

# PLANOWANIE I STEROWANIE PRODUKCJĄ WIELOASORTYMENTOWĄ

Justyna TROJANOWSKA, Edward PAJĄK

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono charakterystykę systemu produkcyjnego, dla którego opracowano nową metodę planowania i sterowania produkcją. Zaprezentowano ogólną budowę metody oraz omówiono algorytm postępowania. Nowa metoda planowania i sterowania produkcją została opracowana z myślą o przedsiębiorstwach oferujących szeroką gamę wyrobów, nie tylko skatalogowanych, ale również produkowanych na zamówienie, w seriach różnej wielkości, w warunkach zróżnicowanego popytu.

**Słowa kluczowe:** sterowanie produkcją, harmonogramowanie na ograniczenie.

## 1. Wstęp

Obecna sytuacja rynkowa oraz coraz powszechniejsza wśród małych i średnich firm produkcyjnych strategia dywersyfikacji prowadzi do poszerzania portfela oferowanych wyrobów celem dostosowania się do wymagań klientów. Różnorodny asortyment i zróżnicowane wielkości zamówień powodują, że część asortymentu produkowana jest na magazyn, a część na zamówienie. Zakup surowców do produkcji jest prognozowany, co zawsze obarczone jest błędem, tym większym im dłuższego horyzontu czasowego prognozowanie dotyczy. Szeroki i mało stabilny asortyment powoduje, że trudno jest z odpowiednim wyprzedzeniem czasowym przewidzieć wielkość potencjalnych zamówień oraz ich prawdopodobne rozłożenie w czasie [14, s.253]. Ponadto skraca się średni okres między terminem wpłynięcia zamówienia, a terminem jego realizacji [6, s.120]. Różne terminy realizacji zleceń produkcyjnych, niewystarczające zasoby produkcyjne, problemy z terminowością dostaw surowców powodują znaczne utrudnienia w planowaniu produkcji. Analizując sytuację przedsiębiorstw produkcyjnych oferujących szeroką gamę produktów można zauważyć szereg powtarzających się trudności, m.in.:

- wysokie koszty związane z utrzymywaniem zapasów surowców oraz magazynów międzyoperacyjnych,
- długi czas przepływu materiału przez system produkcyjny negatywnie wpływa na jakość wyrobu finalnego,
- nieterminowa realizacja zamówień klientów,
- brak informacji online o aktualnym stanie realizacji poszczególnych zleceń,
- szybka dezaktualizacja planów.

Wysoka zmienność warunków zarówno wewnętrznych i zewnętrznych jest poważnym problemem znacznie utrudniającym planowanie produkcji. Chcąc jednak sprostać normom i jednocześnie zapewnić rentowność produkcji konieczne jest szybkie reagowanie na problemy pojawiające się w trakcie realizacji procesów produkcyjnych i korygowanie planów produkcyjnych. Działania podejmowane w obszarze produkcji powinny cechować się elastycznością, która jest wymuszana przez konieczność dostosowania się do zmiennych wymagań klientów. Dostarczanie wyrobów w terminie uzgodnionym z klientem, zgodnych

pod względem wymagań jakościowych oraz w akceptowalnej cenie jest dziś standardem [15, p. 699].

## 2. Planowanie i sterowanie

Centralnym procesem każdego systemu zarządzania produkcją jest planowanie, którego zadaniem staje się wygenerowanie właściwego planu oraz rozłożenie go w czasie [3, s.11]. Jednak zmienność czynników produkcyjnych i dynamika środowiska produkcyjnego powoduje, że plany szybko przestają być aktualne, co wymusza konieczność sterowania produkcją w celu uzyskania założonych wcześniej efektów.

Planowanie produkcji [4, s.154] jest to formułowanie celów produkcyjnych, ustalanie hierarchii ich ważności, precyzowanie zadań, które należy wykonać, oraz wyznaczanie środków niezbędnych do ich osiągnięcia. Planowanie jest kluczowym elementem zarządzania produkcją. Niezmiernie ważne jest zatem by proces planowania oparty był o rzetelne dane wejściowe. Dopiero kompletne i wiarygodne dane wejściowe mogą zapewnić skonstruowanie planu mającego realną szansę na realizację. Dlatego warto zwrócić uwagę, że gdy dane wejściowe do planu są opracowywane na podstawie prognoz, to plany takie szybko przestają być realne i konieczne staje się sterowanie produkcją.

