

WARIANTOWANIE PRZEPIYU NOWOWPROWADZANYCH ZLECEŃ PRODUKCYJNYCH W SYSTEMACH WIELOASORTYMENTOWEJ PRODUKCJI CYKLICZNEJ

W pracy przedstawiono koncepcję szybkiej weryfikacji planowanych do realizacji zleceń produkcyjnych. Zaproponowany podział zlecenia na serie produkcyjne pozwala na lepsze wykorzystanie zmieniającej się struktury obciążeń zasobów system. Zalety proponowanego podejścia zilustrowano na wybranym przykładzie odnosząc je do metod implementujących zasadę propagacji ograniczeń [4, 5].

PROTOTYPING OF WORKFLOW PRODUCTION ORDER IN REPETITIVE MANUFACTURING SYSTEM

In the paper a concept of rapid prototyping of production orders is presented. A principle of production volume decomposition into a set of series is successfully employed. Its advantages allowing one to consider shorter completion times comparing to methods based on constraints propagation principle [4,5] are illustrated on an example.

1. WSTĘP

Konkurencyjne jest to przedsiębiorstwo, które potrafi zorganizować przepływ produkcji gwarantujący większą efektywność systemu wytwórczego oraz w pełni zaspokoić potrzeby klienta [4]. Współczesne przedsiębiorstwa muszą wytwarzać coraz szybciej i coraz taniej krótkie serie wyrobów przy jednoczesnym zwiększaniu ich różnorodności asortymentowej, co pociąga za sobą konieczność skrócenia horyzontu planowania. Zastosowanie ogólnie dostępnych systemów wspomaganie planowania produkcji (systemy klasy MRP), ze względu na wysokie koszty ich wdrożenia jest możliwe jedynie w dużych przedsiębiorstwach. Stąd też potrzeba tworzenia i rozwijania narzędzi wspomagających planowanie i sterowanie przepływem produkcji w szczególności w małych i średnich przedsiębiorstwach [1], [2].

Równie ważnym argumentem przemawiającym za potrzebą prowadzenia badań i wdrażaniem metod i systemów informatycznych wspomagających planowanie i sterowanie przepływem produkcji, jest konieczność udzielania szybkich odpowiedzi co do możliwości przyjęcia zlecenia i terminowej jego realizacji. Pewnym wyzwaniem jest tu czynnik konkurencji. O tym, czy zlecenie zostanie przyjęte, czy też będzie odrzucone decyduje metoda obliczeń – w jednym i drugim przypadku niesie to określone konsekwencje finansowe (przeszacowanie możliwości systemu produkcyjnego – to kary za opóźnienie; odrzucenie realizowalnej oferty – to utracone korzyści).

Często spotykany problem sprowadza się do wyboru tych spośród zgłaszanych zleceń, które mogą być terminowo ukończone w systemie wytwórczym dysponującym wolnymi mocami produkcyjnymi [3], [4]. Na uwagę zasługuje jednak charakter realizowanej produkcji. Krótkie


serie realizowanych zleceń to częste zmiany obciążeń poszczególnych maszyn i urządzeń. Przyjęcie ustalonego przepływu produkcji podczas planowania realizacji nowego zlecenia rodzi pewien niedosyt w sytuacji, gdy ma się świadomość zmian w przebiegu ustalonym, spowodowanych chociażby wpływem aktualnie realizowanych zleceń. Stąd też, próba rozwiązania tego problemu w niniejszej pracy. Zaproponowano sposób planowania przepływu produkcji pozwalający na wykorzystanie powstających wolnych mocy produkcyjnych w wyniku wpływu aktualnie realizowanych zleceń. Intuicja podpowiada, że pojawiające się dodatkowe wolne moce produkcyjne dają możliwość znacznego skrócenia terminu realizacji nowowprowadzanego zlecenia, a tym samym lepszego wykorzystania maszyn i urządzeń.

