEP mogą być skorygowane przez upoważnionych pracowników przedsiębiorstwa i w zmienionej postaci przekazane do realizacji lub jako wytyczne i ograniczenia do innych modułów systemu. Na żądanie system ISTEP może odnotowywać tego rodzaju korekty.

### 3. Opis modułów systemu ISTEP

**Moduł planowania produkcji** służy do sporządzania planów długo- i średnioterminowych w oparciu o prognozy popytu. Dodatkowymi danymi wejściowymi są zlecenia fabryczne generowane na podstawie zamówień od konkretnych klientów. Plany produkcji są konfrontowane z istniejącymi zdolnościami produkcyjnymi przez **moduł planowania zdolności produkcyjnych**. Jeśli plany są wykonalne, to przekazuje się je jako wytyczne do operatywnego planowania produkcji. Jeśli nie, to w dialogu z użytkownikiem wypracowuje się decyzje o zwiększeniu zdolności produkcyjnych, np. przez wprowadzenie trzeciej zmiany lub zakup dodatkowych urządzeń produkcyjnych. Inną ewentualnością jest zakup brakujących ilości półproduktów od dostawców zewnętrznych. Jeśli użytkownik nie zdecyduje się na żadną z ww. możliwości, moduł planowania produkcji odpowiednio koryguje plany w dół.

Moduł planowania zdolności produkcyjnych korzysta nie tylko z danych normatywnych, lecz także z planów remontów, w tym z prognoz czasów trwania remontów poawaryjnych.

**Moduł generacji zleceń fabrycznych** wstępnie przetwarza zamówienia klientów, określając m. in. pożądane terminy realizacji oraz ilości zamawianych produktów z ewentualnym rozbięciem na wersje. Zamówienia mogą być dzielone na mniejsze zlecenia fabryczne, jeśli ich wielkości odbiegają zanadto od optymalnych wielkości partii. Odwrotnie, w przypadku małych zamówień na ten sam produkt możliwa jest komasacja, nawet jeśli poszczególne zamówienia dotyczą różnych wersji produktu. Oprócz zamówień źródłem danych mogą być plany produkcji. Sytuacja taka występuje, gdy ze względu na wystarczająco stabilny popyt układane są plany długo- i średnioterminowe, natomiast nieciągły charakter procesów technologicznych wymaga przetwarzania produktów szarżowo lub w seriach. Wprowadzeniu zlecenia fabrycznego do systemu towarzyszy odpowiednia analiza dostępności zasobów.

**Moduł analizy wykorzystania zasobów** sprawdza, czy zlecenie może być zrealizowane w taki sposób, by odpowiadające mu zamówienie (zamówienia) zostało wykonane w pożądanym przez klienta terminie. Jeśli nie, to w dialogu z upoważnionym pracownikiem przedsiębiorstwa mogą być wypracowane decyzje analogiczne do decyzji modułu planowania zdolności produkcyjnych. W przypadku rezygnacji z korekty zdolności produkcyjnych oblicza się realny, późniejszy termin wykonania zamówienia, co może być wykorzystane przez dział sprzedaży do negocjacji z klientem.

Zlecenia fabryczne są przetwarzane przez **moduł planowania potrzeb materiałowych**

na zlecenia produkcyjne dla poszczególnych komórek przedsiębiorstwa oraz zapotrzebowania na półprodukty i materiały dostarczane do przedsiębiorstwa z zewnątrz. W obliczeniach korzysta się z drzewa struktur wyrobów. Przy wyznaczaniu wielkości zleceń uwzględnia się istniejące i nie zarezerwowane na inne potrzeby zapasy produktów, których dotyczą zlecenia. Dane te pochodzą z modułu gospodarki zapasami. Przy określaniu terminów zwolnień zleceń produkcyjnych bierze się pod uwagę nie tylko czasy wykonania i czasy przygotowawczo-zakończeniowe, lecz także aktualne dane o dostępności zasobów, których źródłem są prognozy czasów trwania awarii pochodzące z modułu kontroli procesu produkcji.

Sprzężenia zwrotne od gospodarki zapasami i kontroli procesu produkcji sprawiają, że planowanie potrzeb materiałowych jest w istocie planowaniem operatywnym. W przypadku procesów produkcyjnych ciągłych oraz wielko- i średnioseryjnych odpowiada mu **moduł operatywnego planowania produkcji**, który koryguje plany produkcji dla poszczególnych instalacji lub linii produkcyjnych w oparciu o stan zapasów i aktualne zdolności produkcyjne. Dane te, odpowiednio przetworzone, są dostarczane z gospodarki zapasami oraz z kontroli procesu produkcji poprzez moduł planowania zdolności produkcyjnych.

