

Artykuł ukazał się w:

Koncepcje zarządzania systemami wytwórczymi, pod red. M. Fertsch, S. Trzecieliński, Instytut Inżynierii Zarządzania, Politechnika Poznańska, Poznań 2005, s.45-51

Rozdział 2.1

Jolanta ŁOPATOWSKA*

ANALIZA PORÓWAWCZA WYBRANYCH METOD PLANOWANIA I STEROWANIA PRODUKCJĄ

1. WPROWADZENIE

W epoce wiedzy, informacji oraz dynamicznych zmian otoczenia nowym paradygmatem zarządzania staje się elastyczność organizacji. Przedsiębiorstwo, a z nim cały łańcuch dostaw, zmuszone jest do poszukiwania nowych rozwiązań organizacyjnych w celu elastycznej adaptacji do ciągle zmieniających się warunków otoczenia. Adaptacja dotyczy wszelkich procesów realizowanych w całym łańcuchu dostaw. Szczególną uwagę trzeba przy tym zwrócić na konieczność zapewnienia, w warunkach ciągłej zmienności, sprawnego przebiegu procesów produkcyjnych. W tym celu należy wykorzystać w sposób praktyczny nowoczesne metody planowania i sterowania produkcją [2, str.428] Metody te pozwalają między innymi skrócić cykl dostawy produktu do klienta, poprawić jego jakość, lepiej zsynchronizować poszczególne etapy procesu produkcyjnego, zmniejszyć poziom zapasów, wyeliminować straty w procesie produkcyjnym. Dzięki temu poprawia się efektywność działania przedsiębiorstwa i umacnia się jego pozycja na rynku.

Ze względu na złożoność przedsiębiorstwa i rynku potrzeba adaptacji do zmieniających się wymagań wywołuje konieczność stosowania w ramach jednego przedsiębiorstwa różnych metod planowania i sterowania produkcją. Wykorzystywane metody muszą być dostosowane do procesów produkcji poszczególnych produktów lub wydziałów. Ich wybór zależy od specyfiki produktu, jego cech, poziomu organizacji procesu produkcji i wymagań klienta. Zmiana sytuacji otoczenia przedsiębiorstwa pociąga za sobą potrzebę adaptacji do nowych warunków, a tym samym nowy wybór metod planowania i sterowania produkcją.

* Wydział Zarządzania i Ekonomii, Politechnika Gdańska

2. METODY WSPOMAGAJĄCE PLANOWANIE I STEROWANIE PRODUKCJĄ

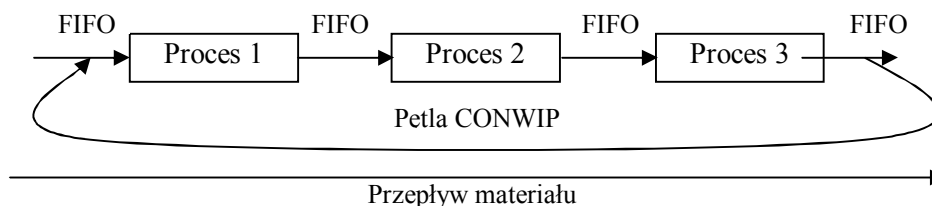
Istnieje szereg metod wspomagających proces planowania i sterowania produkcją. Na ich rozwój pozwalają i mają wpływ czynniki otoczenia, a wśród nich rozwój technologii informatycznych (IT) i komunikacyjnych (internet, intranet) oraz zmiany organizacyjne. Rozwój technologii informatycznych i komunikacyjnych umożliwił stosowanie w praktyce metod klasy MRPII/ERP, których podstawą istnienia stał się system MRP. Zmiany organizacyjne z kolei doprowadziły do powstania szeregu metod, a wśród nich metody Just-in-Time wraz z systemem kanban, metody CONWIP (Constant Work in Process), linii FIFO (First In First Out), czy metody Werbel-Bufor-Lina (Drum-Buffer-Rope) zgodnej z Teorią Ograniczeń TOC (Theory of Constraints). Każda z metod prezentuje inną filozofię planowania i sterowania produkcją i dostosowana jest do odpowiednich wymagań rynku i stanu procesu produkcji. Wybór metody musi być zatem poprzedzony dokładną analizą procesu produkcji poszczególnych wyrobów i wydziałów oraz analizą wymagań rynku. Metody planowania i sterowania produkcją są szeroko opisane w literaturze, m.in. w [1,2,3,5], a dla celów pełnego spojrzenia na poruszaną tematykę, poniżej zamieszczono ich krótką charakterystykę.