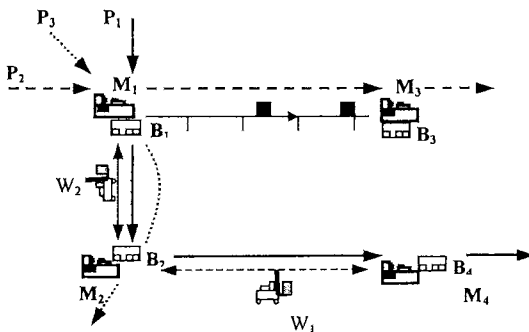
2. WARIANTOWANIE PRZEPŁYWU PRODUKCJI

Przykład planowania przepływu produkcji w systemie z zadanymi ograniczeniami zilustrowano w poniższym eksperymencie wykorzystując komputerową implementację przedstawionej metodyki - SPPP. System ten jest dostępny pod adresem: <http://www.iiz.uz.zgora.pl/app.html>. W przykładzie pokazano dwa przypadki. W pierwszym planowanie przepływu odbywa się na podstawie ustalonego przepływu produkcji w chwili wprowadzania nowego zlecenia. W drugim planowanie odbywa się przy wykorzystaniu powstających wolnych mocy produkcyjnych w wyniku wpływu realizacji jednego ze zleceń aktualnie wykonywanych w systemie.

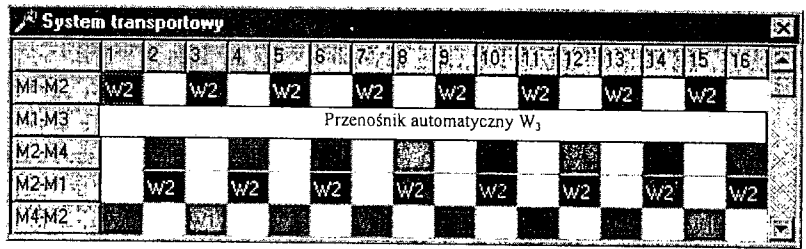
W rozpatrywanym przypadku system wielosortymentowej produkcji rytmicznej (rys.1) składa się z czterech maszyn technologicznych (obrabiarek CNC) z buforami przystaniskowymi o pojemności 6. Zasoby technologiczne łączy sieć transportu złożonego z wózków samojezdnych kursujących cyklicznie oraz automatycznych przenośników. Czas transportu pomiędzy dwoma zasobami technologicznymi wynosi 1 umowną jednostkę czasu pracy systemu (u.j.c.). Rozkład jazdy wózków W_1 , W_2 i pracę przenośnika W_3 zilustrowano na rys. 2. Przy każdym ze stanowisk występuje magazyn (bufor przystaniskowy) podzielony na dwa pola (przedoperacyjne i pooperacyjne) o zadanych pojemnościach. Pomiędzy zasobami technologicznymi poruszają się wózki samojezdne, których zadaniem jest przewożenie materiału zgodnie z marszrutami technologicznymi realizowanych procesów.

Legenda:

- M_1, \dots, M_4 – zasoby technologiczne;
- B_1, \dots, B_4 – bufor przystaniskowy;
- W_1, W_2 – wózki samojezdne;
- P_1, P_2, P_3 – procesy zleceń Z_1, Z_2, Z_3 ;
-  – przenośnik automatyczny;



Rys. 1. System wielosortymentowej produkcji cyklicznej.



Rys. 2. Rozkład jazdy wózków W_1 i W_2 oraz praca przenośnika W_3 .

W systemie aktualnie realizowane są dwa zlecenia Z_1 i Z_2 . Program produkcji przedstawia tablica 1. Zlecenie Z_1 realizowane jest z partią $b_1=4$, natomiast Z_2 z partią $b_2=3$ (rys. 2). Do systemu planowane jest wprowadzenie zlecenia Z_3 . Plany operacyjne realizowanych zleceń przedstawia tablica 2.

Tablica 1. Program produkcji.

