

Ph.D. Dariusz Plinta,
Prof. Józef Matuszek
Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej
Katedra Inżynierii Produkcji

CONSTRAINS MANAGEMENT IN PRODUCTION SYSTEMS WITH UTILIZATION OF THE COMPUTER SIMULATION

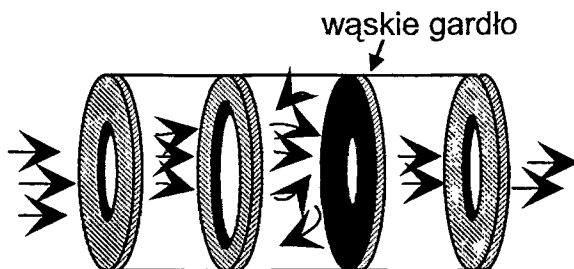
In the paper, there are presented the main problems connected with the constraints management in production processes, which are realized in enterprises from engineering industry. There are described stages of the production improvement, which are based on the theory of constraints. It is illustrated by the practical example of the project, where was utilized the computer modelling and simulation method.

ZARZĄDZANIE OGRANICZENIAMI W SYSTEMACH PRODUKCYJNYCH Z WYKORZYSTANIEM SYMULACJI KOMPUTEROWEJ

W artykule przedstawiono zagadnienia związane z zarządzaniem ograniczeniami w procesach produkcyjnych realizowanych w zakładach przemysłu maszynowego. Są w nim przedstawione etapy usprawniania systemu produkcyjnego oparte o teorię ograniczeń. Zilustrowano je przykładem praktycznym projektu, w którym wykorzystano metodę modelowania i symulacji komputerowej.

1. WPROWADZENIE

Teoria Ograniczeń (Theory of Constraints) kieruje główną uwagę na wąskie gardło systemu produkcyjnego, czyli ten element, który decyduje o wydajności całego systemu – rys.1. Proces produkcyjny jest łańcuchem działań realizowanych na wzajemnie powiązanych zasobach i tylko kilka elementów (ograniczeń) tego systemu ma wpływ na osiągnięty wynik [3]. Zrozumienie tej zależności umożliwia rozwiązanie nawet bardzo złożonych problemów [1,2,4].



Rys.1. Wąskie gardło jako element decydujący o wydajności całego systemu

W większości firm zwiększanie wydajności polega na usprawnianiu tylko wybranych fragmentów procesu produkcyjnego bez analizy całości systemu. Podstawą podejmowania takich działań jest założenie, że jeśli każdy element systemu zostanie usprawniony, to zwiększy się efektywność całego przedsiębiorstwa. Takie założenie nie uwzględnia powiązań między poszczególnymi działami. Optimum systemu nie jest sumą optimumów lokalnych, a poprawa efektywności części organizacji nie gwarantuje poprawy całości.

Aby usprawnić proces produkcyjny, należy w pierwszej kolejności wyszukać wąskie gardło, a następnie tak zaplanować produkcję, aby maksymalnie wykorzystać jego zdolności produkcyjne. Potrzebne jest dostosowanie całego systemu pod funkcjonowanie wąskiego gardła, czyli np. takie planowanie produkcji, które zapewni ciągłe dostarczanie materiałów oraz ciągłą pracę na stanowisku, które jest wąskim gardłem. Ostatnim krokiem jest udoskonalenie działań realizowanych w wąskim gardle, czyli zwiększenie jego przepustowości. Po wprowadzeniu jakichkolwiek usprawnień należy ponownie sprawdzić cały system produkcyjny, ponieważ prawdopodobnie inne stanowisko będzie teraz ograniczeniem.

Doskonałym narzędziem jest tu modelowanie i symulacja, która nie tylko umożliwia znalezienie ograniczeń systemu, ale również sprawdzenie różnych wariantów zaproponowanych usprawnień.

2. MODELOWANIE I SYMULACJA W TEORII OGRANICZEŃ

Teoria ograniczeń jak i metoda modelowania i symulacji bezpośrednio związane są ze zmianami. Teoria ograniczeń Goldratta daje nam odpowiedź na trzy pytania:

- Co zmienić?
- W co zmienić?
- Jak spowodować zmianę?

Natomiast modelowanie i symulacja odpowiada na pytanie:

- Co będzie, jeśli zmienimy...?