2.1. Charakterystyka wybranych metod planowania i sterowania produkcją

Najstarszą spośród wymienionych metod planowania i sterowania produkcją jest znana od lat sześćdziesiątych **metoda MRP**, w oparciu o którą w latach osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych powstały **systemy MRPII i ERP** integrujące wszelkie działania rozproszonych uczestników i nadzorujące wszystkie procesy biznesowe przedsiębiorstw. Zgodnie z metodą MRP planowanie i sterowanie produkcją odbywa się przez generowanie zleceń produkcyjnych w oparciu o harmonogram spływu produkcji finalnej MPS (Master Production Scheduling), BOM (Bill of Material) oraz stan zapasów i produkcji w toku. Zlecenia są korygowane po uwzględnieniu informacji z modułu CRP (Capacity Requirement Planning) o dostępnych zdolnościach produkcyjnych. Zlecenia produkcyjne generowane są z wyprzedzeniem czasowym. Ta metoda pozwala planować produkcję złożonych wyrobów, przy dużej zmienności ich cech i ilości. Zakłada ona, że potrzeby na poszczególne materiały nie są równomiernie rozłożone w czasie, ale są nieciągłe i skokowe, nawet w przypadku równomiernego kształtowania zapotrzebowania na wyroby [2, str.431]. Stosowana może być w systemie o dowolnej strukturze produkcyjnej, obecnie największe zastosowanie ma w systemach o organizacji technologicznej. Ze względu na potrzebę zebrania dużej ilości danych do zaplanowania produkcji oraz czas okresu planistycznego pojawiające się zakłócenia np. w postaci awarii lub zmiany zamówień klientów powodują wzrost zapasów produkcji w toku WIP (Work In Process) i wyrobów gotowych.

W wyniku zmian organizacyjnych w latach osiemdziesiątych powstał system **Just-in-Time** (JiT). System ten koncentruje się na utrzymaniu ciągłości przepływu materiałów i zrównoważeniu go z zapotrzebowaniem klientów. Dzięki temu zapas WIP i wyrobów gotowych jest minimalizowany. Zlecenie produkcyjne stanowi kanban produkcyjny, który pojawia się na stanowisku w momencie, kiedy klient (wewnętrzny lub zewnętrzny) zgłasza zapotrzebowanie na wyrób lub jego element składowy. Zamówienie klienta powoduje wsteczny ruch kanbanów produkcyjnych. Wielkość WIP określa ilość kart kanban produkcyjnych krążących między parą stanowisk. Ilość ta zależy m.in. od zapotrzebowania klientów na wyroby gotowe i cyklu dostawy elementów. Włączenie do systemu klientów zewnętrznych i odbiorców rozciąga planowanie i sterowanie produkcją na cały łańcuch dostaw. System ten wymaga stabilnych warunków, powtarzalności, ograniczonej ilości produktów standardowych, które nie ulegają zbyt często zmianom i których produkcję można grupować na liniach przedmiotowych.

Do planowania i sterowania produkcji szerszego asortymentu wyrobów może być stosowany system **CONWIP**. W systemie tym zlecenie produkcyjne stanowią karty, które są przemieszczane wraz z wyrobem zgodnie z zasadą FIFO do kolejnych stanowisk (rys.1).

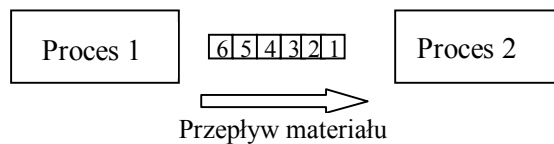


Rys. 1 System CONWIP

Karty nie są, tak jak w systemie JiT, powiązane z wyrobami i w momencie opuszczenia przez wyrób ostatniego stanowiska objętego pętlą przemieszczane są na pierwsze stanowisko, gdzie autoryzują rozpoczęcie obróbki partii kolejnych wyrobów. System ten koncentruje się również na przepływie materiałów, ale w tym przypadku istnieje możliwość, przy zaokrągleniu liczby kart krążących w systemie „w górę” i wykorzystaniu maksymalnej wydajności linii, tworzenia kolejek przed wąskim gardłem. Zaokrąglenie „w dół” powoduje ciągły przepływ materiału, ale wówczas wydajność linii nie jest wykorzystana.