Lp.	Nazwa elementu	Liczba operacji w procesie	Wielkość serii (szt.)	Termin realizacji (u.j.c.)
1.	Koło zębate	3	1000	5000
2.	Korpus	2	9	200
3.	Wałek zębaty	2	72	300

Tablica 2. Plany operacyjne zleceń.

zlecenie	Z_1			Z_2		Z_3	
	1	2	3	1	2	1	2
numer operacji	1	2	3	1	2	1	2
stanowisko pracy	M_1	M_2	M_4	M_1	M_3	M_1	M_3
czas przygotowawczo-zakończeniowy	1	1	0	1	1	1	1
czas operacji	1	2	4	2	3	1	1

Przypadek I

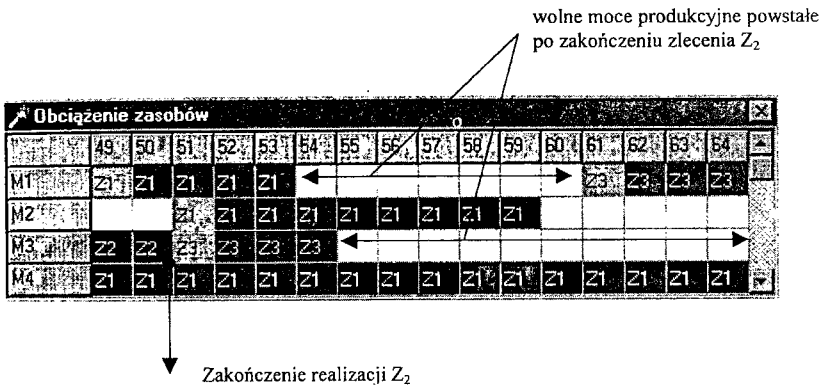
W przypadku pierwszym planowanie przepływu produkcji nowowprowadzanego zlecenia odbywa się na podstawie ustalonego przebiegu produkcji zleceń Z_1 i Z_2 . Do procesu planowania wykorzystano metodykę zaproponowaną w pracy [5]. Istotą tej metodyki było założenie ustalonego przepływu aktualnie realizowanej produkcji podczas realizacji nowowprowadzanego zlecenia. W rozpatrywanym przypadku oznacza to, że do końca realizacji zlecenia Z_3 nie nastąpi zmiana w ustalonym przepływie produkcji. Ustalona na podstawie istniejących przestojów na zasobach technologicznych wielkość partii produkcyjnej, z jaką możliwa jest realizacja planowanego zlecenia Z_3 , wynosi $b_3=3$. Realizacja zlecenia Z_3 zostanie ukończona w chwili $t=391$, co znacznie przekracza zakładany termin realizacji zlecenia. Zlecenie zostanie odrzucone.

Na rysunku 3a) zilustrowano ustalony przebieg produkcji po wprowadzeniu zlecenia Z_3 . Okres systemu $T=16$ determinuje realizacja zlecenia Z_1 na zasobie krytycznym M_4 . Istotnym niedomaganiem proponowanego podejścia jest brak możliwości uwzględnienia już na etapie planowania zmian, które nastąpią w wyniku splotu zlecenia Z_2 . Sytuację po zakończeniu realizacji zlecenia Z_2 oraz po wprowadzeniu zlecenia Z_3 ilustruje diagram na rysunku 3b). Jak łatwo zauważyć, powstają wówczas wolne moce produkcyjne, które można wykorzystać do realizacji zlecenia Z_3 .

a)

Obciążenie zasobów		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
M1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z2	Z2	Z2	Z2	Z2	Z2	Z2	Z3	Z3	Z3	
M2			Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1						
M3	Z2	Z2	Z3	Z3	Z3			Z2	Z2	Z2	Z2	Z2	Z2	Z2	Z2	
M4	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	

b)



Rys. 2. Diagram wykorzystania zasobów systemu a) po wprowadzeniu zlecenia Z_3 , b) stan systemu po zakończeniu zlecenia Z_2 .