**Moduł nadążnego harmonogramowania produkcji** jest wykorzystywany w przypadku procesów okresowo-ciągłych, a także w przypadku produkcji seryjnej. Moduł ten przetwarza plany operatywne, określające ilości produktów, które powinny przepłynąć w poszczególnych okresach planowania, na decyzje o chwilach przełączeń instalacji albo przebrojeń linii produkcyjnych, o długościach okresów między przełączeniami (przebrojeniami), o produktach wytwarzanych w tych okresach i o wielkościach partii. Nadążanie harmonogramów za zmieniającymi się planami operatywnymi polega na utrzymywaniu w zadanych granicach tych składowych zapasów, których wahania wynikają z różnic między planami i harmonogramami.

Harmonogramowanie nadążne może być wykorzystane do układania harmonogramów produkcji dla dowolnych horyzontów czasowych mieszczących się w horyzoncie planowania produkcji przedsiębiorstwa. Jednak jego podstawowym przeznaczeniem jest bieżąca generacja decyzji w chwilach kończących kolejne okresy harmonogramowania. Praca w tym trybie umożliwia szybką reakcję na zmiany zapasów i zdolności produkcyjnych, jak również na korekty planów produkcji wprowadzane operatywnie z dowolnych innych przyczyn.

Harmonogramowaniu nadążnemu odpowiada funkcjonalnie **moduł operatywnego sterowania zleceniami roboczymi**, który ostatecznie szereguje zlecenia wygenerowane przez moduł planowania potrzeb materiałowych, określając terminy ich otwarcia i zamknięcia oraz przydzielając zasoby do ich wykonania. Niekiedy dokonuje się przy tym podziału zleceń produkcyjnych na podzlecenia.

**Moduł sterowania zaopatrzeniem** służy do bieżącego bilansowania zapotrzebowań na materiały i półprodukty dostarczane z zewnątrz ze stanem zapasów i z meldunkami o przyjętych dostawach. Celem jest wykrywanie opóźnień w dostawach i spadków zapasów poniżej założonego poziomu oraz odpowiednio szybkie alarmowanie działu zaopatrzenia przedsiębiorstwa.

**Moduł sterowania zbytem** koryguje terminy ekspedycji, jeśli jest to konieczne za względu na chwilowy brak zapasów odpowiednich produktów, jak również w przypadku braku środków transportu lub awarii urządzeń przeładunkowych.

**Moduły kontroli dostaw, kontroli procesu produkcji i kontroli ekspedycji** służą do wprowadzania bieżących informacji o rzeczywistych chwilach dostaw i wysyłki oraz o rzeczywistych uruchomieniach i zakończeniach realizacji poszczególnych zleceń roboczych. Ponadto moduły te dostarczają danych o stanie urządzeń.

**Moduł obsługi transakcji magazynowych** rejestruje wszelkie transakcje przyjęcia i wydania z magazynów oraz generuje odpowiednie dokumenty.

**Moduł gospodarki zapasami** bilansuje transakcje magazynowe i kontroluje ich zgodność z rzeczywistym stanem zapasów. Umożliwia aktualizację i przegląd danych o zapasach. Ponadto na potrzeby innych modułów systemu sterowania produkcją prowadzi bilans składowych zapasów, których wahania są związane z decyzjami tych modułów, bilans zapasów zarezerwowanych, dyspozycyjnych itp.

**Moduł listy części i struktur wyrobów** jest dla systemu sterowania produkcją źródłem danych stałych o wszystkich produktach, półproduktach i materiałach przepływających w przedsiębiorstwie, jak również danych o rozwinięciach konstrukcyjnych i normach zużycia materiałów.

**Moduł organizacji komórek produkcyjnych** umożliwia przegląd zestawień wszystkich wydziałów, agregatów produkcyjnych i jednostek produkcyjnych przedsiębiorstwa, uzyskanie danych o ich hierarchii organizacyjnej, a także danych o możliwych wariantach produkcyjnych poszczególnych agregatów.

