

PLANOWANIE ZADAŃ PRODUKCYJNYCH W OPARCIU O WIRTUALNY PROCES WYTWARZANIA

W pracy przedstawiono oryginalną metodę wspomagania planowania produkcji dla zautomatyzowanych systemów wytwarzania. Istota metody polega na weryfikowaniu przygotowanego wariantu planu z wykorzystaniem wirtualnego procesu produkcyjnego. Proces wirtualny jest kreowany w oparciu o Skalowalny Model Obiektowy systemu wytwarzania. Ten sam model jest używany do sterowania funkcjonowaniem tego systemu. Stąd, proponowana metoda posiada wysoką wiarygodność.

PRODUCTION PLANNING BASED ON VIRTUAL MANUFACTURING PROCESS

The original method of production planning assistance for automated manufacturing systems has been presented. The essence of proposed method consists in verification of prepared plan variant using simulated virtual process. The virtual process is created on the basis of Scalable Object Model (SOM) of the manufacturing system. The same model is utilized for the control of the system work. Hence, the proposed method is marked by the high credibility.

1. WPROWADZENIE

Plan produkcji, najkrócej rzecz ujmując, powinien odpowiadać na pytania: co należy produkować, w jakiej ilości i kiedy, aby osiągnąć satysfakcjonujący efekt [1], [7], [9]. Proponowany - i w tym sensie wymagający akceptacji - wariant planu produkcji jest zbiorem zamówień, które potencjalnie mogą być zlecone do wykonania w przyjętym okresie planistycznym. Aby można było ocenić wariant planu, niezbędne jest zbilansowanie zapotrzebowania na zasoby systemu wytwarzania, wynikającego z pracochłonności zleceń, ze zdolnościami produkcyjnymi. Owo bilansowanie opiera się na normatywach ilościowo - czasowych, z jednej strony dotyczących wyrobów objętych zleceniami, a z drugiej wymaganych zasobów. Dla zleceń, istotnymi wielkościami są:

- wielkość zlecenia (liczba sztuk, partii wyrobów);
- jednostkowa pracochłonność operacji technologicznych (czasy jednostkowe operacji);
- pracochłonność przebrojeń stanowisk (czasy przygotowawczo - zakończeniowe);
- spodziewany poziom wadliwej produkcji (wskaźniki braków).

Z kolei, podstawowymi wielkościami opisującymi dysponowane zasoby produkcyjne są:

- liczba maszyn i urządzeń poszczególnych typów oraz pracowników je obsługujących;
- fundusz czasu pracy stanowisk;
- wskaźniki pomocnicze, np. awaryjność, wydajność stanowisk, dopuszczalne ich obciążenia.

Jeżeli rezultat bilansowania jest niezadowolający, to należy dokonać stosownych korekt w planie i powtórzyć ocenę.

Popularną, macierzową metodę bilansowania przedstawiono np. w pracach [7], [9].

Trzeba podkreślić, że zarówno w przypadku zagadnienia planowania jak i harmonogramowania produkcji, ocena jednokryterialna jest prawie zawsze niewystarczająca. Próby uwzględniania kilku kryteriów znacznie komplikują te, i tak nadzwyczaj trudne (na ogół *NP* – trudne), ze względu na swój kombinatoryczny charakter, problemy. Tymczasem, czas potrzebny na podjęcie racjonalnej decyzji jest zazwyczaj mocno ograniczony. Dodatkowo, uzyskane rozwiązania wykazują bardzo małą odporność na jakiegokolwiek zakłócenia oczekiwanego przebiegu procesu wytwarzania, które są nieuniknione, nie tyle ze względu na awaryjność urządzeń, ale ze względu na naturalną zmienność asortymentu produkowanych wyrobów, zwłaszcza w przypadku produkcji nierytmicznej. Z tych względów, w przekonaniu autora, zamiast o *optymalizacji*, w sensie poszukiwania ekstremum pewnej funkcji celu, można tutaj mówić jedynie o spełnianiu *kryterium satysfakcji*, w rozumieniu osiągnięcia zadowolających, dla doświadczonego projektanta planu czy harmonogramu, wartości przyjętych przez niego wskaźników oceny. Podobny pogląd, w odniesieniu do produkcji powtarzalnej, prezentowany jest w pracach B. Skołod (np. [8]).