Przypadek II

Jak łatwo zauważyć, realizacja zlecenia Z_2 kończy się w 50-tej u.j.c pracy systemu (rys. 2b). Pozwala to wyodrębnić dwa okresy pracy systemu przed i po zakończeniu realizacji zlecenia Z_2 . Oznacza to, że w pierwszym okresie realizowane są zlecenia Z_1 i Z_2 . Natomiast w drugim realizowane jest tylko zlecenie Z_1 . Istniejące przestoje na zasobach wspólnych, dostępne pojemności magazynów oraz dostępność systemu transportu podczas realizacji zleceń Z_1 i Z_2 pozwalają na wprowadzenie zlecenia Z_3 w 13 u. j. c. z partią produkcyjną $b_{3/1}=3$. Oznacza to, że do chwili spływu zlecenia Z_2 w systemie zrealizowane zostanie dziewięć sztuk elementów zlecenia Z_3 (pierwsza seria $Z_{3/1}$) (jak na rys. 2a). Faza spływu zlecenia Z_2 zmienia sposób obciążenia systemu, pozostała część zlecenia Z_3 (seria $Z_{3/2} = 63$ sztuk) realizowana jest wspólnie ze zleceniem Z_1 . Powstałe w ten sposób przestoje na zasobach z jego marszruty technologicznej oraz dysponowane pojemności systemu transportowo-magazynowego pozwalają wprowadzić drugą serię zlecenia w 54 u.j.c. z partią $b_{3/2}=10$. Ukończenie zlecenia Z_3 przy takiej organizacji przepływu nastąpi w terminie 135 u.j.c. Na rysunku 3 przedstawiono diagram obciążenia systemu podczas realizacji serii $Z_{3/2}$ po wprowadzeniu zlecenia Z_3 , gdzie widać spływ zlecenia Z_2 (rys. 3a) oraz ustalony przepływ produkcji podczas realizacji zleceń Z_1 i Z_3 (rys. 3b).

a)

Obciążenie zasobów																
	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
M1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z3	Z3	Z3	Z3	Z3	Z3	Z3	Z3	Z3	Z3	Z3
M2			Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1					
M3	Z2	Z2	Z3	Z3	Z3	Z3	Z3	Z3	Z3	Z3	Z3	Z3	Z3	Z3	Z3	Z3
M4	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1

b)

Obciążenie zasobów																
	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
M1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z3	Z3	Z3	Z3	Z3	Z3	Z3	Z3	Z3	Z3	Z3
M2			Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1					
M3	Z3	Z3							Z3	Z3	Z3	Z3	Z3	Z3	Z3	Z3
M4	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1

Rys. 3. a) Wprowadzenie serii $Z_{3/2}$ b) ustalony przebieg produkcji zleceń Z_1 i Z_3 .

Jak widać proponowane podejście (przypadek drugi) pozwala na pełniejsze wykorzystanie wolnych mocy produkcyjnych systemu, w szczególności powstających w wyniku spływu aktualnie realizowanych zleceń produkcyjnych. Podział zlecenia na serie produkcyjne umożliwi znaczne skrócenie czasu realizacji zlecenia oraz lepsze wykorzystanie dostępnych wolnych mocy produkcyjnych. Podczas realizacji zlecenia Z_1 i Z_3 (po zakończeniu zlecenia Z_2) stopień wykorzystania zasobów (obrabiarek) w pierwszym przypadku wyniósł 56%, natomiast stopień wykorzystania zasobów w drugim przypadku 81%.

3. SFORMUŁOWANIE PROBLEMU

Dany jest system wytwórczy, w którym realizowana jest jednoczesna produkcja kilku asortymentów. Znane są terminy ukończenia produkcji poszczególnych grup asortymentowych. Znana jest struktura dostępnych (nie wykorzystywanych) zdolności produkcyjnych. Dane jest zlecenie produkcyjne zadane marszrutą technologiczną, wielkością produkcji oraz pożądanym terminem jej ukończenia. Rozważany problem sprowadza się do wyznaczenia wielkości serii produkcyjnych w każdym z kolejnych okresów (okresów wyznaczanych przez następujące po sobie terminy ukończenia produkcji asortymentów) oraz wielkości partii produkcyjnych dla każdej z serii.