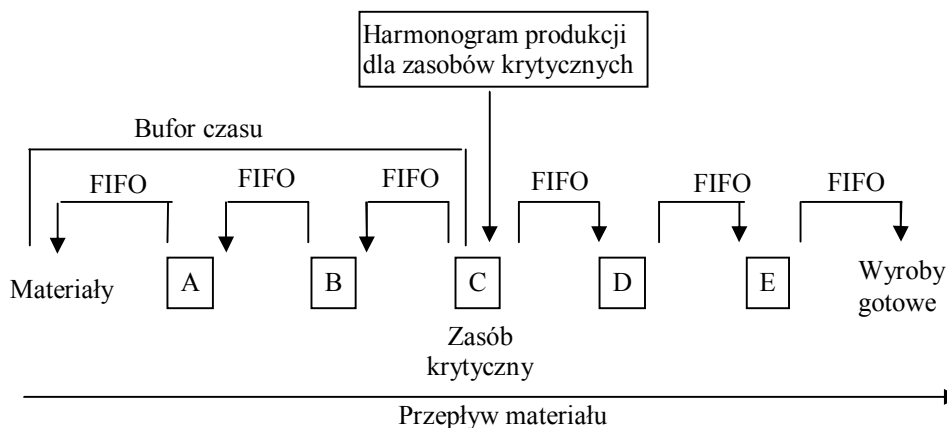
Jeżeli zapotrzebowanie na wyroby lub części pojawia się nieregularnie, asortyment produkcji jest szeroki lub części są szybko wykorzystywane przez kolejne procesy do planowania i sterowania produkcją można wykorzystać **linie FIFO** (rys.2).

W systemie tym maksymalny zapas WIP określa ograniczony (na rys.2 do 6 pozycji) magazyn między procesami. Sygnałem do rozpoczęcia produkcji przez proces 1 jest zwolnienie miejsca w magazynie. Pojemność magazynu zależy między innymi od zapotrzebowania klienta, wydajności procesów połączonych linią FIFO, czy czasu przebrojeń procesów.



Rys. 2. Linia FIFO

Do planowania i sterowania produkcją można wykorzystać również **metodę Werbel-Bufor-Lina**. Najlepsze efekty daje ona przy stabilnym otoczeniu w systemie z jednym wąskim gardłem w postaci np. pieca na wydziale obróbki cieplnej. Harmonogram produkcji zapewnia ciągłą pracę wąskiego gardła, a następnie rozwijany jest „do przodu” i „do tyłu”, zgodnie z zasadą FIFO, na pozostałe stanowiska (rys.3). Bufor czasu określa moment wydania materiału z magazynu, tak aby we właściwym momencie element trafił do obróbki na wąskie gardło.



Rys. 3 Harmonogramowanie produkcji zgodnie z metodą Werbel-Bufor-Lina [4]

Skrócenie cyklu produkcji może nastąpić dzięki zmiennej wielkości partii produkcyjnej i partii transportowej.

2.1. Porównanie wybranych metod planowania i sterowania produkcją

Każda z wybranych metod kieruje się innymi zasadami w procesie planowania i sterowania produkcją oraz wymaga określonych warunków w zakresie organizacji produkcji i zmienności produkcji. Można zatem dokonać analizy porównawczej opisanych metod. Wyniki analizy przedstawiono w tabeli 1 i tabeli 2. Tabela 1 prezentuje porównanie systemów z punktu widzenia takich kryteriów jak: typ produkcji, forma produkcji, struktura produkcyjna, produkty, jakość i konieczność wspomaganie komputerem.