Zastosowanie teorii ograniczeń w zarządzaniu produkcją oznacza orientację na punktach krytycznych systemu (łańcuchu krytycznym), co zapewnia maksymalizowanie

wyników systemu. Poprawę osiągniętych wyników można osiągnąć wprowadzając różne usprawnienia w sposób cykliczny w 5 następujących etapach [5]:

1. zidentyfikowanie ograniczenia („wąskiego gardła”) systemu,
2. maksymalne wykorzystanie obecnych możliwości „wąskiego gardła”,
3. podporządkowanie wszystkiemu maksymalnemu wykorzystaniu (eksploatacji) „wąskiego gardła”,
4. podniesienie możliwości (przepustowości) „wąskiego gardła”,
5. powrót do etapu 1.

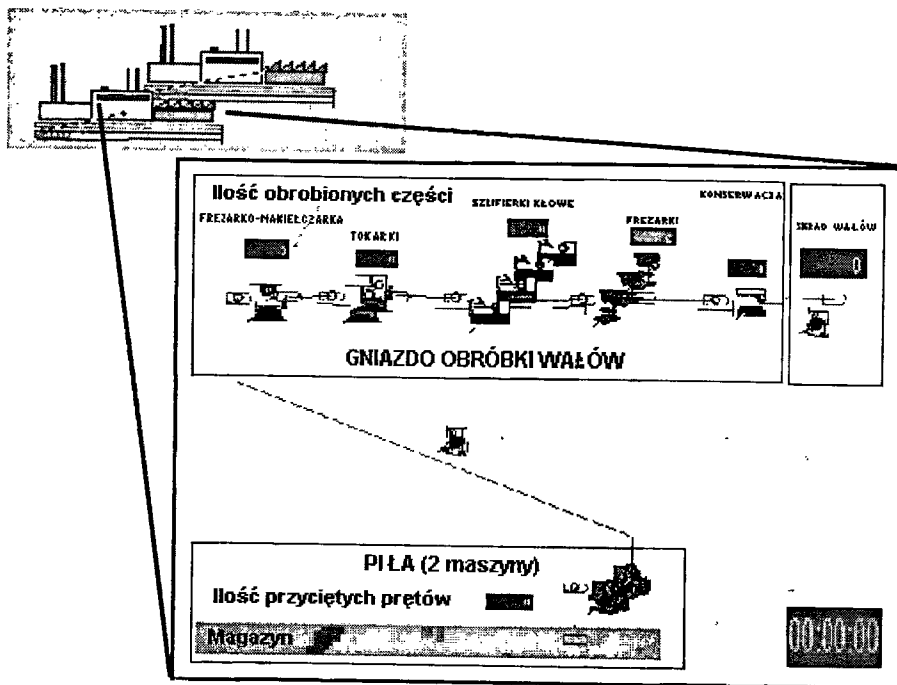
W każdym etapie można wykorzystać symulację, np. aby zidentyfikować ograniczenie systemu, aby sprawdzić obecne możliwości „wąskiego gardła” oraz aby właściwie zaplanować zadania niekrytyczne. Wszystkie zasoby nieograniczające (niekrytyczne) powinny wspierać ograniczenia i poprawiać ich eksploatację.

Za pomocą symulacji można dokonać oceny różnych inwestycji zwiększających możliwości (przepustowość) „wąskiego gardła”, np. zakup nowych maszyn, modernizację istniejących maszyn i urządzeń, zwiększenie powierzchni produkcyjnej, zatrudnienie nowych pracowników, itp..

3. PRZYKŁAD USPRAWNIEŃ Gniazda obróbki wałów

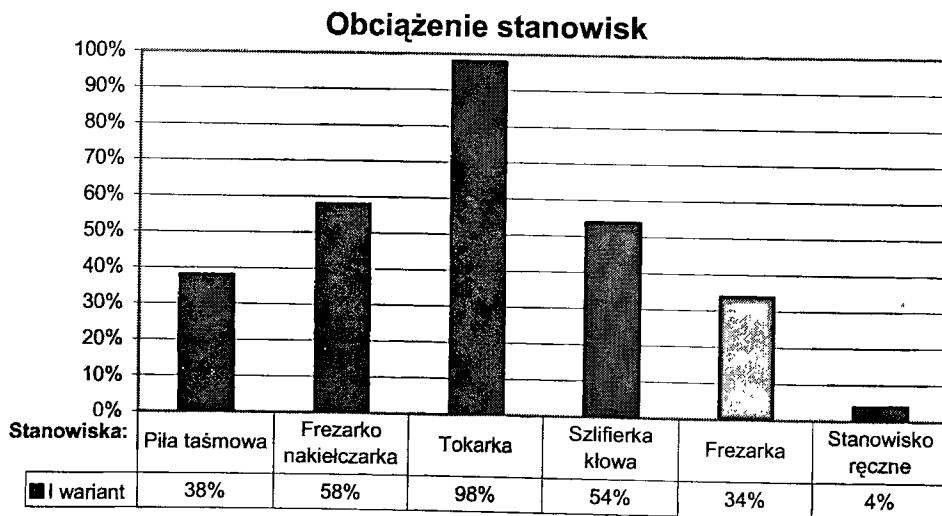
Firma produkująca silniki elektryczne zamierza zwiększyć produkcję. Obecnie ograniczenie firmy znajduje się na zewnątrz firmy – firma posiada środki produkcyjne, które nie są maksymalnie wykorzystywane. Zdolności produkcyjne przewyższają dotychczasową sprzedaż. Jednak planowane zwiększenie sprzedaży nieznacznie przekracza (o kilka procent) zdolności produkcyjne. Celem przedstawionych poniżej analiz było sprawdzenie możliwości usprawnienia obecnego systemu.

