

Dipl.-Ing. JoachimUhl

Institut Sterowania Obrabiarek i Urządzeń Wytwórczych (ISW), Uniwersytet w Stuttgarcie,
Niemcy

Dr inż. ZbigniewSmalec

Institut Technologii Maszyn i Automatykacji, Politechnika Wroclawska

Mgr inż. Jarosław Chrobot

Institut Technologii Maszyn i Automatykacji, Politechnika Wroclawska

Mgr inż. JarosławRakowski

Institut Technologii Maszyn i Automatykacji, Politechnika Wroclawska

Projektowanie systemu kierowania wytwarzaniem

Produkcja przemysłowa w państwach Europy Środkowo-wschodniej odznacza się względnie niską efektywnością. Polepszenie tej sytuacji można uzyskać dzięki bardziej efektywnemu wykorzystaniu istniejących zasobów oraz wprowadzeniu wspomaganego komputerowo przepływu informacji. Ważną rolę w rozwiązaniu tych problemów mogą odegrać systemy kierowania wytwarzaniem. W referacie zamieszczono cele oraz aktualne wyniki realizacji międzynarodowego projektu badawczego Copernicus pt. "Adaptowalny, Tani System Kierowania Wytwarzaniem", który jest finansowany przez Unię Europejską. Celem tego projektu jest opracowanie taniego systemu kierowania wytwarzaniem, który powinien być także adaptowalny do warunków różnych przedsiębiorstw przemysłu maszynowego w krajach Europy Środkowo-wschodniej. Referat zawiera wnioski uzyskane po zakończeniu pierwszego etapu prac podczas realizacji tego projektu.

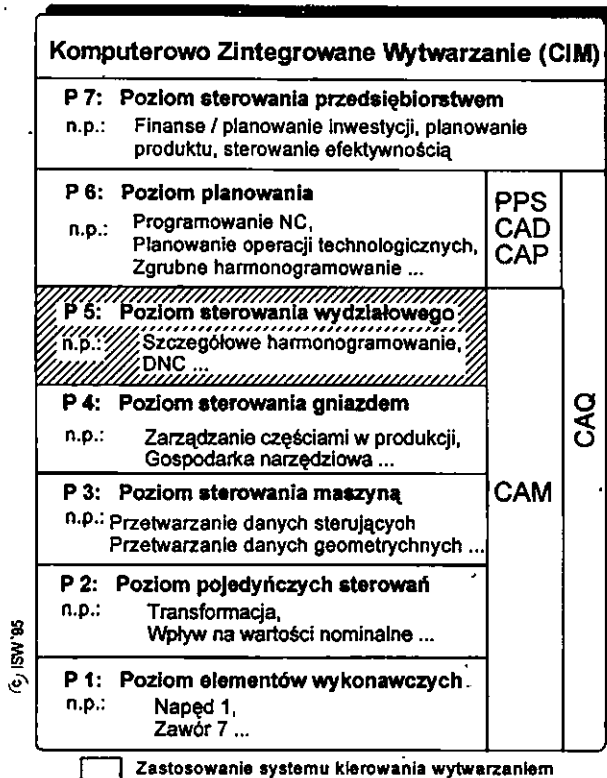
Industrial production in Central and East European countries is characterised by low productivity. An improvement of the situation would be achieved by a more effective application and use of existing resources and equipment as well as introducing a computer-aided information flow. Shop-floor control systems play an important part as solution to these problems. This paper contains the goals and current results of the Copernicus project „Adaptable Low Cost Shop-Floor Control System” supported by the European Community. The goal of this project is to develop a low-cost shop-floor control system which should be adaptable in many different Central and East European companies. The first stage of this project has already been finished. The paper contains conclusions after implementation of this project stage.

1. WPROWADZENIE

Systemy kierowania wytwarzaniem (niem. *Fertigungsleitsysteme*), zgodnie z rys.1 [10], można przypisać do obszaru CIM. Zadaniem systemu kierowania wytwarzaniem jest planowanie wydajności jednostek wytwórczych, szczegółowe planowanie zleceń przekazanych przez system planowania i sterowania produkcją (np. MRP), przekazywanie tych zleceń do obszaru wytwarzania, jak również śledzenie i reagowanie na odpowiedzi z wydziału produkcyjnego. Wstępne planowanie produkcji jest wykonywane przez system planowania i sterowania produkcją PPC, który może otrzymywać dane o stanie zaawansowania zleceń z systemu kierowania wytwarzaniem [7], [9].

Wraz przejściem od gospodarki planowo-rozdzielczej na gospodarkę rynkową w przedsiębiorstwach Europy Środkowo-wschodniej pojawiło się zapotrzebowanie na efektywne koordynowanie produkcji oraz kontrolowanie wydziałów produkcyjnych przez zastosowanie systemów kierowania wytwarzaniem. Jednak obecnie na rynku oferowane są przede wszystkim kosztowne systemy kierowania wytwarzaniem, które mają znacznie rozbudowaną funkcjonalność.

Niniejszy referat dotyczy takiej architektury i projektowania systemu kierowania wytwarzaniem, powstającego w ramach projektu finansowanego przez Unię Europejską, który odpowiadałby wymaganiom przedsiębiorstw Europy Środkowo-wschodniej.



