

Stanisław Strzelczak  
Politechnika Warszawska

## KOMPUTEROWE STEROWANIE LOGISTYKĄ ZAOPATRZENIA

**Streszczenie.** W referacie omówiono problematykę integracji komputerowej systemu logistycznego przedsiębiorstwa. Przedstawiono instrumenty komputerowego sterowania logistyką zaopatrzenia. Wskazano na wpływ systemów komputerowego wspomagania zarządzania logistycznego na elastyczność przedsiębiorstwa przemysłowego.

### 1. Wstęp

Wzrost znaczenia przypisywanego systemom logistycznym przedsiębiorstw nastąpił w drugiej połowie lat siedemdziesiątych. Uprzednio ta sfera działalności była uważana za niezbyt istotną w porównaniu z takimi, jak produkcja czy zbył. Obecnie uznaje się kluczowe znaczenie systemu logistycznego dla konkurencyjności i pozycji przedsiębiorstwa na rynku [7]. Zadania związane z zarządzaniem przepływem materiałów zajmują poczesne miejsce w hierarchii zarządzania całego przedsiębiorstwa.

Wskazany trend koresponduje z szerszym zjawiskiem, tj. postępującą integracją procesów realizowanych w przedsiębiorstwie, zarówno informacyjno-decyzyjnych, jak i materialnych. Ma też ścisły związek z tendencją wzrostu elastyczności systemów produkcyjnych [5].

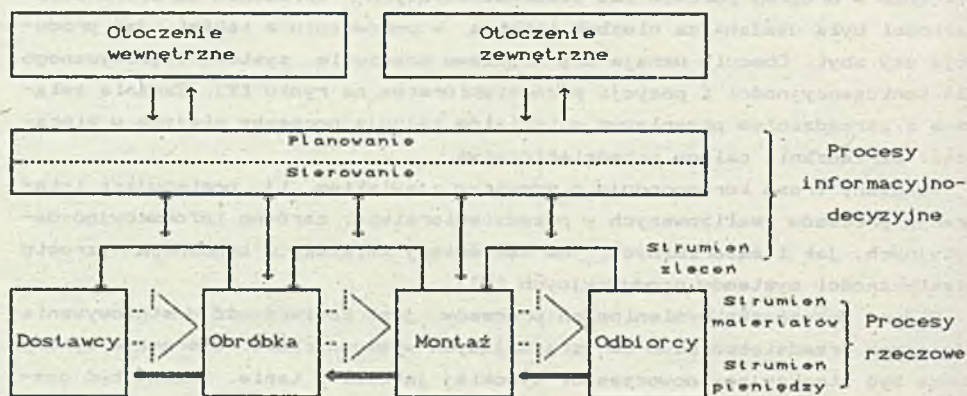
Główną przesłanką wymienionych procesów jest konieczność dostosowywania się przez przedsiębiorstwo do wznrastających wymagań rynku. Oferowane wyroby muszą być atrakcyjne: nowoczesne, wysokiej jakości i tanie. Muszą być dostosowane do zróżnicowanych, indywidualnych wymagań odbiorców. Przy tym należy zapewniać krótkie terminy realizacji zamówień, pomimo ich małej wielkości. Osiągnięcie wymienionych celów wymaga zarówno szybkiego wdrażania nowych wyrobów, jak i zapewnienia krótkich terminów realizacji zamówień, produkowania wyrobów w szerokim asortymencie i małymi partiami, przy zapewnieniu wysokiej jakości i niskich kosztów produkcji.

W referacie podjęto problematykę integracji komputerowej funkcjonowania systemów logistycznych. Uwagę skupiono na logistyce zaopatrzenia oraz jej powiązaniach ze sferami technicznego przygotowania produkcji i planowania produkcji. Opisano możliwości, jakie dają zasilenia informacyjne i powiązania decyzyjne, których realizacja w tradycyjnych systemach informacyjno-decyzyjnych byłaby niemożliwa. Potencjalne efekty integracji komputerowej wymienionych obszarów działalności przedsiębiorstwa i możliwego dzięki niej

stosowania komputerowego wspomaganie podejmowania decyzji to, poza obniżką kosztów materiałowych, wzrost stabilności przepływu materiałów oraz skrócenie cykli przygotowania i realizacji produkcji. Tym samym wzrasta elastyczność systemu produkcyjnego, a więc i pozycja rynkowa przedsiębiorstwa.