W literaturze przedmiotu znaleźć można wiele, różniących się między sobą, definicji pojęcia sterowania produkcją. W tabeli 1 przedstawiono wybrane definicje sterowania produkcją.

Tab. 1. Wybrane definicje sterowania produkcją

Lp.	Autor definicji	Definicja sterowania produkcją
1	APICS 2004	funkcja kierowania i regulacji przepływu materiałów obejmująca cykl wytwarzania, począwszy od określenia zapotrzebowania na surowce, aż do dostawy produktu finalnego
2	Dwiliński 2002	uruchamianie, nadzorowanie i zapewnianie realizacji zadań produkcyjnych pod względem ilości i terminów wytwarzania oraz dystrybucji wyrobów, jakości procesów wytwórczych, jakości wyrobów oraz ich kosztów, a także warunków pracy w systemie produkcyjnym
3	Głowacka-Fertsch, Fertsch 2004	działalność obejmująca planowanie, kontrolę i regulację przepływu materiałów w sferze produkcji, począwszy od określenia zapotrzebowania na surowce, a skończywszy na wykonaniu gotowego wyrobu
4	Pajak 2006	zespół działań zmierzających do uzyskania przez system produkcyjny i przedsiębiorstwo, oczekiwanych – założonych uprzednio – efektów
5	Śliwczyński 2008	działalność obejmująca planowanie, kontrolowanie, ocenę i regulację zarówno operacji produkcyjnych, jak i obciążenia zasobów produkcyjnych oraz przepływu materiałów w sferze produkcji, w zakresie od planowania zapotrzebowania na materiały produkcji, do spływu wyrobu gotowego z produkcji
6	Wróblewski 1993	obejmuje generalną politykę przedsiębiorstwa wynikającą z jego celów strategicznych

Zródło: Opracowanie własne

Spośród definicji przedstawionych w tabeli 1 wyróżniającą się jest definicja nr 6, gdyż jako jedyna dotyczy poziomu strategicznego, podczas gdy pozostałe odwołują się do działalności operacyjnej przedsiębiorstwa produkcyjnego. Warto jednak zwrócić uwagę, że Wróblewski definiuje również pojęcie sterowania przepływem produkcji, odwołując się do poziomu operacyjnego, jako działania związane z realizacją, ustalonego dla pewnego nieodległego i bliskiego przedziału czasu, planu zbytu wyrobów finalnych i wynikających z niego planów produkcji wyrobów, podzespołów, zespołów i części oraz z ustaleniem zapotrzebowania na materiały [16, s.52]. W niniejszym artykule sterowanie produkcją będzie rozumiane zgodnie z definicją nr 4 jako zespół działań zmierzających do uzyskania przez system produkcyjny i przedsiębiorstwo, oczekiwanych efektów. Przedstawiona definicja opiera się bowiem na założeniu, że w wyniku rozregulowania systemu, działającego na niego czynników zewnętrznych i wewnętrznych, następują odchylenia od planu i w celu osiągnięcia założonych efektów konieczne jest podjęcie zespołu działań, czyli sterowanie produkcją.

Do podstawowych zadań sterowania produkcją należą zatem [13, s.236]:

- kontrola i bieżące sprawdzanie dostępności pracowników, maszyn i urządzeń, narzędzi, materiałów na potrzeby realizacji opracowanych planów produkcji,
- wyznaczanie bieżących priorytetów w realizacji zadań produkcyjnych,
- śledzenie i raportowanie przebiegu prac w procesie produkcyjnym i przepływu materiałów oraz braków produkcyjnych, zapasów, stanu maszyn i wykorzystania siły roboczej,
- zapewnienie przepływu informacji i dokumentów produkcyjnych, koniecznych do oceny i regulacji prac w toku, wykorzystania zapasów i przepływu materiałów.

Stopień trudności w realizacji tych zadań zależy od stosowanego w danym przedsiębiorstwie typu, formy i odmiany organizacji produkcji.