Innym, bardzo poważnym problemem dla zagadnień planowania i harmonogramowania produkcji niepowtarzalnej, najczęściej pomijanym, jest problem uwzględniania obciążeń stanowisk na granicach okresów planistycznych. Planowanie i sterowanie przepływem produkcji mają bowiem naturę ciągłą, toteż, na ogół, na początku rozpatrywanego okresu planistycznego istnieje pewna liczba zleceń uruchomionych wcześniej, o różnym stopniu zaawansowania. Absorbują one część zdolności produkcyjnych systemu wytwarzania, przy czym ich dokończenie, jeżeli tylko terminy na to pozwalają, wcale nie musi nastąpić w pierwszej kolejności. W bardzo wielu przypadkach pracochłonność zleceń niedokończonych jest na tyle znacząca, że w kolejnym okresie planistycznym musi być uwzględniona.

2. IDEA METODY OPERATYWNEGO PLANOWANIA PRODUKCJI

Celem operatywnego (na najniższym, krótkookresowym poziomie) planowania zadań produkcyjnych dla zautomatyzowanego systemu wytwarzania jest stworzenie warunków racjonalnego wykorzystania jego zasobów, mierzonego m. in. wskaźnikami wykorzystania urządzeń, a w szczególności stacji obróbkowych. Istotne trudności, na jakie się tutaj napotyka, wynikają z przyjęcia następujących zasad:

1. Czynność elementarna jest przydzielana do zasobu, na którym będzie wykonywana, dopiero w chwili bezpośrednio poprzedzającej jej rozpoczęcie, co oznacza harmonogramowanie na bieżąco (ang. *on-line scheduling*).
2. Dopuszcza się wariantowe procesy technologiczne.
3. Czynniki skutkujące koniecznością rekonstrukcji planu, takie jak: pojawianie się nowych zleceń, awarie, zmiany preferencji, priorytetów itp., mogą wystąpić w dowolnej chwili.
4. Zlecenia mogą mieć narzucone czasowe ramy ich realizacji, w postaci momentów gotowości oraz najwcześniejszych (nie wcześniej, niż) i najpóźniejszych (nie później, niż) terminów zakończenia.

W konsekwencji, przy bilansowaniu potrzeb ze zdolnościami produkcyjnymi nie można sumować pracochłonności czynności elementarnych, bo:

- nie wiadomo, gdzie czynność będzie wykonywana;
- nie wiadomo co sumować, gdy występują wariantowe procesy technologiczne;
- należy uwzględnić technologiczny porządek wykonywania czynności;
- należy uwzględnić terminy realizacji zleceń.

Planowanie w zadanym horyzoncie czasu powinno dać odpowiedzi m. in. na trzy pytania:

- Które wyroby, w jakich liczebnościach i kiedy należy produkować?
- Czy będzie możliwe dotrzymanie terminów wykonania wszystkich przyjętych zleceń?
- Czy można przyjąć nowe zamówienie, bez konsekwencji w postaci niedotrzymania terminów realizacji zleceń przyjętych wcześniej?

Istota przedstawianej metody wspomaganie planowania polega na weryfikowaniu przygotowanego wariantu planu w wirtualnym procesie produkcyjnym. U podstaw takiego podejścia do zagadnienia planowania produkcji stoi, opracowana w Katedrze Systemów Wytwarzania Politechniki Krakowskiej i zweryfikowana w praktyce, oryginalna koncepcja sterowania zautomatyzowanym systemem wytwarzania w oparciu o przetwarzany współbieżnie z realizowanym procesem jego model symulacyjny [4], [5], [6]. Odpowiedni model, tzw. Skalowalny Model Obiektowy, będący uogólnieniem modelu dotychczas stosowanego, przedstawiono w pracy [2]. Uznano, że dysponując takim modelem, który w niezmienionej postaci pozwala zarówno symulować funkcjonowanie jak i sterować zautomatyzowanym systemem wytwarzania, jest rzeczą naturalną użyć go do sprawdzenia realizowalności opracowanego wariantu planu produkcyjnego. W tym celu wystarczy jedynie wykreować stosowny model i uruchomić wirtualny proces wytwarzania. Trzeba podkreślić, że dla skutecznego zrealizowania tego, z pozoru prostego, pomysłu, istotne znaczenie mają co najmniej trzy cechy tegoż procesu wirtualnego:

1. Adekwatność.
2. Skalowalność.
3. Homologiczność w stanie początkowym.

Przez *adekwatność* rozumiana jest taka zgodność wirtualnego i rzeczywistego procesu wytwarzania, która pozwala uzyskiwać pomijalne różnice wartości przyjętych kryteriów oceny planów produkcyjnych.