## 2. System logistyczny przedsiębiorstwa

System logistyczny to wydzielony system organizacyjny przedsiębiorstwa, którego funkcją jest sterowanie przepływem materiałów w przedsiębiorstwie i na jego styku z otoczeniem. Obejmuje on wszystkie procesy związane z organizowaniem, planowaniem, nadzorem oraz realizacją czynności przemieszczania i składowania materiałów, poczynając od źródeł ich pozyskania, na dostarczeniu wyrobów do odbiorców kończąc. Zatem w funkcjonowaniu systemu logistycznego można wyróżnić dwa poziomy: procesy sterowania (informacyjno-decyzyjne) oraz procesy materialne, związane z transformacją materiałów (rys.1).

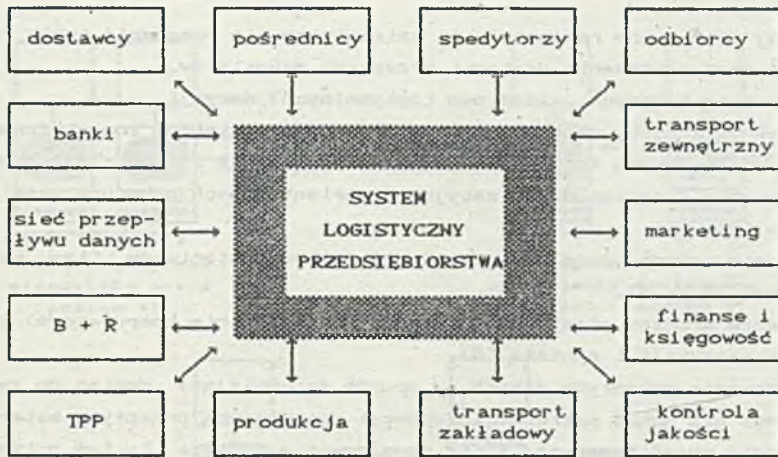


Rys.1. Dwupoziomowy model systemu logistycznego przedsiębiorstwa

Fig.1. Two-level model of a logistic system of an enterprise

System logistyczny ściśle współdziała z innymi systemami organizacyjnymi przedsiębiorstwa oraz systemami zewnętrznymi (rys. 2). Szczegółowe funkcje systemu logistycznego obejmują [1]:

- prognozowanie i rejestrowanie popytu na wyroby,
- analizy rynku, wybór źródeł dostaw i sposobów realizacji dostaw, oceny efektywności kooperacji,
- planowanie produkcji, dostaw i zbytu,
- sterowanie dostawami, produkcją i zbytem (w tym zapasami materiałowymi),
- sterowanie procesami transportu wewnętrznego/zewnętrznego i magazynowania,
- współdziałanie z systemami finansowymi i bankowymi.



Rys.2. Otoczenie systemu logistycznego przedsiębiorstwa

Fig.2. The environment of a logistic system of an enterprise

- planowanie wykorzystania zasobów użytych w toku realizacji przepływu materiałów,
- wspomaganie informacyjne doboru materiałów w pracach B+R i TPP oraz stymulowanie i wspomaganie informacyjne standaryzacji materiałowej (w odniesieniu do wyrobów i ich elementów składowych),
- rejestrację i kontrolę kosztów związanych z przepływem materiałów,
- rejestrację i przetwarzanie informacji dotyczących przepływu materiałów.

### 3. Integracja komputerowa systemu logistycznego przedsiębiorstwa

Realizacja podstawowych zadań stawianych przed współczesnymi systemami logistycznymi wymaga spełnienia szeregu warunków, w tym:

- zapewnienia precyzji i niezawodności przepływu materiałów,
- zapewnienia spójności wszelkich planów (harmonogramów) wprost lub pośrednio związanych z przepływem materiałów,
- optymalizacji zaopatrzenia materiałowego: zapewnienia racjonalnej równowagi pomiędzy pewnością dostępności materiałów a stratami z tytułu braku materiałów,
- optymalizacji dystrybucji wyrobów: zapewnienia dostarczania ich we właściwym miejscu i czasie po możliwie niskim koszcie,
- ścisłej kontroli kosztów materiałowych.

Osiągnięcie wyznaczonych zadań opiera się o stosowanie różnorodnych środków technicznych i organizacyjnych, których celem jest:

- lepsza koordynacja i usprawnienie procesów przepływu materiałów.