Tabela 1. Porównanie systemów planowania i sterowania produkcją ze względu na kryteria o charakterze organizacyjnym i wymagań rynku

Lp	Kryterium	MRP	TOC	Kanban	CONWIP	Linia FIFO
1.	Typ produkcji	Produkcja jednostkowa, seryjna	Produkcja seryjna	Produkcja średnio i wielkoseryjna	Produkcja mała i średnioseryjna	Produkcja małoseryjna
2.	Forma produkcji	Produkcja rytmiczna i nierytmiczna	Produkcja rytmiczna	Produkcja rytmiczna	Produkcja rytmiczna	Produkcja nierytmiczna
3.	Struktura produkcyjna	Linia lub gniazdo produkcyjne	Linia lub gniazdo produkcyjne	Linia przedmiotowa	Linia przedmiotowa	Linia produkcyjna
4.	Produkty	Duża złożoność, szeroki asortyment, duża zmienność	Dopuszczalna złożoność, niezbyt szeroki asortyment, mała zmienność	Standaryzacja produktów, mała zmienność, stabilny popyt	Standaryzacja produktów, dopuszczalna zmienność asortymentu i ilości	Zmienność asortymentu i ilości, popyt nieregularny
5.	Jakość	Dopuszczalne braki i błędy procesów	100% jakość procesu realizowanego przez wąskie gardło, 100% jakość elementów na wejściu wąskiego gardła	Zero braków, jakość u źródła	Zero braków, jakość u źródła	Zero braków, jakość u źródła
6.	Wspomaganie komputerem	Konieczne	Niekonieczne	Niekonieczne	Niekonieczne	Niekonieczne

O wyborze systemu planowania i sterowania produkcją decydują takie parametry jak: złożoność produktu, zmienność produktu, powtarzalność produkcji, zmienność popytu, wielkość popytu, czy możliwość utrzymania jakości produktu i procesu w całym łańcuchu dostaw. Metody takie jak Kanban, CONWIP, linia FIFO wymagają grupowania wyrobów i budowania dla nich linii produkcyjnych oraz wysokiej jakości. Udział bezpośrednich operatorów stanowisk w procesie planowania i sterowania produkcją we wszystkich metodach, poza MRP, jest konieczny i znaczący. Operatorzy zobowiązani są do dokonywania usprawnień organizacyjnych, np. skracania cyklu wykonania operacji, dbania o jakość procesu, bez których prawidłowe funkcjonowanie metod nie jest możliwe. Natomiast wykorzystanie odpowiedniego oprogramowania jest konieczne tylko dla metody MRP. W przypadku pozostałych metod komputer może być wykorzystany do zbierania niezbędnych danych, których analiza stanowić będzie podstawę do podjęcia decyzji o wykorzystaniu danej metody. Spośród wymienionych systemów MRP pozostaje systemem, który może pracować w najbardziej zmiennych warunkach tj. przy produkcji jednostkowej i seryjnej, dużej złożoności i zmienności produktów.

Porównanie wybranych metod pod kątem ich zasad funkcjonowania przedstawia tabela 2. Prezentuje ona porównanie systemów z punktu widzenia takich kryteriów jak: typ systemu, podstawowe działania, zezwolenie na wytwarzanie, sposób planowania, wielkość produkcji w toku, kolejność wykonywania operacji i miejsce podejmowania decyzji.

Tabela 2. Porównanie zasad funkcjonowania systemów planowania i sterowania produkcją

L p	Kryterium	MRP	TOC	Kanban	CONWIP	Linia FI-FO
1.	Typ systemu	Pchany (push)	Ssący (pull)	Ssący (pull)	Ssący (pull)	Pchany (push)
2.	Podstawowe działanie	Równoważenie zdolności produkcyjnych z popytem	Równoważenie zdolności produkcyjnych wąskiego gardła z popytem, przepływ materiału na pozostałych stanowiskach dostosowany do wąskiego gardła	Równoważenie przepływu materiału z popytem klienta	Równoważenie przepływu materiału z popytem klienta	Równoważenie przepływu materiału z popytem klienta
3.	Zezwolenie na wytwarzanie	Zwolnienie zlecenia produkcyjnego	Według planu obciążenia wąskiego gardła	Na sygnał	Na sygnał	Na sygnał
4.	Sposób planowania	Zaczynając od ostatniego stanowiska do tyłu	Zaczynając od wąskiego gardła do przodu i do tyłu	Zaczynając od ostatniego stanowiska do tyłu	Zaczynając od ostatniego stanowiska do tyłu,	Zaczynając od ostatniego stanowiska do tyłu
5.	Wielkość produkcji w toku	Określona ilością zleceń produkcyjnych, przy zakłóceniach rośnie	Ograniczona możliwościami wąskiego gardła	Ograniczona ilością kart kanban	Ograniczona ilością kart	Ograniczona wielkością magazynu
6.	Kolejność wykonywania operacji	Określona z wykorzystaniem odpowiednich algorytmów i reguł	Dostosowana zgodnie z regułą FIFO do obciążenia wąskiego gardła	FIFO, zgodna z wypoziomowanym harmonogramem (heijunką), określona tablicą kanban	Zgodna z regułą FIFO	Zgodna z regułą FIFO
7.	Miejsce podejmowania decyzji	Poza poziomem warsztatowym, przez jednostki planistyczne	Na bieżąco, na poziomie warsztatowym	Na bieżąco, na poziomie warsztatowym	Na bieżąco, na poziomie warsztatowym	Na bieżąco, na poziomie warsztatowym