Skalowalność, oznacza możliwość samoczynnej zmiany rozmiarów, zawartości i struktury modelu w przypadku zmiany asortymentu (typów i serii) produkowanych przedmiotów.

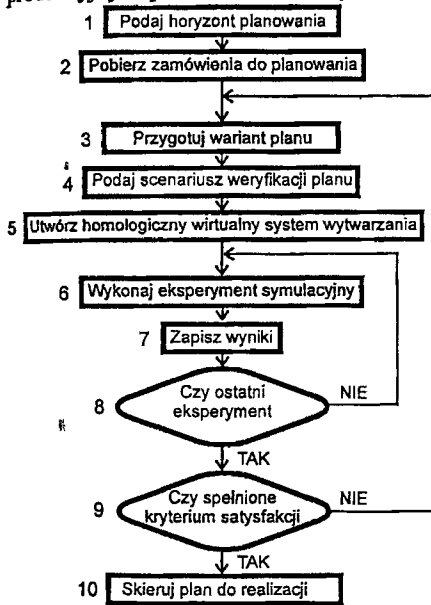
Proces wirtualny jest kreowany w pewnym momencie realizacji procesu rzeczywistego. *Homologiczność* w stanie początkowym oznacza, że stan elementów systemu wytwarzania uczestniczących w obu procesach jest w tym momencie identyczny. W konsekwencji, proces wirtualny może być uruchomiony od aktualnego stanu procesu rzeczywistego.

Projektant planu produkcyjnego ma do dyspozycji szereg wskaźników eksploatacyjnych. Na wartościach tych wskaźników może on sformułować swoje *kryterium satysfakcji*, na podstawie którego zaakceptuje ocenianą wersję planu i skieruje go do realizacji. W chwili obecnej brane są pod uwagę i wyliczane następujące wskaźniki, w dwóch grupach:

1. Wskaźniki dla maszyn:
 - maksymalny przestój maszyny (urządzenia);
 - minimalny przestój maszyny (urządzenia);
 - średni przestój maszyny (urządzenia);
 - liczba przebrojeń maszyny.
2. Dla zleceń (wyrobów):
 - czas realizacji zlecenia;
 - liczba i lista zleceń nieterminowo zrealizowanych;
 - maksymalny i minimalny czas opóźnienia realizacji zlecenia w stosunku do najpóźniejszego żadanego terminu jego zakończenia;
 - maksymalny i minimalny czas wyprzedzenia realizacji zlecenia w stosunku do najwcześniejszego żadanego terminu jego zakończenia;
 - maksymalny czas oczekiwania zlecenia na rozpoczęcie kolejnej czynności (operacji);
 - wskaźnik wydłużenia cyklu realizacji zlecenia.

Zawartość obu list odnosi się do aktualnego stanu opracowanego oprogramowania i nie wyczerpuje istniejących w tym zakresie potrzeb i możliwości. Poprzez odpowiednie interwencje programowe można oczywiście te listy rozszerzać.

Schemat postępowania według proponowanej tutaj metody wspomagania planowania zadań produkcyjnych przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Schemat metody wspomagania planowania zadań produkcyjnych

3. PLANISTA

Zapewnienie skutecznego współdziałania oprogramowania wspomagającego pracę planisty, z bazą danych o złożonych zamówieniach na wyroby, ma zasadnicze znaczenie dla skuteczności przedstawionej koncepcji planowania zadań dla systemów wytwarzania. Przyjęto [3], że funkcję zarządzania produkcją na poziomie *taktycznym* pełnić będzie pakiet Wonderware® InTrack™.