- bardziej elastyczne reagowanie na zmieniające się wymagania rynku (zmiany popytu) oraz zakłócenia dostaw i przepływu materiałów,
- podejmowanie lepszych jakościowo (optymalnych) decyzji.

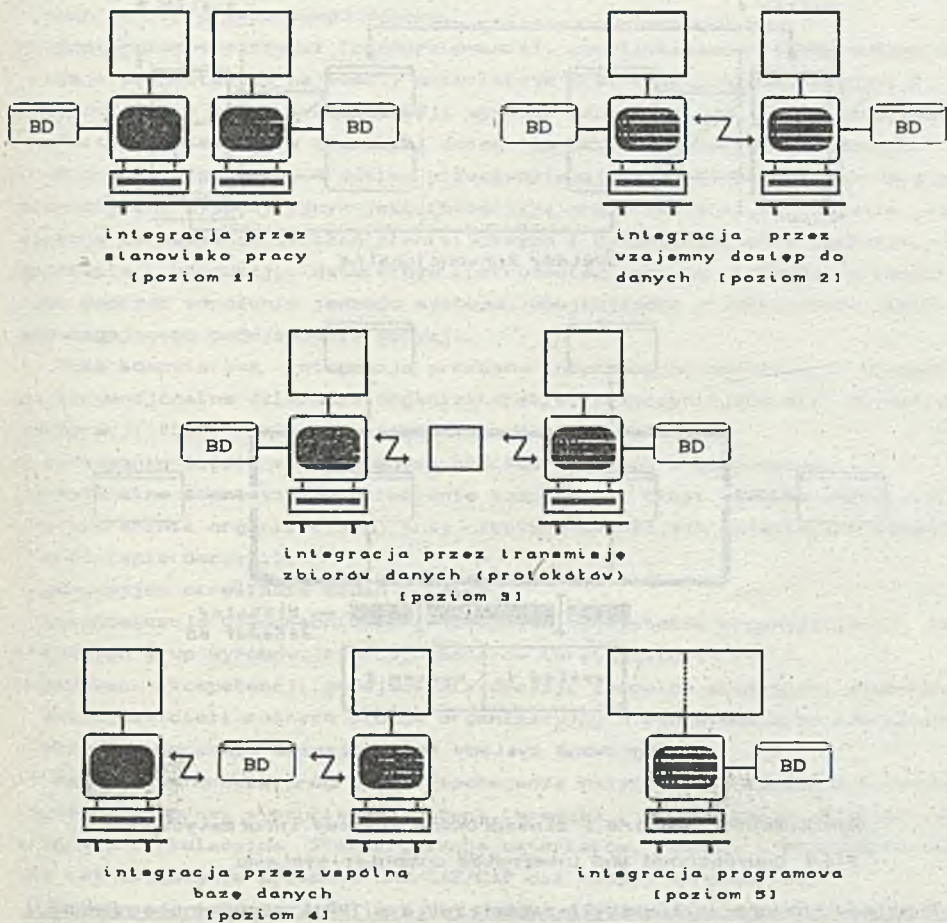
Podstawowe sposoby usprawniania funkcjonowania systemu logistycznego to:

- wprowadzanie nowych form organizacji przygotowania i realizacji produkcji
  - stosowanie struktur organizacyjnych zorientowanych na grupy materiałów/wyrobów [5],
- stosowanie nowych form organizacji przepływu materiałów (tzw. systemów "ssących" JIT) [5],
- stosowanie środków elastycznej (opartej o sterowanie komputerowe) automatyzacji produkcji i montażu [5],
- organizowanie przepływu danych w sposób zapewniający dostęp do znacznie szerszego niż dotąd zakresu informacji dotyczących przepływu materiałów,
- stosowanie wyrafinowanych metod podejmowania decyzji (w tym optymalizacyjnych), opartych o wspomaganie komputerowe, we wszelkich czynnościach zarządzania i projektowania [8].