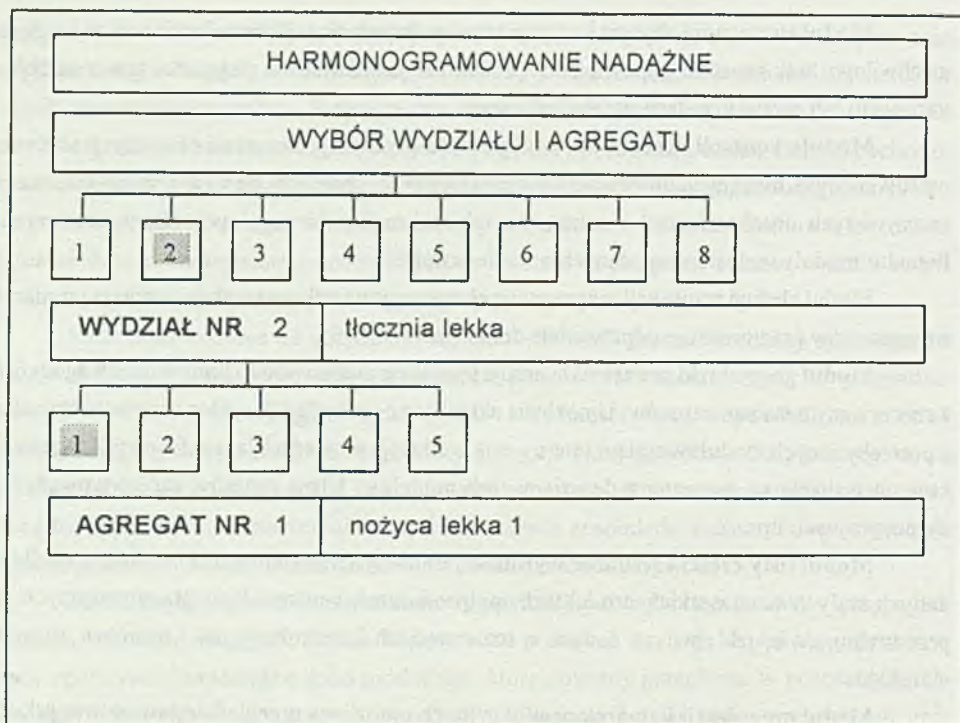
Dwa ostatnio wymienione moduły systemu ISTEP należą do podsystemu TPP realizującego w każdym przedsiębiorstwie szereg dodatkowych funkcji, nie związanych bezpośrednio ze sterowaniem produkcją, jak obliczanie kosztów standardowych, przygotowanie danych do listy płac pracowników produkcyjnych itd.

#### 4. Badania algorytmu harmonogramowania nadążnego

Algorytm harmonogramowania nadążnego [11] jest przeznaczony do bieżącego wyznaczania decyzji dotyczących kolejnych okresów pracy lub postoju poszczególnych agregatów produkcyjnych, lecz może być wykorzystany również do układania harmonogramów produkcji dla horyzontów planowania o dowolnej długości. W takim przypadku jego zaletą jest w przybliżeniu liniowa zależność czasu trwania obliczeń od liczby okresów harmonogramowania, a także od liczby możliwych wariantów produkcyjnych poszczególnych agregatów.

##### 4.1. Wybór parametrów programu harmonogramowania nadążnego

Program harmonogramowania nadążnego napisano w języku C pod systemem operacyj-



Rys.3. Wybór wydziału i agregatu dla harmonogramowania  
 Fig.3. Selection of a department and an aggregate for scheduling

nym UNIX [3]. Po uruchomieniu programu trzeba wybrać wydział i agregat, dla którego układa się harmonogram (rys.3). Następnie należy ustawić tryb pracy i dokonać wyboru chwili początkowej (rys.4). Dopuszczalnymi chwilami początkowymi są chwile kończące okresy harmonogramowania wg harmonogramu wygenerowanego wstępnie dla drugiego półrocza 1993r. Ich listę można wywołać na ekran komputera (rys.4). Stan początkowy dla wybranej chwili również jest obliczany wstępnie podczas pierwszego uruchomienia algorytmu, lecz dane o stanie początkowym mogą być zmienione przez użytkownika.