System MRP dąży do zrównoważenia zdolności produkcyjnych z zapotrzebowaniem, podczas gdy pozostałe metody koncentrują się na równoważeniu przepływu materiału z popytem. Według metody Werbel-Bufor-Lina wąskie gardło „wyciąga” przepływ materiału w tempie zsynchronizowanym z zapotrzebowaniem, dlatego podobnie jak metodę Kanban i CONWIP można zaliczyć ją do systemów ciągnionych (pull). Zgodnie z TOC wielkość zapasu produkcji w toku ograniczona jest możliwościami wąskiego gardła i stopniem dostosowania do nich przepływu materiału przez pozostałe stanowiska. Metody Kanban, CONWIP i Linia FIFO w sposób jednoznaczny ograniczają wielkość produkcji w toku. Im mniejsza liczba kart w systemie Kanban i CONWIP i im mniejsza pojemność magazynu w linii FIFO, tym mniejszy zapas produkcji w toku WIP i tym lepszy przepływ materiału i lepsza kontrola nad realizowanym procesem. W systemie MRP, ze względu na próbę równoważenia zdolności produkcyjnych i brak bezpośrednich powiązań informacyjnych między poszczególnymi stanowiskami, w przypadku zakłóceń (np. awarii, zmiany wielkości popytu) zapasy produkcji w toku WIP mogą w sposób nieograniczony rosnać. Najpowszechniejszym wśród omawianych metod sposobem ustalenia kolejności realizacji zadań jest reguła FIFO.

3. PODSUMOWANIE

Przedsiębiorstwo do planowania i sterowania produkcją może wykorzystać szereg metod. Każda z metod związana jest z innymi wymaganiami rynku: cechami produktu, wielkością i powtarzalnością popytu, dostępnością i jakością zasobów. Każda z metod kieruje się również innymi zasadami w regulacji procesu przepływu materiałów i wymaga odpowiednich zmian organizacyjnych i zaangażowania pracowników. Zatem decyzja o wyborze odpowiednich metod musi być poprzedzona dokładną analizą całego łańcucha dostaw. Dla każdego przedsiębiorstwa wybór odpowiednich metod planowania i sterowania produkcją poszczególnych wyrobów, grup wyrobów i wydziałów, wobec dynamicznie zmieniających się uwarunkowań rynku, ma służyć celom elastycznej adaptacji do potrzeb otoczenia i racjonalnego gospodarowania.

LITERATURA

- [1] Bicheno J, The Lean Toolbox, PICISIE Books, Buckingham, England 2000
- [2] Brzeziński M., Organizacja i sterowanie produkcją, Warszawa, Placet 2002
- [3] Durlik I., Inżynieria zarządzania cz.I. Strategia organizacji produkcji, nowe koncepcje zarządzania, Warszawa, Placet 2004
- [4] Maciejec L., Błogosławione karby planowania, CXO – magazyn kadry zarządzającej, www.cxo.pl/artykuly/22135.html, 2002
- [5] Rother M., Shook J.: Learning to See, The Lean Enterprise Institute, Brookline, Massachusetts, USA, 1999
- [6] Waters D, Zarządzanie operacyjne, PWN, Warszawa 2001