Wymienione środki są elementem integracji komputerowej procesów wytwarzania (CIM). Istotą tego podejścia jest szerokie stosowanie integracji procesów informacyjno-decyzyjnych i rzeczowych (wytwórczych) realizowanych w przedsiębiorstwie i na jego styku z otoczeniem [2], oparte o technikę komputerową. Podstawowy instrument CIM to zintegrowane systemy informatyczne z wbudowanymi systemami komputerowego wspomaganie podejmowania decyzji [8]. Zakres i poziom integracji komputerowej może być różny (rys. 3). W tabelicy 1

Tabela 1. Różnice między systemami konwencjonalnymi i zintegrowanymi

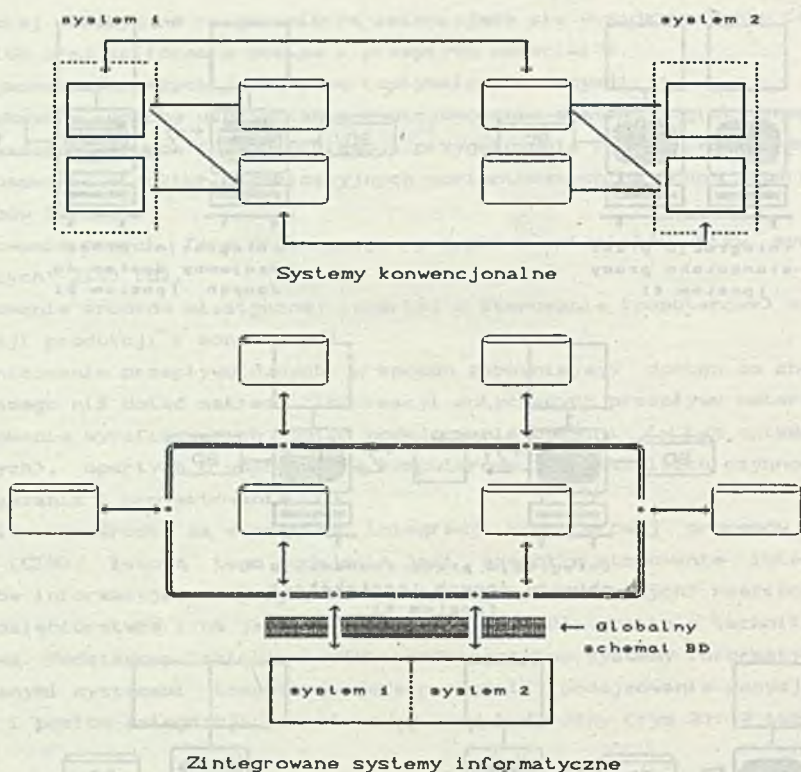
System konwencjonalny	System zintegrowany
oddzielne zbiory danych dla poszczególnych użytkowników	zintegrowana baza danych/wiedzy
duża i słabo kontrolowana redundancja danych	ograniczona i ściśle kontrolowana redundancja danych
przejrzystość danych dobra tylko dla poszczególnych użytkowników	dobra przejrzystość danych dla wszystkich użytkowników
bezpośredni dostęp do danych tylko dla jednego użytkownika - wymagane specjalne programy udostępniające dane	bezpośredni dostęp do danych dla wszystkich użytkowników
słabe udokumentowanie i strukturalizacja danych	dobrze udokumentowanie i strukturalizacja danych
wysokie prawdopodobieństwo niezgodności danych w różnych zbiorach / bazach lokalnych	problem niezgodności danych praktycznie nie występuje



Rys.3. Poziomy integracji komputerowej systemów informacyjno-decyzyjnych

Fig.3. Levels of computer integration of information-and-decision systems  
 zestawiono różnice pomiędzy systemami konwencjonalnymi opartymi o rozłączne zbiory/bazy danych a przyszłymi systemami opartymi o zintegrowane bazy danych (rozproszone bazy danych lub systemy zarządzania wieloma bazami danych) (rys. 4).

Zintegrowane systemy informacyjno-decyzyjne obejmujące obszar logistyki przedsiębiorstwa wymagają metodycznego postępowania w całym cyklu projektowania. Bardziej odpowiednie są tu metodyki typu aktywnego, zakładające modyfikację organizacji w ramach wdrażania systemu. Powinny być zorientowane zarówno na dane, jak i na procesy. Zalecane jest stosowanie narzędzi wspomagających (np. GRAI), w tym zwłaszcza opartych o modelowanie konceptualne.