W przypadku wieloasortymentowej, zróżnicowanej i nieregularnej produkcji, charakteryzującej się wieloma małymi zamówieniami nie tylko na wyroby standardowe, ale również unikatowe, czasami wręcz produkcji jednostkowej, przepływ materiałów przez proces produkcyjny zorganizowany jest w formy niepotokowe. Asortyment wyrobów jest szeroki i mało stabilny. Trudno jest z odpowiednim wyprzedzeniem czasowym przewidzieć wielkość potencjalnych zamówień oraz ich prawdopodobne rozłożenie w czasie. Duża zmienność tego typu produkcji powoduje, że maszyny są rozmieszczane w grupach, np. według rodzajów, tworząc komórki specjalizowane technologicznie, a każdy realizowany produkt wymaga użycia tylko niektórych zasobów [6, s.104-108]. Warto również zaznaczyć, że ilość zatrudnionych pracowników produkcyjnych przy takiej organizacji produkcji nie odpowiada liczbie operatorów jaka jest potrzebna do prawidłowego funkcjonowania wszystkich maszyn jednocześnie. Jest to uzasadnione ekonomicznie, gdyż maszyny nie są obciążone równomiernie, zdarza się też tak, że niektóre są wykorzystywane bardzo rzadko, jednak niesie to za sobą poważny problem w obszarze sterowania produkcją. Planując produkcję należy pamiętać nie tylko o zabezpieczeniu zapotrzebowania materiałowego na odpowiednim poziomie, ale o właściwym, uzasadnionym ekonomicznie obciążeniu maszyn. W warunkach ograniczonych zasobów może to oznaczać podjęcie decyzji o wykorzystaniu maszyny we właściwym momencie kosztem zaprzestania wykonywania zadań na innym zasobie produkcyjnym.

## **2.1. Produkcja na zamówienie**

Kryzys gospodarczy, jaki w ostatnich latach dotknął Europę spowodował, że przedsiębiorstwa produkcyjne chcąc przetrwać na rynku musiały się przeorganizować, zmienić podejście do zarządzania produkcją i elastycznie reagować na zmieniające się wymagania klientów. Jak pokazują badania 19% firm produkcyjnych, które zostały dotknięte przez kryzys oraz 28% firm produkcyjnych deklarujących, że nie zostały dotknięte przez kryzys, podjęły działania związane z poszukiwaniem nowych rynków zbytu [7, s.12]. Spowodowało to, że obecnie w wielu przedsiębiorstwach produkcja na zamówienie stanowi przeważającą część wytwarzania.

Każdy system produkcyjny, bez względu na realizowany typ produkcji można podzielić na dwie części – produkcję bazową oraz produkcję finalną [12, s.98]. Produkcja bazowa zarządzana jest zgodnie ze strategią push, czyli plany produkcyjne układane są na podstawie prognoz popytu. Natomiast produkcja finalna charakteryzuje się harmonogramowaniem zgodnie z realnymi zamówieniami klienta, czyli zgodnie ze strategią pull. Jednak z praktyki przedsiębiorstw wynika, że nawet przy realizacji produkcji na zamówienie możliwy jest podział na część bazową oraz finalną. Istotnym jest fakt, że punkt rozdziału obu części produkcji powinien być w miejscu, gdzie występuje najmniejsza zmienność, różnorodność surowców czy fluktuacja wymagań klientów. Właściwym kierunkiem rozwiązania tego problemu jest zastosowanie technologii grupowej, polegającej na ustalaniu typowego procesu dla zbioru podobnych technologicznie wyrobów [9, 2001, s.257]. Dzieląc wyroby na rodziny należy jednak pamiętać, by pod uwagę brać istotne cechy produktu, zwłaszcza te, co do których wymagania rynku są jasno sprecyzowane. W przedsiębiorstwach wytwarzających różne produkty w niewielkich ilościach szczególnie przydatnym narzędziem do klasyfikacji produktów według rodzin jest analiza przebiegu procesu [8, s. 36].

Z kolei produkcja na magazyn charakteryzuje się mniejszą zmiennością i daje możliwość konstruowania stabilniejszych planów produkcji. Niemniej jednak w przedsiębiorstwach, które za cel stawiają sobie wysoką dostępność szerokiego wachlarza produktów lub jest to wymuszone chociażby umowami przetargowymi, zarządzanie produkcją również nie jest wolne od problemów, z uwagi na fakt, iż planowanie produkcji uzupełniającej stany magazynowe również jest związane z prognozowaniem popytu.

Duża liczba zmiennych wpływających na system produkcyjny powoduje znaczne trudności w konstruowaniu długoterminowych planów produkcyjnych oraz kompleksowej realizacji tych planów.

W artykule przedstawiono schematycznie nową metodę planowania i sterowania produkcją przy ustalonych zasobach produkcyjnych, która powstała w odpowiedzi na zapotrzebowanie małych i średnich firm produkcyjnych charakteryzujących się rozbudowanym portfelem oferowanych wyrobów i spotykającymi się z omówionymi wcześniej problemami.