PLANISTA jest programem realizującym proponowaną metodę i wypełnia następujące główne funkcje:

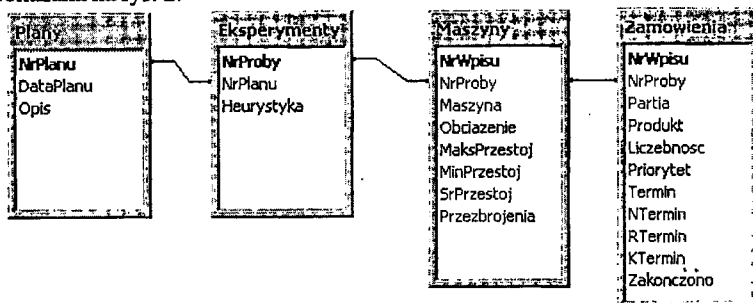
1. Pobranie z bazy danych programu InTrack listy zamówień, których terminy realizacji mieszczą się w zadanym przedziale czasu (bloki 1 i 2).
2. Wykreowanie *wariantu planu* (blok 3), zawierającego wszystkie, lub tylko wyselekcjonowane zamówienia.

3. Określenie *scenariusza weryfikacji planu* (blok 4), zawierającego wybrany zestaw heurystyk bieżącego harmonogramowania procesu produkcyjnego, spośród heurystyk dostępnych w programie EGZEKUTOR, przetwarzającym Skalowalny Model Obiektowy systemu wytwarzania [3].
4. Polecenie weryfikacji planu w procesie wirtualnym. Polecenie to kierowane jest do DYSPOZYTORA, który na tej podstawie kreuje odpowiedni model (blok 5) i inicjuje jego przetwarzanie przez program EGZEKUTOR w procesie wirtualnym (blok 6). Istotny jest fakt, że eksperymenty symulacyjne służące weryfikacji planu rozpoczynają się od aktualnego stanu procesu rzeczywistego (proces wirtualny homologiczny w stanie początkowym). Eksperymentów jest tyle (blok 8), ile heurystyk zostało wybranych do weryfikacji (jaki jest scenariusz weryfikacji). Po zakończeniu każdego eksperymentu zapamiętywane są jego wyniki (blok 7), a następnie odtwarzany jest stan procesu, od którego rozpoczynał się jego przebieg i wykonywany jest kolejny eksperyment.
5. Odbieranie i archiwizowanie rezultatów wszystkich eksperymentów symulacyjnych. PLANISTA zapisuje je w bazie danych w postaci gotowej do dalszej analizy. Istnieje również możliwość eksportowania wyników weryfikacji bezpośrednio do programu Microsoft Excel. Na podstawie wyników planowania operator decyduje (*kryterium satysfakcji*), która wersja planu zostanie skierowana do realizacji (bloki 9 i 10). Dla zamówień objętych tym planem w bazie danych programu InTrack zostaje ustawiony odpowiedni znacznik.

Wymiana poleceń oraz danych pomiędzy PLANISTĄ a DYSPOZYTOREM i bazą programu InTrack odbywa się za pośrednictwem INTEGRATORA [3].

Baza danych, do której zapisywane są wyniki planowania, nie jest zintegrowana z bazą danych programu InTrack. Dzięki temu istnieje możliwość konfigurowania rodzaju i lokalizacji tej bazy tak, aby użytkownik mógł ją dopasować do swoich potrzeb. W efekcie, rolę bazy danych wyników może pełnić dowolna baza danych, do której możliwy jest dostęp przez standardowy interfejs ODBC (ang. *Open Database Connectivity*). W szczególności może to być baza danych utworzona w oparciu o ten sam serwer Microsoft SQL Server, który zarządza bazą danych programu InTrack, ale może to być również baza danych utworzona np. w programie Microsoft Access. Konfigurowanie takiej bazy polega na zdefiniowaniu dostępu do niej w ramach interfejsu ODBC (tzw. definiowanie źródła danych ODBC), a następnie skonfigurowanie PLANISTY do korzystania ze zdefiniowanego źródła.

Baza danych wyników składa się z czterech tablic powiązanych relacjami. Jej struktura została pokazana na rys. 2.