#### 4.2. Przykładowe wykresy czasowe

Jeżeli wyniki harmonogramowania są archiwizowane, to dla wybranego agregatu można uzyskać odpowiednie wykresy czasowe. Na rys. 5 przedstawiono przykładowe wykresy dla nożyca lekkiej 1. Wykres A pokazuje decyzje o wyborze wariantu pracy w poszczególnych okresach harmonogramowania. Wariant 0 (brak słupka) oznacza postój. Wykres B podaje miary czasowe zaległości dla jednego z 13 możliwych wariantów, a mianowicie dla wariantu 6, mierzone w chwilach początkowych kolejnych okresów pracy. Wykres C przedstawia wielkości partii wybranego produktu, wyznaczone przez algorytm dla kolejnych okresów harmonogramowania.



HARMONOGRAMOWANIE NADAŻNE																													
WYBÓR STANU POCZĄTKOWEGO																													
Wybrany jest wydział 2 i agregat 1	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">NR</th> <th style="text-align: left;">ROZPOCZĘCIE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>01.07.1993 06:00:00</td></tr> <tr><td>2</td><td>01.07.1993 14:33:12</td></tr> <tr style="background-color: #e0e0e0;"><td>3</td><td>02.07.1993 08:24:01</td></tr> <tr><td>4</td><td>03.07.1993 07:55:32</td></tr> <tr><td>5</td><td>03.07.1993 21:38:40</td></tr> <tr><td>6</td><td>05.07.1993 06:00:00</td></tr> <tr><td>7</td><td>06.07.1993 13:15:38</td></tr> <tr><td>8</td><td>06.07.1993 21:58:04</td></tr> <tr><td>9</td><td>07.07.1993 12:32:49</td></tr> <tr><td>10</td><td>08.07.1993 06:10:13</td></tr> <tr><td>11</td><td>08.07.1993 19:35:22</td></tr> <tr><td>12</td><td>09.07.1993 08:51:10</td></tr> <tr><td>13</td><td>10.07.1993 06:00:00</td></tr> </tbody> </table>	NR	ROZPOCZĘCIE	1	01.07.1993 06:00:00	2	01.07.1993 14:33:12	3	02.07.1993 08:24:01	4	03.07.1993 07:55:32	5	03.07.1993 21:38:40	6	05.07.1993 06:00:00	7	06.07.1993 13:15:38	8	06.07.1993 21:58:04	9	07.07.1993 12:32:49	10	08.07.1993 06:10:13	11	08.07.1993 19:35:22	12	09.07.1993 08:51:10	13	10.07.1993 06:00:00
NR		ROZPOCZĘCIE																											
1		01.07.1993 06:00:00																											
2		01.07.1993 14:33:12																											
3	02.07.1993 08:24:01																												
4	03.07.1993 07:55:32																												
5	03.07.1993 21:38:40																												
6	05.07.1993 06:00:00																												
7	06.07.1993 13:15:38																												
8	06.07.1993 21:58:04																												
9	07.07.1993 12:32:49																												
10	08.07.1993 06:10:13																												
11	08.07.1993 19:35:22																												
12	09.07.1993 08:51:10																												
13	10.07.1993 06:00:00																												
Liczba okresów harmonogramowania = 176 Podaj okres początkowy : <input style="width: 50px;" type="text"/> Zaczyna się on :																													
Archiwizować wyniki ? nie Praca automatyczna ? tak Okres powtarzalności wynosi 240																													
F2 - lista okresów z datą początkową																													

Rys.4. Wybór początku harmonogramowania i trybów pracy  
Fig.4. Selection of start time and working mode

W okresach postoju, a także w okresach pracy o innych wariantach produkcyjnych, wielkość partii wybranego produktu jest równa 0. Wykres D przedstawia przebieg zaległości w realizacji planów produkcji przez harmonogram produkcji danego agregatu, przy czym w odróżnieniu od wykresu B, są to zaległości wyrażone w sztukach i mierzone w chwilach końcowych poszczególnych okresów harmonogramowania.

#### 4.3. Badania czasu obliczeń

Pomiarów czasu dokonano na komputerze typu PC 486SX 25MHz 4Mb RAM. Wyniki badań podano oddzielnie dla przypadku z archiwizacją i bez archiwizacji. W obu przypadkach czas obliczeń obejmuje działanie procedur graficznych ilustrujących na ekranie pracę programu.