## **3. Metoda planowania i sterowania produkcją**

System produkcyjny traktować można jako statyczną i dynamiczną kombinację zasobów, do których należą między innymi techniczne środki produkcji, przedmioty pracy, środki finansowe, czynnik ludzki, czynniki energetyczne i informacje. Zasoby te przekształcone są w stany wyjściowe, a więc produkty, informacje i odpady. Model tak rozumianego systemu określić można jako:

$$Y=T(X) \quad (1)$$

gdzie:

- Y – wektor opisując stany wyjściowe,
- X – wektor opisujący zasoby systemu produkcyjnego,
- T – transformacja systemu.

Transformacja T stanowi więc regułę, według której strumień stanu wejściowego przekształcany jest w strumień wyjściowy. Zarówno wejście, jak i wyjście systemu mają charakter zasileniowo-informacyjny, a więc jedynie część czynników można kwantyfikować, co stanowi trudność w opracowaniu modelu. Dodatkowym czynnikiem utrudniającym modelowanie jest czynnik dynamiczny określający zachowanie systemu produkcyjnego w czasie. Utrudnienia te powodują, że opracowanie w pełni adekwatnego modelu opisującego system produkcyjny jest zagadnieniem trudnym [10, s. 271].

Przedstawiona w artykule metoda ma na celu zaplanowanie produkcji w taki sposób, by przy posiadanych zasobach produkcyjnych, technicznych oraz ludzkich, uzyskać jak najkorzystniejszy wynik finansowy, czyli zrealizować najwięcej jednostek celu, jakim jest ekonomiczna produkcja realizowana w czasie wymaganym przez klienta przy zachowaniu akceptowalnego poziomu jakości wyrobów.

Budowa metody planowania i sterowania produkcją musi odpowiadać specyficznym dla danego przedsiębiorstwa uwarunkowaniom w następujących obszarach:

- wyrobów,
- zasobów technicznych systemu wytwórczego,
- zasobów ludzkich systemu wytwórczego,
- procesów,
- harmonogramów.

Prezentowana metoda została opracowana dla grupy przedsiębiorstw, których charakterystyka w wymienionym zakresie została przedstawiona poniżej.

Charakterystyka wyrobu:

- różnorodne zamówienia składane nieregularnie,
- modyfikacja zlecenia produkcyjnego jest traktowana jako nowe zlecenie produkcyjne i dopuszczalna pod pewnymi warunkami,
- termin realizacji zamówienia określony jest przez klienta,
- zamówienia przekształcane są w zlecenia produkcyjne na etapie planowania produkcji,
- od momentu przekształcenia zamówienia klienta w zlecenie produkcyjne klient nie ma możliwości modyfikacji zamówienia,
- priorytetowość zamówienia określana jest na podstawie ważności klienta.

Charakterystyka zasobów technicznych systemu wytwórczego:

- w skład zasobów produkcyjnych wchodzi r zasobów technicznych oraz h zasobów ludzkich, przy czym  $r \neq h$ ,
- każdy zasób charakteryzuje się określonym zakresem prac jakie mogą być na nim wykonywane,
- każdy zasób produkcyjny ma również określone zdolności produkcyjne ,
- nie jest możliwe jednoczesne obciążenie wszystkich stanowisk produkcyjnych z uwagi na niedobór zasobów ludzkich,

- wąskim gardłem jest zasób, który przy danym harmonogramie produkcji jest najmocniej obciążony i tym samym determinuje możliwość realizacji całego harmonogramu,
- materiały i surowce niezbędne do realizacji wszystkich zleceń zawartych w harmonogramie są dostępne.
- maszyny i urządzenia są sprawne,
- przeglądy maszyn i urządzeń są uwzględnione w harmonogramie produkcji,
- stanowiska pracy nie są obciążane zgodnie z zasadą maksymalizowania wydajności.

#### Charakterystyka zasobów ludzkich:

- pracownicy bezpośrednio produkcyjni są wielofunkcyjni i mogą być przypisani do więcej niż jednego stanowiska produkcyjnego,
- pracownicy bezpośrednio produkcyjni pracują w dowolnym systemie pracy,
- pracownicy bezpośrednio produkcyjni są rozliczani z terminowej realizacji powierzonych im zadań,
- dopuszcza się niedociążenie pracą pracowników bezpośrednio produkcyjnych.