Rys. 2. Struktura bazy danych wyników planowania

Dane z bazy danych wyników mogą być pobierane za pomocą standardowych zapytań języka SQL. Poniżej przedstawiono przykładowe zapytanie pobierające z bazy zestawienie wyników weryfikacji planu nr 2 z wykorzystaniem heurystyki nr 1:

```

SELECT Zamowienia.Partia, Zamowienia.Produkt, Zamowienia.Liczebność,
       Zamowienia.Priorytet, Zamowienia.Termin, Zamowienia.NTermin,
       Zamowienia.RTermin, Zamowienia.KTermin, Zamowienia.Zakonczono
FROM Plany, Eksperymenty, Zamowienia
WHERE Plany.NrPlanu = Eksperymenty.NrPlanu AND
       Eksperymenty.NrProby=Zamowienia.NrProby AND
       Eksperymenty.Heurystyka=1 AND Plany.NrPlanu=2
ORDER BY Zamowienia.Termin
  
```

Innym przykładem jest zapytanie, które dla powyższego eksperymentu podaje wartości wskaźników osiągniętych przez poszczególne urządzenia:

```

SELECT Maszyny.Maszyna, Maszyny.MaksPrzestoj, Maszyny.MinPrzestoj,
       Maszyny.SrPrzestoj, Maszyny.Przebrojenia
FROM Plany, Eksperymenty, Maszyny
WHERE Plany.NrPlanu = Eksperymenty.NrPlanu AND
       Eksperymenty.NrProby=Maszyny.NrProby AND
       Eksperymenty.Heurystyka=1 AND Plany.NrPlanu=2
ORDER BY Maszyny.Maszyna
  
```

Najbardziej popularnym narzędziem do analizy zarchiwizowanych w ten sposób wyników weryfikacji planów jest arkusz kalkulacyjny Microsoft Excel, który umożliwia ich prezentację w dowolnej formie. Nie ma jednak przeszkód, aby zastosować inne narzędzia (mechanizmy

raportowania wbudowane w program Microsoft Access, specjalistyczne pakiety raportujące, jak np. *Crystal Reports* firmy *Seagate*).

W przypadku, gdy operator zdecydował się na skorzystanie z możliwości bezpośredniego eksportowania wyników do programu Microsoft Excel, PLANISTA po zakończeniu weryfikacji planu generuje na dysku nowy skoroszyt w postaci pliku o nazwie mającej format: "RRRRMMDD_NNNN.XLS", gdzie RRRRMMDD jest datą sporządzenia planu, a NNNN jest jego kolejnym numerem. Np. drugi plan sporządzony 12 stycznia 2000 roku zostanie zapisany w pliku „20000112_0002.XLS”. Arkusz jest generowany na bazie predefiniowanego szablonu i zawiera komplet wyników, dla każdego przeprowadzonego eksperymentu symulacyjnego.

4. PRZYKŁAD PLANOWANIA

Przebieg procesu wirtualnego wykorzystywanego do weryfikacji planu jest realizowany przez EGZEKUTORA w odrębnym wątku, niezależnie od trwającego sterowania rzeczywistym procesem wytwarzania. Po wyczerpaniu scenariusza weryfikacji planu, wszystkie uzyskane w kolejnych eksperymentach wyniki zostają przesłane do PLANISTY, który zapisuje je w odpowiednich tablicach bazy danych, a także, jeżeli operator sobie tego życzy, generowany jest stosowny arkusz programu Microsoft Excel. W przypadku włączenia opcji generowania zestawień wyników w tej postaci, należy jedynie określić lokalizację dyskową tworzonego skoroszytu. Obie opcje (skoroszyty Microsoft Excel oraz zapis do bazy danych) mogą być wykorzystywane niezależnie.