Rys. 4. Konwencjonalne i zintegrowane systemy informatyczne

Fig. 4. Conventional and integrated computer systems

#### 4. Problemy integracji logistyki zaopatrzenia z TPP i planowaniem produkcji

Często obserwowanym w praktyce przemysłowej negatywnym zjawiskiem jest brak powiązań decyzji dotyczących przepływu materiałów i decyzji o doborze materiałów podejmowanych przez konstruktorów i technologów [6]. Prowadzi to do niepożądanych konsekwencji, takich jak zakłócenia produkcji na skutek braku materiału lub występowanie negatywnych skutków stosowania szerokiego asortymentu materiałów. Podobne tło mają zakłócenia procesów produkcyjnych spowodowane niewłaściwą koordynacją i brakiem precyzji w planowaniu produkcji i zaopatrzenia materiałowego [4].

W pierwszym przypadku naturalnym instrumentem przeciwdziałającym jest ograniczanie swobody projektantów w zakresie doboru materiałów oraz wskazywanie im kryteriów doboru materiałów, istotnych z punktu widzenia całego procesu logistycznego. Można to osiągać następującymi środkami:

- udostępnianie w dogodnej formie wszelkich danych o materiałach, niezbędnych do ich prawidłowego doboru,
- udostępnianie narzędzi (oprogramowania), umożliwiających ocenę wpływu decyzji projektantów na koszty materiałowe oraz koszty własne produkcji,
- stymulowanie zmian w konstrukcji wyrobów zapewniających zróżnicowanie oferty przy możliwie szerokiej normalizacji ich elementów składowych.

W drugim przypadku środkiem przeciwdziałającym nieprawidłowym decyzjom planistyczno-dyspozycyjnym jest integracja organizacyjna, tj. objęcie jedną funkcją zarządzania działań planistycznych i dyspozycyjnych w zakresie zaopatrzenia i produkcji. Naturalnym instrumentem jest tu integracja komputerowa poprzez wdrożenie jednego systemu, obejmującego przetwarzanie danych i wspomagające podejmowanie decyzji.

Poza komputerową integracją procesów informacyjno-decyzyjnych niezbędne są konwencjonalne działania organizatorskie, przyczyniające się do wzrostu integracji [1]:

- stosowanie ściśle zaplanowanych procedur i zasad postępowania,
- racjonalne i precyzyjne określenie kompetencji (zbyt wysokie umieszczenie w hierarchii organizacyjnej przy częstych sytuacjach wyjątkowych powoduje opóźnianie decyzji),
- precyzyjne określanie zadań i celów,
- autonomizacja (wyodrębnianie oddzielnych podsystemów organizacyjnych dla różnych grup wyrobów, rynków, obszarów terytorialnych itp.),
- nadawanie kompetencji podejmowania decyzji zespołom mieszanym, złożonym z przedstawicieli różnych pionów organizacyjnych lub wymuszanie koordynacji przy podejmowaniu decyzji.

Podstawowe środki programowe wspomagania decyzji konstruktorów i technologów to programy wyszukiwania danych (wiedzy) i klasyfikacji obiektów oraz programy kalkulacyjne. Standardyzację materiałów, zasobów i procesów ułatwia też stosowanie systemów CAD/CAE/CAP dla rodzin wyrobów [5].

Integracja informacyjna jest też podstawą stosowania odpowiednich systemów optymalizacyjnych, m.in. w zakresie:

- optymalizacji wymiarów, kształtu i innych parametrów wyrobu,
- optymalizacji standardów materiałowych (w tym asortymentu),
- optymalizacji rozkroju, receptur, wsadów, mieszanek itp.,
- optymalizacji procesów i wykorzystywanych przy ich realizacji zasobów.

Konsekwencją automatyzacji decyzji projektowych może być ich umiejscawianie w ramach systemu logistycznego (rys. 5).

##### 5. Model zintegrowanego planowania zaopatrzenia w materiały hutnicze

Możliwości, jakie stwarza integracja i komputerowe wspomaganie decyzji w obszarach planowania produkcji, zaopatrzenia i TPP, zilustrujemy przykładem

ważnego z praktycznego punktu widzenia oraz interesującego teoretycznie zagadnienia zintegrowanego planowania produkcji i dostaw przy wytwarzaniu wyrobów z półproduktów hutniczych [7]. Specyficzne warunki występujące przy stosowaniu tych materiałów to:

- wstępny podział (rozkrój) materiałów w toku realizacji procesów przygotowawczych, przy tym często wykonywany łącznie dla różnych wyrobów,
  - możliwość stosowania wielu rodzajów materiałów (różnych co do gatunku lub formatu) do produkcji jednego rodzaju części,
  - stosowanie jednego rodzaju materiału do produkcji wielu rodzajów części.
- Uwzględnienie tych okoliczności, a w szczególności ekonomiki rozkroju materiałów, w powiązaniu z planowaniem dostaw i spływu produkcji pozwala osiągnąć znaczne efekty wynikające ze zmniejszenia zużycia materiałów oraz ograniczenia ich asortymentu.