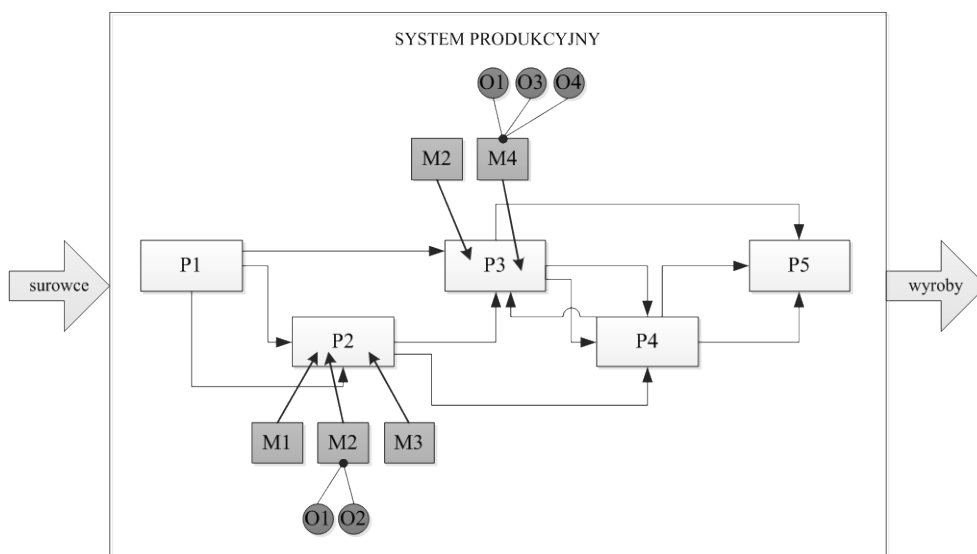
#### Charakterystyka procesów:

- w systemie wytwórczym występują zasoby współdzielone,
- procesy technologiczne poszczególnych wyrobów można realizować w kilku wariantach,
- kolejność realizacji poszczególnych operacji jest różna dla różnych grup asortymentowych,
- czas jednostkowy operacji na zasobie będącym wąskim gardłem zależy od zadania oraz stanowiska, na którym zadanie jest wykonywane,
- czasy przebrojeń są zależne od specyfiki realizowanych operacji na danym stanowisku produkcyjnym,
- czasy przebrojeń są określone i wpisane w harmonogram produkcyjny jako jedno z zadań,
- czasy związane z realizacją procesów transportu i logistyki wewnętrznej są pomijalnie małe.

#### Charakterystyka harmonogramów:

- planowanie produkcji oparte jest o harmonogram tworzony dla zasobu będącego wąskim gardłem,
- tworzony jest również oddzielny harmonogram dla asortymentu nie przechodzącego przez wąskie gardło (harmonogram wysyłek),
- metoda nie obejmuje swym zakresem tworzenia harmonogramów dostaw, transportu itd.

Schematyczny zapis systemu produkcyjnego przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat systemu produkcyjnego  
(opracowanie własne)

Symbolem P oznaczono procesy. Jak wynika ze schematu produkcja poszczególnych wyrobów wymaga zaangażowania różnych procesów realizowanych w różnorodnej kolejności. Każdy z procesów może być realizowany na jednym lub kilku stanowiskach, maszynach. Z uwagi na szerokie kwalifikacje pracowników, każdą maszynę może obsługiwać więcej niż jeden operator, pracownicy są zastępowalni. Prezentowany system produkcyjny służy wytwarzaniu szerokiej gamy produktów.

### 3.1. Algorytm metody planowania i sterowania produkcją

Ogólny schemat metody planowania i sterowania produkcją przy ustalonych zasobach produkcyjnych przedstawia rysunek 2.

Zlecenia produkcyjne, zawierające podstawowe dane niezbędne do budowy harmonogramu, generowane są na podstawie zamówień zewnętrznych, pochodzących od klientów, oraz zamówień wewnętrznych, tworzonych wewnątrz przedsiębiorstwa celem uzupełnienia stanów magazynowych do wymaganego poziomu, bądź uzupełnienia wielkości partii produkcyjnej do jej opłacalnej wielkości.