Microsoft Excel - 20000112_0002.xls									
Arkusz wyników weryfikacji planu									
Plan nr		0002		Sporządzony dnia: 3 stycznia 2000					
Eksperyment: 1		Heurystyka: 1							
Plania	Produkt	Liczebność	Priorytet	Term. wyk.	Term. ngwcz.	Term. knt.	Term. rozp.	Zakończono	
Zlecenie01	WALEK15	800.00	0	2000-01-10	2000-01-10	2000-01-05	2000-01-01	2000-01-09	
Zlecenie02	WALEK21	1600.00	0	2000-01-10	2000-01-10	2000-01-03	2000-01-01	2000-01-10	
Zlecenie3	WALEK13	200.00	0	2000-01-05	2000-01-05	2000-01-04	2000-01-01	2000-01-09	
Zlecenie1	WALEK11	400.00	0	2000-01-07	2000-01-07	2000-01-05	2000-01-01	2000-01-06	
Zlecenie2	WALEK12	300.00	0	2000-01-12	2000-01-12	2000-01-10	2000-01-01	2000-01-08	
Włażki używane dla poszczególnych maszyn:									
Maszyna	Obciążenie	Maks. przestoś	Min. przestoś	Sr. przestoś	L. przestrobioś				
TH0A	97%	00:02	00:02	0:02:00	4				
TH0B	94%	00:03	00:03	0:03:00	22				
Eksperyment: 2		Heurystyka: 2							
Plania	Produkt	Liczebność	Priorytet	Term. wyk.	Term. ngwcz.	Term. knt.	Term. rozp.	Zakończono	
Zlecenie01	WALEK15	800.00	0	2000-01-10	2000-01-10	2000-01-05	2000-01-01	2000-01-09	
Zlecenie02	WALEK21	1600.00	0	2000-01-10	2000-01-10	2000-01-03	2000-01-01	2000-01-07	
Zlecenie3	WALEK13	200.00	0	2000-01-05	2000-01-05	2000-01-04	2000-01-01	2000-01-11	
Zlecenie1	WALEK11	400.00	0	2000-01-07	2000-01-07	2000-01-05	2000-01-01	2000-01-12	
Zlecenie2	WALEK12	300.00	0	2000-01-12	2000-01-12	2000-01-10	2000-01-01	2000-01-11	
Włażki używane dla poszczególnych maszyn:									
Maszyna	Obciążenie	Maks. przestoś	Min. przestoś	Sr. przestoś	L. przestrobioś				
TH0A	96%	07:53	00:02	0:04:20	3				
TH0B	95%	00:05	00:03	0:04:04	25				

Rys. 3. Przykład arkusza wyników weryfikacji planu

Na rys. 3 przedstawiono widok przykładowego arkusza wygenerowanego dla wariantu planu obejmującego uprzednio pobrane z bazy danych programu InTrack zamówienia: *Zlecenie1*, *Zlecenie2* i *Zlecenie3*. Weryfikację planu przeprowadzono w dwóch eksperymentach

symulacyjnych, w których stosowano heurystyki nr 1 i 2 («Wybieraj pierwszą czynność z listy», oraz «Wybieraj ostatnią czynność z listy»). Przykład dotyczy takiej sytuacji, gdy aktualnie wykonywane są dwa zlecenia wcześniej zaplanowane: *Zlecenie01* i *Zlecenie02*. Wyniki zawarte w arkuszu uzyskano w eksperymencie symulacyjnym, toteż nie należy przesadzać z nadawaniem im praktycznego sensu. W przykładzie chodzi jedynie o zilustrowanie możliwości proponowanej metody wspomagania planowania zadań produkcyjnych dla zautomatyzowanych systemów wytwarzania.

Na rys. 4 pokazano zawartość bazy danych wyników, odpowiadającej przedstawionemu arkuszowi (tzn. zawierającej te same wyniki).

Uzyskane wyniki są poddawane analizie i jeżeli nie są satysfakcjonujące, operator kreuje nowy wersję planu, po czym zleca jego weryfikację. Zatwierdzony wariant planu jest kierowany do realizacji. W tym przypadku PLANISTA przesyła do INTEGRATORA informację o zaakceptowanych zamówieniach, który z kolei modyfikuje zawartość bazy danych programu InTrack (dla każdego z zaakceptowanych zamówień ustawiany jest odpowiedni znacznik). Od tego momentu zamówienia są gotowe do pobrania przez program DYSPOZYTOR.