Po wstępnej analizie procesu produkcyjnego silników elektrycznych okazało się, że ograniczeniem całego systemu jest gniazdo obróbki wałów. Proces obróbki wałów jest więc najważniejszym procesem w analizowanej firmie, a wąskim gardłem jest jedno ze stanowisk tego gniazda. Dlatego dokonano bardziej szczegółowej analizy tego gniazda, wykorzystując metodę modelowania i symulacji.



Rys.2. Model symulacyjny gniazda obróbki wałów

Przedstawiony na rysunku 2 model gniazda obróbki wałów opracowano w pakiecie ARENA 3.0. Na rysunku 3 przedstawiono przykładowe wyniki z symulacji (1 wariant przedstawiający stan obecny).



Rys.3. Wyniki z symulacji – obciążenie stanowisk

3.1. Identyfikacja ograniczenia

Po zamodelowaniu gniazda produkcyjnego wałów i zasymulowaniu miesięcznej produkcji uzyskano informacje o obciążeniu stanowisk, o wielkości kolejek przed stanowiskami i czasie realizacji zaplanowanej produkcji. Umożliwiły one zidentyfikowanie wąskiego gardła.

Wnioski z pierwszej symulacji:

- najbardziej obciążonymi stanowiskami są tokarki – są to wąskie gardła zamodelowanego gniazda;
- obciążenie stanowiska ręcznego do konserwacji obrabianych wałów wynosi 4%, a więc operacja ta może być wykonywana razem z poprzednią bezpośrednio na stanowiskach frezarskich po operacji frezowania rowków.

3.2. Maksymalne wykorzystanie obecnych możliwości stanowisk tokarskich

Aby zwiększyć efektywność stanowisk tokarskich zaproponowano zmiany organizacyjne. Efektem tych zmian było stworzenie warunków dla ciągłej produkcji na tych stanowiskach. Na obu stanowiskach tokarskich ustalono różne godziny przerw, tak aby zawsze co najmniej jeden operator nadzorował pracę tokarek. Pracę tokarzy będzie dodatkowo wspierał operator sąsiedniej frezarko-nakiełczarki.

Powyższe zmiany wprowadzono w drugim modelu symulacyjnym. Dodatkowo przesunięto operację konserwacji na stanowisko frezarskie. Z przeprowadzonej symulacji wyciągnięto następujące wnioski:

- wzrosło obciążenie wszystkich stanowisk gniazda – średnio o około 2%. Wąskie gardło jest obciążone prawie w 100%;
- podobnie wzrosła wielkość produkcji – z 1355 do 1380 szt. (o 2%)
- połączenie stanowiska ręcznego z frezarskim nie wpłynęło na zmianę wielkości produkcji.

3.3. Podporządkowanie wszystkiego eksploatacji „wąskiego gardła”

Zasadę tą zrealizowano poprzez właściwe ustalenie harmonogramu uruchamiania kolejnych zleceń produkcyjnych. W pierwszej symulacji do systemu produkcyjnego wprowadzano co tydzień kolejne partie materiału na wykonanie 400 szt. wałów tygodniowo. Jak się okazało z symulacji, nie jesteśmy w stanie przetworzyć takiej ilości materiału. W efekcie prowadziło to do zwiększania kolejek przed stanowiskami tokarskimi. Na podstawie wyników z symulacji ustalono, że odpowiednią wielkością partii tygodniowej będzie 380 szt. Przy takim poziomie partii średnia tygodniowa wielkość kolejki przed wąskim gardłem będzie stała

3.4. Podniesienie możliwości „wąskiego gardła”

Możliwości stanowisk tokarskich można zwiększyć poprzez zakup nowej tokarki. Rozwiązanie to jednak odrzucono ze względu na zbyt duże koszty inwestycji. Innym zaproponowanym rozwiązaniem była modernizacja tokarek, która umożliwi skrócenie

czasu potrzebnego na zamocowanie i zdjęcie obrabianych wałów. Dzięki temu możliwe jest skrócenie czasu jednostkowego z 15 do 12 min. Zmianę tą uwzględniono w kolejnym modelu symulacyjnym. Aby sprawdzić możliwości gniazda po wprowadzeniu takiego usprawnienia, przyjęto wielkość partii tygodniowej identyczną jak w pierwszych symulacjach (400szt.)