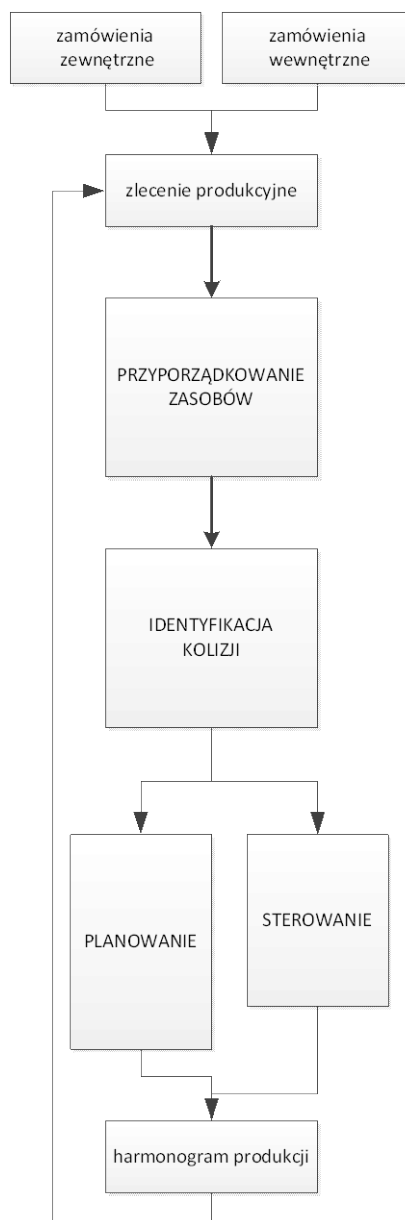
Gdy w systemie pojawia się nowe zlecenie produkcyjne następuje rezerwacja zasobów produkcyjnych niezbędnych do realizacji zlecenia. Na początku wybierana jest marszruta, zgodnie z którą zlecenie zostanie zrealizowane. Następnie w harmonogram obciążenia maszyn wpisuje się obciążenie wynikające z konieczności realizacji kolejnego zlecenia. To samo dzieje się w przypadku harmonogramu zawierającego obciążenie pracowników produkcyjnych. W kolejnym kroku oba harmonogramy są porównywane celem zidentyfikowania miejsc niekompatybilności i wykrycia kolizji zasobów. Jako kolizję zasobów rozumie się sytuację, w której maszyna niezbędna do realizacji zlecenia w danym momencie pozostaje bez operatora, który jest w stanie ją obsłużyć. Należy jednak zaznaczyć, że w omawianym systemie występuje pracownik wielofunkcyjny. Oznacza to,

że jedną maszyną może obsługiwać, czy daną operację realizować, więcej niż jeden pracownik. Zatem kolizja zasobów występuje wówczas, gdy w czasie, gdy powinna być realizowana operacja na danej maszynie, nie ma dostępnego żadnego pracownika, którego kompetencje pozwoliłyby na wykonanie operacji na wskazanym zasobie technicznym. Celem zlikwidowania kolizji istnieje możliwość zastosowania alternatywnej marszruty i wykonanie danej operacji na innej maszynie, wykonaniu operacji przez innego operatora, bądź przesunięciu danej operacji w czasie. Należy zwrócić uwagę, że przy przesunięciu operacji w czasie zmiana ulega termin realizacji zlecenia produkcyjnego.

Kolejnym etapem prezentowanej metody jest identyfikacja wąskiego gardła. Danymi wejściowymi do identyfikacji wąskiego gardła, są dane wyjściowe poprzedniego etapy metody, a więc informacje o kolizji zasobów. Z analizy poprzedniego etapu wynika bowiem jakie maszyny bądź którzy pracownicy (z jakimi kompetencjami) są najbardziej obciążeni. W dalszej części opracowania najbardziej obciążony zasób będzie nazywany ograniczeniem.

Po zidentyfikowaniu ograniczenia należy sprawdzić czy zasób stanowiący ograniczenie zidentyfikowane w wyniku poszerzenia dotychczasowego harmonogramu o konieczność realizacji nowego zlecenia produkcyjnego, jest tym samym zasobem, który został wskazany jako ograniczenie przy realizacji poprzednich zleceń, a więc w obecnie obowiązującym harmonogramie produkcji (nie uwzględniającym jeszcze realizacji nowego zlecenia produkcyjnego). Jeżeli są to te same zasoby to należy przejść do etapu planowania. Natomiast jeżeli są to różne zasoby to konieczne jest przejście do etapu sterowania.

W etapie sterowania, na podstawie analizy określonych wskaźników, podejmowana jest decyzja, w jakim horyzoncie czasowym nastąpi zmiana ograniczenia, czyli do którego momentu harmonogram produkcji realizowany jest zgodnie z planem ułożonym pod dotychczasowe ograniczenie. Podejmowane są również działania mające na celu płynne przejście z dotychczasowego harmonogramu na harmonogram uwzględniający nowe ograniczenie.