Wydział 2 (tłocznia lekka)

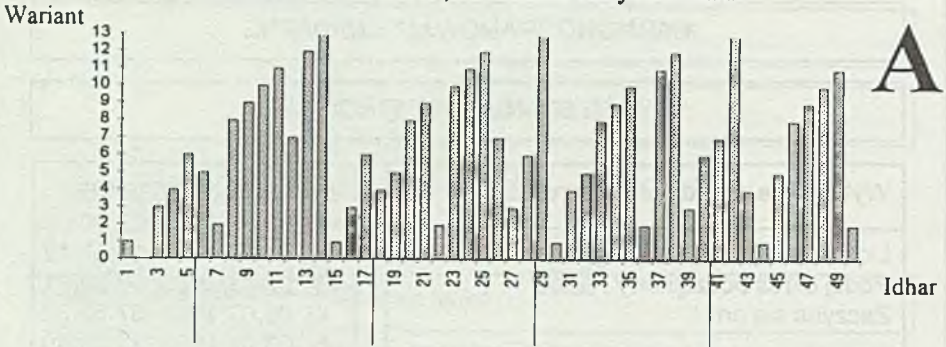
Agregat 1 (nożyca lekka 1)

Liczba wariantów = 13

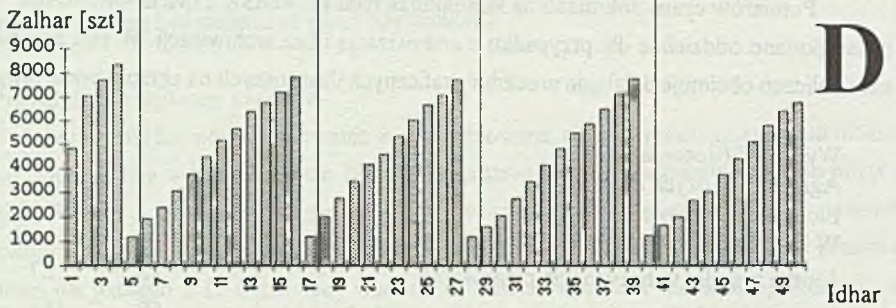
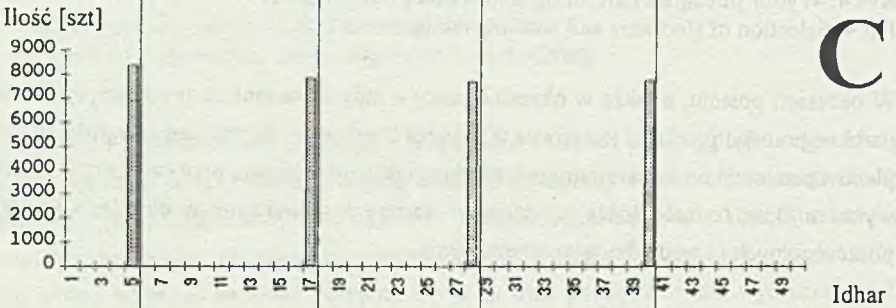
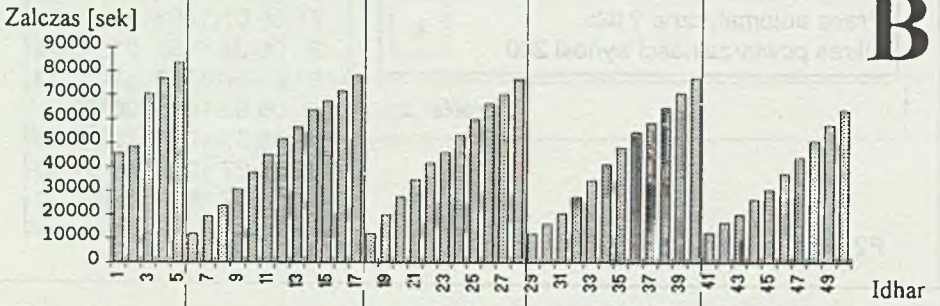
W każdym wariantcie wytwarzany jest 1 produkt (przygotówka).

Liczba tygodni w horyzoncie planowania	-	12	27
Liczba okresów harmonogramowania	1	69	183
Czas obliczeń bez archiwizacji [sek]	<1	6	15
Czas obliczeń z archiwizacją [sek]	3	33	81

WYDZIAŁ tłocznia lekka , AGREGAT nożyca lekka 1



WARIANT 6 słupki zewnętrzne , PRODUKT przygotówka słupka zewnętrznego



Rys.5. Przykładowe wykresy czasowe ilustrujące pracę algorytmu  
Fig 5. An example of time diagrams illustrating the algorithm work

Wydział 1 (tłocznia ciężka)

Agregat 1 (nożyca ciężka 1)

Liczba wariantów = 5

W każdym wariancie wytwarzany jest 1 produkt (przygotówka).