W celu rozwiązania postawionego problemu opracowano model procesu podejmowania decyzji, zakładający zastosowanie zintegrowanego przetwarzania informacji oraz komputerowe wspomaganie podejmowania decyzji (rys. 5). Celem modelu jest minimalizacja łącznych kosztów zużycia materiałów, utrzymania zapasów i realizacji dostaw w horyzoncie planistycznym:

$$F(\bar{P}_t, \bar{D}_t) = F(K_u(\bar{P}_t, \bar{D}_t), K_1(\bar{P}_t, \bar{D}_t), K_z(\bar{P}_t, \bar{D}_t)) \rightarrow \text{MIN}$$

gdzie:

$\bar{P}_t$  - strumień części wytwarzanych z materiałów hutniczych ( $P_t$  - liczba części i-tego rodzaju, wytwarzanych w t-jej jednostce terminu,  $t \in T$ ; T - kalendarz jednostek terminów horyzontu planistycznego),

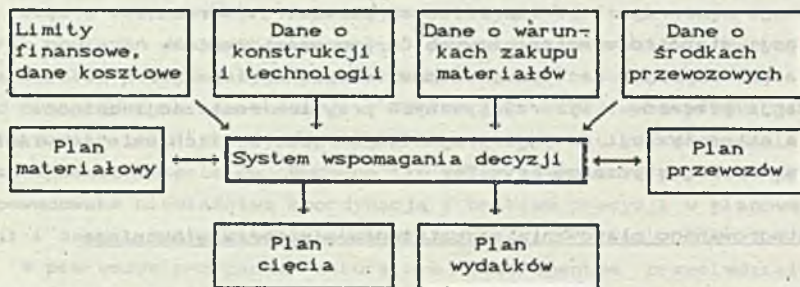
$\bar{D}_t$  - strumień dostaw materiałowych,

$K_u$  - koszty utrzymania zapasów,

$K_1$  - koszty zakupu materiałów,

$K_z$  - koszty zużycia materiałów.

W modelu uwzględnia się ograniczenia wynikające z:



Rys. 5. Model zintegrowanego planowania produkcji/dostaw dla wyrobów wytwarzanych z półproduktów hutniczych

Fig. 5. Integrated manufacturing/supply planning model for the products manufactured from steelworks intermediate products



- planu potrzeb materiałowych,
- ograniczonej przepustowości magazynów,
- ograniczonych zasobów finansowych,
- narzuconych minimów handlowych partii dostaw,
- ograniczonych zasobów środków i nośników transportowych oraz terminarza ich pracy.

Parametry funkcji celu modelu określają:

- jednostkowe koszty utrzymania zapasów,
- taryfy przewozowe,
- ceny zakupu materiałów (rabaty itd.).

Istotą modelu jest równoważenie kosztów krańcowych zużycia materiałów oraz utrzymania zapasów i realizacji dostaw. Proces poszukiwania rozwiązań jest wspomagany poprzez zastosowanie różnorodnych środków. Podstawową rolę odgrywa dynamiczny model optymalizacji doboru materiałów z uwzględnieniem efektywności ich rozkroju. Wykorzystuje on specjalnie opracowaną metodę programowania dynamicznego, której jednokrotna realizacja umożliwia otrzymanie wszystkich potencjalnie optymalnych planów cięcia. Potem następuje ich dobór. W tym celu rozwiązuje się sekwencję pewnego pomocniczego problemu typu uogólnionego zagadnienia transportowego. System wspomagania decyzji wykorzystuje też stosownie do uznania projektanta inne narzędzia, w tym:

- procedury obliczania wskaźników kosztowych i organizacyjnych,
- proste modele symulacji procesów,
- procedury wnioskowania,
- przejrzyste - graficzne formy prezentacji informacji.

Umożliwiają one podejmowanie decyzji z pominięciem wspomnianego modelu optymalizacyjnego, a ponadto weryfikowanie rozwiązań w oparciu o dodatkowe kryteria oceny.