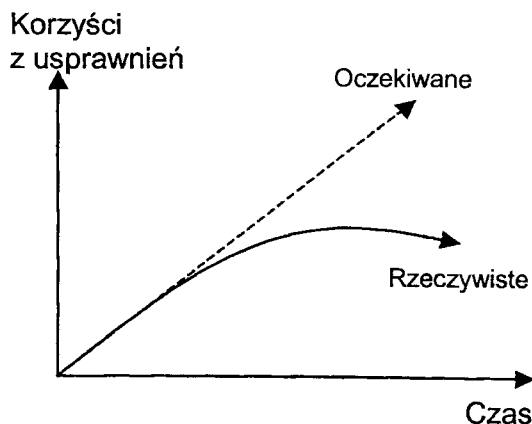
Z symulacji okazało się, że po takich zmianach będziemy w stanie wykonać całą przyjętą do realizacji produkcję. Uzyskana wielkość produkcji wynosi 1615 szt. Zwiększyło się obciążenie stanowisk średnio o 20%. Wąskim gardłem nadal jest stanowisko tokarskie – obciążenie wynosi 98% co oznacza, że nie jest ono wykorzystane maksymalnie. Można byłoby nieznacznie zwiększyć wielkość wprowadzanej do produkcji partii tygodniowej materiału.

3. PODSUMOWANIE

W ostatnim etapie analizy okazało się, że wąskim gardłem są nadal tokarki, a więc dalej należy usprawniać operację toczenia. Dzięki symulacji po każdej dokonanej zmianie widzimy jej wpływ na ograniczenie oraz na pozostałe elementy analizowanego systemu. Jeśli okaże się, że wąskim gardłem stanie się inne stanowisko, wówczas trzeba przejść do etapu 2, czyli do poszukiwania możliwości maksymalnego wykorzystania nowego ograniczenia..

W opisanej analizie przedstawiono tylko przykładowe warianty symulacyjne. W praktyce jest ich więcej, są bardziej szczegółowe i uwzględniają więcej aspektów analizowanych systemów produkcyjnych.

Każde usprawnienie wąskiego gardła daje korzyści przedsiębiorstwu, ale najczęściej są one krótkotrwałe – rys.4. Projekty usprawnień nie należy realizować „raz na jakiś czas”, ale powinny być one podstawą ciągłego doskonalenia systemu produkcyjnego. Aby przedsiębiorstwo utrzymało się na konkurencyjnym rynku, musi się ono ciągle doskonalić.



Rys.4. Korzyści z usprawnień systemu produkcyjnego

Wadą modelowania i symulacji jest pracochłonność budowy modelu symulacyjnego. Mając jednak już zbudowany model można stosunkowo łatwo zmieniać jego parametry, czyli tworzyć kolejne warianty uwzględniające różne usprawnienia zidentyfikowanych ograniczeń. Za pomocą modelu symulacyjnego można w sposób ciągły zarządzać ograniczeniami, tzn. można je identyfikować, planować ich obciążenie oraz sprawdzać możliwości ich usprawniania.

Podsumowując przedstawiony przykład, można stwierdzić, że modelowanie i symulacja procesów produkcyjnych staje się coraz ważniejszą techniką wspomagającą nie tylko projektowanie nowych systemów wytwarzania, ale również proces ciągłego usprawniania już funkcjonujących systemów produkcyjnych.

Literatura

- [1] Goldratt E. M.: *Łańcuch krytyczny*. Werbel, Warszawa 2000.
- [2] Goldratt E. M., Cox J.: *Cel – doskonałość w produkcji*. Werbel, Warszawa 2000.
- [3] Matuszek J., Košturiak J., Gregor M., Chal J., Krišťak J.: *Lean Company*. Wydawnictwo Akademii Techniczno-Humanistycznej, Bielsko-Biała 2003.
- [4] www.eligoldratt.com
- [5] www.toc-consulting.pl