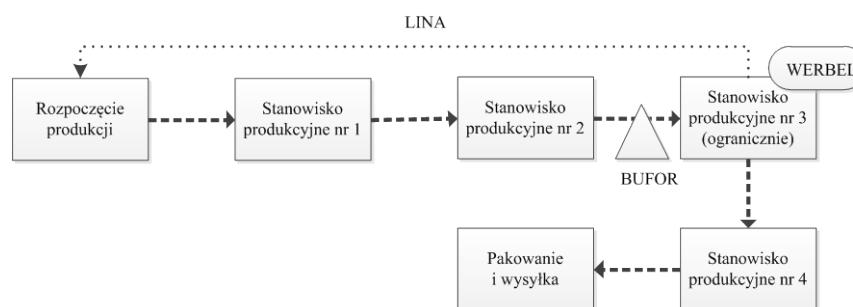


Rys. 2. Algorytm metody planowania i sterowania produkcją (opracowanie własne)



W etapie planowania układany jest harmonogram zakładający maksymalne wykorzystanie zdolności produkcyjnych zasobu zidentyfikowanego jako ograniczenie i dostosowaniem przepływu produkcji na pozostałych stanowiskach do tempa pracy ograniczenia celem uniknięcia tworzenia się zbędnych zapasów robót w toku. Przykładowym narzędziem wspomagającym tego typu harmonogramowanie jest poziomowanie produkcji, związane z koncepcją lean production. Poziomowanie produkcji zabezpiecza ciągłość przepływu dzięki poziomowaniu zapotrzebowania oraz równoważeniu obciążenia linii. Zachowanie ciągłości produkcji jest możliwe dzięki naprzemiennemu wytwarzaniu partii różnych produktów. Harmonogram układany jest dla jednego stanowiska produkcyjnego, nazywanego stymulatorem produkcji, a pozostałe stanowiska są podporządkowane pracy stymulatora.

Innym narzędziem jest werbel-bufor-lina (DBR, z ang. drum-bufer-rope), którego schemat przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Schemat koncepcji DBR [15]

Werbel oznacza harmonogram produkcji ułożony pod ograniczenie. Bufor to zapas robót w toku, który musi być tak ustalony, by w razie jakichkolwiek komplikacji, jak na przykład awarii maszyny pracującej przed ograniczeniem, nie została przerwana praca na ograniczeniu. Bufor musi być zatem na tyle duży, by zabezpieczyć nieprzerwaną realizację harmonogramu na ograniczeniu. Natomiast lina oznacza zasadę dostarczania materiałów na stanowiska pracy w sposób zapewniający podporządkowanie pracy elementów systemu produkcyjnego pod tempo pracy zasobu będącego ograniczeniem [2, p. 1283].

Wynikiem realizacji algorytmu przedstawionego na rysunku 2 jest stworzenie harmonogramu produkcji. Harmonogram produkcji ulegnie zmianie, gdy w systemie pojawi się kolejne zlecenie produkcyjne.

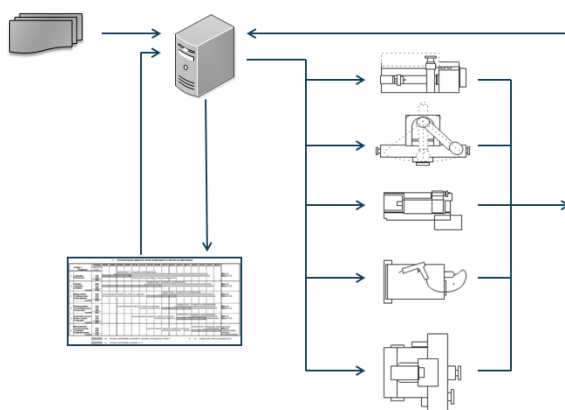
#### 4. Podsumowanie

Świadomość istnienia w systemie produkcyjnym ograniczenia jest bardzo ważna z punktu właściwego zarządzania produkcją. Z uwagi na wpływ pracy zasobu ograniczającego na wydajność i efektywność systemu produkcyjnego organizacja pracy na stanowisku produkcyjnym będącym ograniczeniem powinna się charakteryzować następującymi cechami:

- priorytetowością – problemy pojawiające się na tym stanowisku muszą być najważniejsze dla wszystkich zaangażowanych w dany proces produkcyjny i rozwiązywane w pierwszej kolejności,
- dostępnością zasobów – procesy poprzedzające produkcję na zasobie ograniczającym muszą być tak zorganizowane, by zapewnić odpowiedni zapas robót w toku przed zasobem ograniczającym, zapewniając tym samym możliwość nieprzerwanej pracy ograniczenia.