4. WARIANTOWANIE SERII PRODUKCYJNYCH

Proponowana koncepcja planowania przepływu zleceń produkcyjnych umożliwia podejmowanie decyzji dotyczących możliwości ich realizacji w systemie o zadanych ograniczeniach. Ograniczeniami tymi są: czasy i struktura przestoi na zasobach, technologiczne następstwo operacji, dostępności środków transportu, wielkości partii transportowych, pojemności wózków transportowych i buforów przystanowiskowych. Każde zlecenie, będące przedmiotem planowania, charakteryzuje się określonymi parametrami, takimi jak: wielkość zlecenia, termin realizacji, wielkość partii produkcyjnej, okres wprowadzania partii produkcyjnej i proces produkcyjny. Realizacja zlecenia weryfikowana jest pod kątem możliwości i ograniczeń podsystemu wytwórczego, podsystemu transportu

oraz zmian w strukturze obciążeń systemu w okresie pomiędzy chwilą wprowadzenia a zakładanym terminem realizacji planowanego zlecenia.

Podział zlecenia na serie wymaga ustalenia kolejnych okresów wyznaczanych przez następujące po sobie terminy ukończenia produkcji aktualnie realizowanych zleceń. W każdym z wyznaczonych okresów system charakteryzuje się pewnym ustalonym przepływem produkcji, na podstawie którego wyznaczana jest wielkość partii produkcyjnej. Wielkość partii ustala się na podstawie dysponowanych długości przestojów limitowanych wąskim gardłem systemu, dostępnych środków transportu wewnętrznego, pojemności magazynów przystanowiskowych [4]. W przypadku wyznaczenia zbioru wielkości partii dopuszczalnych, wybierana jest partia, gwarantująca największy stopień wykorzystania zasobów. Produkcja z wybraną wielkością partii w rozpatrywanym okresie czasu (pomiędzy sływem aktualnie realizowanych zleceń) determinuje wielkość serii. Zlecenie przyjmowane jest do realizacji wówczas, gdy wszystkie serie nowowprowadzanego zlecenia ukończone zostaną w założonym przez klienta terminie realizacji zlecenia.

Proponowany sposób podziału zlecenia produkcyjnego na serie produkcyjne, realizowane z różnymi partiami produkcyjnymi sprzyja skróceniu terminu realizacji zlecenia oraz pozwala na lepsze wykorzystanie wolnych (zwalnianych) mocy produkcyjnych. Ciągłe otwartym problemem jest jednak sposób oszacowania całkowitego kosztu realizacji zlecenia. Podobnie przedstawiona koncepcja wymaga opracowania odpowiedniego systemu sterowania, które pozwoli na płynne przechodzenie pomiędzy przebiegami ustalonymi w szczególności w fazie sływu produkcji oraz w fazie wprowadzania serii nowego zlecenia produkcyjnego.

5. ZAKOŃCZENIE

Przedstawiona w pracy koncepcja postępowania daje możliwość przeprowadzenia szybkiej weryfikacji planowanych do realizacji zleceń produkcyjnych. Przedstawiony sposób podziału zlecenia na serie produkcyjne pozwala na wykorzystanie zmieniającej się struktury obciążeń zasobów systemu, szczególnie w sytuacjach sływu aktualnie realizowanej produkcji. Zaletą przedstawionego postępowania jest możliwość podziału kapitału potrzebnego do realizacji danego zlecenia na części.

LITERATURA

- [1] Gattner D., Kłos S., Krenczyk D., Saniuk S., Skołod B.: *Systemy wspomaganie decyzji w planowaniu produkcji*, Monografia pod red. Bożeny Skołod, Wydaw. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001.
- [2] Mądry M., Saniuk S., Banaszak Z.: *Prototypowanie zleceń produkcyjnych w jednoczesnej produkcji wieloasortymentowej*, Materiały konferencyjne VII Międzynarodowej konferencji naukowej „Zarządzanie organizacjami gospodarczymi w warunkach globalizacji”, Tom 1, 11-12 grudzień 2000.
- [3] Muszyński W., Saniuk S., Banaszak Z.: *Wariantowanie struktury systemu transportu bliskiego i magazynowania*, Materiały konferencyjne VII Krajowej Konferencji Robotyki, Łądek Zdrój 2001.
- [4] Saniuk S.: *Algorytmy planowania przepływu produkcji w warunkach występowania deterministycznych ograniczeń logistycznych*, Praca doktorska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2000 r.
- [5] Skołod B.: *Planowanie wieloasortymentowej produkcji rytmicznej*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Monografie, Seria Mechanika z. 129.