Liczba tygodni w horyzoncie planowania	-	12	27
Liczba okresów harmonogramowania	1	43	93
Czas obliczeń bez archiwizacji [sek]	<1	3	6
Czas obliczeń z archiwizacją [sek]	<1	9	21

Wydział 2 (tłocznia lekka)

Agregat 4 (ciąg pras lekkich 2)

Liczba wariantów = 6

W kolejnych wariantach wytwarza się 2, 4, 2, ,2 ,2, 5 produktów (wytłoczek).

Liczba tygodni w horyzoncie planowania	-	12	27
Liczba okresów harmonogramowania	1	20	47
Czas obliczeń bez archiwizacji [sek]	<1	2	5
Czas obliczeń z archiwizacją [sek]	<1	10	22

Jak pokazują przytoczone tabele, w każdym z badanych przypadków czas trwania obliczeń jest w przybliżeniu proporcjonalny do długości horyzontu planowania.

## LITERATURA

- [1] Evans R.J., Anderson D.R., Sweeney D.J., Williams T.A.: Applied Production and Operations Management. West Publishing Company, St Paul, 1987.
- [2] Kozubek T.: Program planowania produkcji dla systemu sterowania produkcją w przykładowej fabryce samochodów osobowych. Praca dyplomowa. Politechnika Świętokrzyska, Kielce 1993.
- [3] Piwowarczyk M.: Programy obsługi bazy danych oraz harmonogramowania nadążnego dla systemu sterowania produkcją w przykładowej fabryce samochodów osobowych. Praca dyplomowa. Politechnika Świętokrzyska, Kielce 1993.
- [4] Sawik T.: Optymalizacja dyskretna w elastycznych systemach produkcyjnych. WNT, Warszawa 1992.
- [5] Silver E.A., Peterson R.: Decision Systems for Inventory Management and Production Planning. Wiley, New York 1985.
- [6] Smolarek K.: Program TPP do sterowania produkcją w przykładowej fabryce samochodów osobowych. Praca dyplomowa. Politechnika Świętokrzyska, Kielce 1993.
- [7] Toczyłowski E.: Niektóre metody strukturalne optymalizacji do sterowania w dyskretnych systemach wytwarzania. WNT, Warszawa 1989.
- [8] Wróblewski K.J.: Podstawy sterowania przepływem produkcji. WNT, Warszawa 1993.

- [9] Zaborowski M.: Sterowanie operatywne oddziałami produkcyjnymi o procesach technologicznych okresowo-ciągłych. *Archiwum Automatyki i Telemekhaniki*, tom XXVII, z.1-2, 1982, s. 83-102.
- [10] Zaborowski M.: Optymalizacja planów w systemach operatywnego sterowania produkcją. *Archiwum Automatyki i Robotyki*, tom 36 (1991), z.2, s. 313-325.
- [11] Zaborowski M.: Harmonogramowanie nadążne jako metoda dekompozycji złożonych zadań harmonogramowania produkcji. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, ser. Automatyka*, z.109, 1992, s. 345-352.

Recenzent : Prof. dr hab. inż. Franciszek Marecki

Wpłynęło do Redakcji do 30.04.1994r.

### Abstract

In the simulation system SYSTEP, which is presented in the paper, the integrated production control system ISTEP acts on a simplified model of a car factory. The factory consist of 7 departments, 41 production aggregates, 218 workstations and manufactures about 100,000 cars of 24 versions per annum. The functional structure of ISTEP is shown and its modules are described. These are: master production scheduling, resource requirements planning, material requirements planning, short-range scheduling, production planning, capacity planning, short-range current production planning, follow-up production scheduling, purchase control, sale control, production process checking, deliveries checking, shipment checking, inventory transactions reporting, inventory control, item list and bill of materials, organization of production cells.

SYSTEP can be applied to research on specific algorithms of ISTEP. For example, time-diagrams illustrating the performance of the follow-up scheduling algorithm is shown in the paper. This algorithm is intended for making current decisions concerning the next work or idle periods of individual aggregates but it can also generate a schedule for any planning horizon. In the case the calculation time is nearly proportional to the planning horizon. This quality is illustrated by results of proper time measurements.