Organizacja pracy na stanowisku produkcyjnym będącym ograniczeniem powinna uwzględniać wykorzystanie zdolności produkcyjnych danego stanowiska w 100%. Należy również zwrócić uwagę na fakt, że zastosowanie omówionych rozwiązań w praktyce wymaga opracowania właściwego dla danych warunków organizacyjnych systemu kalkulacji wielkości buforów czasowych, uwzględniającego dynamikę przepływu strumieni materiałowych.

Przedstawiona w artykule metoda planowania i sterowania produkcją wieloasortymentową zostanie oprogramowana i zaimplementowana w przedsiębiorstwie produkcyjnym zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 4.



Rys. 4. Implementacja przemysłowa metody (opracowanie własne)

Zamówienia wewnętrzne oraz zewnętrzne będą trafiały do systemu, który będzie generował harmonogram produkcji na podstawie aktualnych danych z produkcji, czyli informacji o bieżącym obciążeniu maszyn, ewentualnych przestojach, awariach itd. oraz przy wykorzystaniu informacji zapisanych w obecnie obowiązującym harmonogramie.

Wybór odpowiedniej dla dane przedsiębiorstwa metody planowania i sterowania produkcją powinien być poprzedzony dokładną analizą uwarunkowań rynkowych, powtarzalności produkcji, czy różnorodności oferowanych wyrobów.

## Literatura

1. APICS Dictionary, 11th Edition, American Production and Inventory Control Society, Inc., Falls Church, VA 2004.

2. Arora K.C.: Comprehensive Production and Operations Management, Laxmi Publikations, New Delhi 2004.
3. Brzeziński M. (red.): Sterowanie produkcją, Wydawnictwa Uczelniane, Lublin 1999.
4. Dwiliński L.: Zarządzanie produkcją, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2002.
5. Głowacka-Fertsch D., Fertsch M.: Zarządzanie Produkcją, Wyższa Szkoła Logistyki, Poznań 2004.
6. Knosala R. i zespół: Komputerowe wspomaganie zarządzania przedsiębiorstwem, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2007.
7. Koliński A, Trojanowska J., Kolińska K.: Analiza wykorzystania metod i technik zarządzania przedsiębiorstwem produkcyjnym w celu minimalizowania skutków kryzysu gospodarczego – wyniki badań. Gospodarka Materialowa i Logistyka nr 8, 2011, s. 9-15.
8. Kubik S.: Gniazdo Produkcyjne. Przepływ jednej sztuki dla zespołów roboczych, ProdPublishing, Wrocław 2010.
9. Muhlemann A. P., Oakland J.S., Lockyer K.G.: Zarządzanie. Produkcja i usługi, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001.
10. Pająk E.: Przykład zastosowania symulacji komputerowej w przygotowaniu produkcji. Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie, red. Knosala R., Tom II, s. 270-277, Warszawa 2004.
11. Pająk E.: Zarządzanie produkcją. Produkt, technologia, organizacja, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006.
12. Ptak C.A., Schragenheim E.: ERP: tools, techniques, and applications for integrating the supply chain, CRC Press LLC, Boca Raton 2004.
13. Śliwczyński B.: Planowanie logistyczne, wydanie 2, Biblioteka Logistyka, Poznań 2008.
14. Trojanowska J.: Algorithm of flow control process of production make to order. Trends in the development of machinery and associated technology, 15<sup>th</sup> International Research/Expert Conference, 12-18 September 2011, Prague, Czech Republic, s. 253-256.
15. Trojanowska J.: Zarządzanie produkcją na zamówienie w oparciu o teorię ograniczeń. Wybrane problemy logistyki produkcji, Golińska P. (red.), Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2011, s.49-68.
16. Wróblewski K.J.: Podstawy sterowania przepływem produkcji, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1993.
17. Żywicki K.: Komputerowy system wspomagający zarządzanie operacjami produkcyjnymi. Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie, red. Knosala R., Tom II, Opole 2010, s.699-707.

Mgr inż. Justyna TROJANOWSKA  
 Dr hab. inż. Edward PAJĄK, prof. nadzw.  
 Instytut Technologii Mechanicznej  
 Politechnika Poznańska  
 60-965 Poznań, ul. Piotrowo 3  
 tel.: (0-61) 665 27 41  
 fax: (0-61) 665 27 74  
 e-mail: justyna.trojanowska@doctorate.put.poznan.pl  
 edward.pajak@put.poznan.pl