Warto zauważyć, że w ramach opisanego systemu wykonywane są czynności tradycyjnie realizowane w procesach TPP [7], tj. projektowanie procesów rozkroju materiałów. Ponadto system zapewnia operatywne i racjonalne kształtowanie asortymentu stosowanych materiałów i eliminuje w ten sposób potrzebę prowadzenia odrębnych prac normalizacyjnych [3].

## 6. Podsumowanie

System logistyczny istotnie wpływa na elastyczność systemu produkcyjnego, rozumianą jako łatwość dostosowywania się do zmiennych zadań produkcyjnych [5]. W szczególności wpływa na dwie składowe elastyczności systemu produkcyjnego, jakimi są:

- elastyczność długookresowa - łatwość rozbudowy systemu (zmiany wyposażenia, konfiguracji, oprogramowania) pod kątem dostosowania do nowych zadań produkcyjnych,

- elastyczność zadaniowa - możliwość realizacji w systemie programów produkcyjnych o zmiennej strukturze: co do rodzaju lub proporcji wytwarzanych wyrobów.

Nadto cechy systemu logistycznego wpływają na ważne z punktu widzenia elastyczności systemu produkcyjnego wskaźniki, jakimi są cykle: produkcyjne, realizacji zamówień oraz wdrażenia nowych wyrobów (cykle prac projektowych, przygotowania oprzyrządowania itd.).

Innymi ważnymi z punktu widzenia wzrostu i pozycji rynkowej przedsiębiorstwa korzyściami wynikającymi z wdrażania systemów logistycznych opartych o integrację komputerową są:

- ograniczenie wymogów precyzyjnego prognozowania i długookresowego planowania dzięki lepszej adaptacyjności systemu logistycznego, a w konsekwencji uproszczenie planowania,
- szybszy obrót i mniejsze zaangażowanie kapitału,
- mniejsze koszty przepływu i zużycia materiałów oraz utrzymania zapasów, a także mniejsze związane z tym zasoby,
- większa stabilność procesów oraz mniejsza liczba zakłóceń,
- łatwość normalizacji materiałów, zasobów i procesów,
- ułatwienie kompleksowej optymalizacji procesów i wykorzystania zasobów.

#### LITERATURA

- [1] Beekman-Love G.K., Nieger L.: Materials management. A systems approach. Martinus Nijhof Social Sciences Division, Leiden/Boston 1978.
- [2] Dümmler A., Konzept zur Integration von Produktions- und Bürobereichen eines Maschinenbaubetriebs. W: Die CIM-fähige Fabrik, ed. H.-J. Bullinger, Springer-Verlag, Berlin 1988
- [3] Hinxman A.I.: The trim-loss and assortment problems: A survey. European Journal of Operational Research 5(1980)/1.
- [4] Lenard W., Strzelczak S.: Organizacja gospodarki materiałowej, transportowej i magazynowej w przedsiębiorstwie. WPW 1990.
- [5] Santarek K., Strzelczak S.: Elastyczne systemy produkcyjne. WNT Warszawa 1989.
- [6] Strzelczak S.: Optymalizacja rozkroju materiałów w tłocznictwie. Teoria i doświadczenia wdrożeniowe. W: Rozwiązania organizatorskie w praktyce a efektywność gospodarowania, Rydzyna 1989.
- [7] Strzelczak S.: Decision Support Systems for Materials Management. w: Computer-Aided Production Engineering, ed. J. A. McGeough. Edynburg 1990
- [8] Turban E.: Decision Support Systems (DSS): A New Frontier for Industrial Engineering. Computers and Industrial Engineering Journal 7(1983)/1.

Recenzent: Doc.dr. inż. J. Świątek

Wpłynęło do Redakcji do 1990-04-30.

## COMPUTER AIDED MANAGEMENT OF PROCUREMENT LOGISTICS

## S u m m a r y

Computer integration is the basic way to support all company activities concerning logistics management. The links between procurement, logistics and production engineering and planning activities have been recognized as the important area of computer integration in the field. Appropriate information processing and decision supporting tools are proposed. Their implementation results in higher flexibility of the manufacturing system.

## КОМПЬЮТЕРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЛОГИСТИКОЙ СНАБЖЕНИЯ

## Р е з ю м е

В статье рассмотрена проблема компьютерной интеграции в логистической системе предприятия. Представлены инструменты компьютерного управления логистикой снабжения, включая соответственные оптимизационные модели. Указано влияние операционных компьютерных систем логистического управления на эластичность промышленного предприятия.