The screenshot shows a Microsoft Access database with three tables:

- Plany i Tabela:**

№ Planu	Data Planu	Opis
0	00-01-03	Plan nr 2
- Naszymi i Tabela:**

№ Próby	№ Planu	Heurystyka
1	2	1
2	2	2
0	0	0
- Zamówienia i Tabela:**

№ Wpływu	№ Próby	Paralel	Produkt	Ilość	Przyrost	Termin 1	Termin 2	Termin 3	Zakończono
13	1	Zlecenie01	WALEK15	800	0	00-01-10	00-01-10	00-01-01	00-01-09
14	1	Zlecenie02	WALEK21	1500	0	00-01-10	00-01-10	00-01-01	00-01-09
15	1	Zlecenie1	WALEK11	400	0	00-01-07	00-01-07	00-01-01	00-01-06
18	1	Zlecenie3	WALEK13	200	0	00-01-12	00-01-12	00-01-01	00-01-10
19	1	Zlecenie3	WALEK13	200	0	00-01-05	00-01-05	00-01-01	00-01-04
20	2	Zlecenie01	WALEK15	800	0	00-01-10	00-01-10	00-01-01	00-01-09
21	2	Zlecenie02	WALEK21	1500	0	00-01-10	00-01-10	00-01-01	00-01-09
22	2	Zlecenie1	WALEK11	400	0	00-01-07	00-01-07	00-01-01	00-01-06
23	2	Zlecenie2	WALEK12	300	0	00-01-12	00-01-12	00-01-01	00-01-11
24	2	Zlecenie3	WALEK13	200	0	00-01-05	00-01-05	00-01-01	00-01-04
0	0			0	0				

Rys. 4. Zawartość bazy danych wyników

5. ZAKOŃCZENIE

Uzyskane wartości wskaźników, na podstawie których oceniany jest przygotowany wariant planu, realizowanego w procesie wirtualnym, wykazują najwyższy stopień wiarygodności co najmniej z dwóch powodów:

1. Proces wirtualny rozpoczyna się od aktualnego stanu systemu wytwarzania. Nie istnieje zatem problem uwzględnienia czynności trwających i rozpoczętych marszrut technologicznych partii wyrobów wcześniej przyjętych do realizacji.

2. Proces wirtualny przebiega w oparciu o ten sam model i na podstawie tych samych algorytmów, które są używane do sterowania rzeczywistym procesem wytwarzania. Rozbieżności pomiędzy oboma procesami mogą zatem wynikać jedynie z szeroko rozumianych nieprawidłowości funkcjonowania systemu rzeczywistego.

Przedstawiona metoda planowania zadań produkcyjnych dla zautomatyzowanych systemów wytwarzania eliminuje wszystkie wymienione trudności związane z przygotowaniem planu nie tylko racjonalnego, ale i realizowalnego.

Publikacja powstała w wyniku realizacji projektu badawczego nr 1010/T07/98/15.

LITERATURA

- [1] Durlik I.: *Inżynieria zarządzania, cz. I*. A.W."Placet", Warszawa 1995.
- [2] Pierzchała W.: *Coloured object-oriented model of manufacturing system*. Postępy Technologii Maszyn i Urządzeń, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, vol. 23, Nr 4, Rzeszów 1999.
- [3] Pierzchała M., Pierzchała W.: *Integracja operatywnego sterowania procesem wytwarzania z systemami zarządzania produkcją* (w niniejszych materiałach).
- [4] Pierzchała W.: *Model przepływu produkcji w zautomatyzowanym systemie wytwarzania*. Materiały Konferencji AUTOMATION'99, PIAP, Warszawa 1999, s. 131-138.
- [5] Pierzchała W.: *Modernizacja układu sterowania elastyczną linią obróbkową*. Materiały Konferencji AUTOMATION'98, PIAP, Warszawa, marzec 1998, s. 287-294.
- [6] Pierzchała W.: *Otwarty układ sterowania zautomatyzowanym wytwarzaniem*. Materiały Konferencji AUTOMATION'98, PIAP, Warszawa, marzec 1998, s. 94-101.
- [7] Senger Z.: *Sterowanie przepływem produkcji*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1998.
- [8] Skołod B.: *Metoda rozstrzygnięcia o przyjęciu zleceń dla systemu wytwarzania*. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., Seria: Automatyka, z.124, Gliwice, 1998, s. 153-162.
- [9] Wróblewski K. J.: *Podstawy sterowania przepływem produkcji*. WNT, Warszawa 1993.