Rys. 1 Umiejscowienie systemu kierowania wytwarzaniem w hierarchii CIM

2. PROBLEMY I WYMAGANIA SYSTEMU KIEROWANIA WYTWARZANIEM DLA PRZEDSIĘBIORSTW EUROPY ŚRODKOWO-WSCHODNIEJ

2.1. Problemy w przedsiębiorstwach Europy Środkowo-wschodniej

Długi okres funkcjonowania systemu planowo-rozdzielczego oraz brak gospodarki rynkowej doprowadziły w przedsiębiorstwach Europy Środkowo-wschodniej do następujących problemów, które muszą być brane pod uwagę przy wdrażaniu i wykorzystywaniu systemów kierowania wytwarzaniem:

- Większość obecnych przedsiębiorstw produkcyjnych wywodzi się z wielkich, centralnie zarządzanych kombinatów. Przestarzała i trudna do zrozumienia organizacja oraz przepływ informacji w tych przedsiębiorstwach pozostały w znacznej mierze nienaruszone i zmieniają się bardzo powoli. Dlatego też przed wdrożeniem systemów wspomagających zarządzanie produkcją zwykle potrzebna jest reorganizacja tych przedsiębiorstw.
- Brak jest szerokiego wykorzystania aplikacji komputerowych w przedsiębiorstwach Europy Środkowo-wschodniej, w odróżnieniu od Europy Zachodniej. Dotyczy to również organizowanych dla pracowników przedsiębiorstw kursów w zakresie korzystania z aplikacji komputerowych. Dlatego też wdrożenie systemu kierowania wytwarzaniem musi być powiązane z intensywnym szkoleniem pracowników.
- Chroniczny brak kapitału nie pozwala na zakup systemów kierowania wytwarzaniem, które odpowiadałyby wymaganiom tych przedsiębiorstw. Systemy te są drogie, ponieważ oferowane są przez firmy z Europy Zachodniej.

2.2. Problemy z wdrażaniem i wykorzystywaniem w przedsiębiorstwach Europy Środkowo-wschodniej zakupionych gotowych systemów kierowania wytwarzaniem

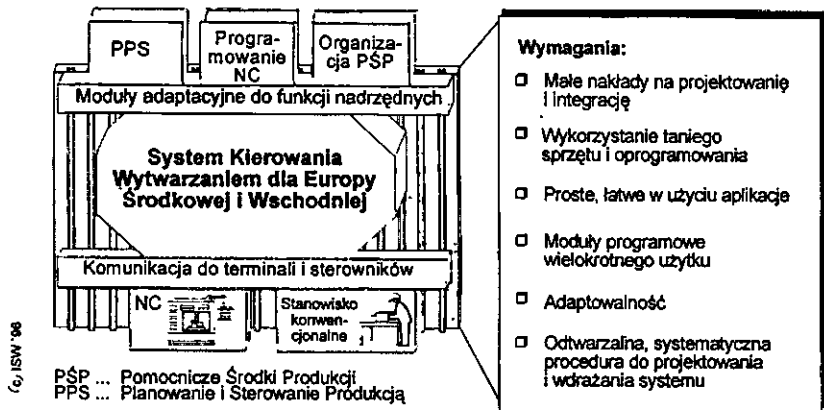
Aby w przedsiębiorstwie produkcyjnym można było uzyskać wyroby o wysokiej jakości, w krótkim czasie i przy możliwie małych kosztach, wymagane jest efektywne planowanie, sterowanie oraz nadzorowanie wytwarzania. Ostatnie z wymagań wiąże się z zastosowaniem systemów kierowania wytwarzaniem. Wdrażanie i użytkowanie gotowych, tzn. oferowanych już na rynku, systemów kierowania wytwarzaniem wiąże się jednak z następującymi problemami:

- Nie ma ofert ze strony firm zachodnich dobrych jakościowo, odpowiadających wymaganiom przedsiębiorstw rozwiązań oprogramowania dla komputerów klasy PC o małej ilości funkcji, które dają się modyfikować.
- Systemy kierowania wytwarzaniem nie są oferowane w języku danego kraju lub są niewystarczająco dobrze przetłumaczone. Są one zazwyczaj trudne do opanowania i dlatego też ich potencjalni użytkownicy potrzebują dużo czasu na zapoznanie się z takim systemem.
- Wdrożenie systemu kierowania wytwarzaniem przeprowadzane przez specjalistów z Zachodu jest bardzo kosztowne, natomiast firmy krajowe nie oferują takich systemów lub też nie dysponują wystarczającą wiedzą i doświadczeniem, które są niezbędne do integracji systemu kierowania wytwarzaniem w przedsiębiorstwie.

- W Europie Środkowo-wschodniej przedsiębiorstwa tej samej branży bardziej różnią się między sobą pod względem przepływu informacji oraz organizacji, niż podobne przedsiębiorstwa w Europie Zachodniej i dlatego też bardziej jest w nich pożądana adaptowalność systemu kierowania wytwarzaniem.
- Integracja systemów kierowania wytwarzaniem jest trudna, szczególnie wtedy gdy w przedsiębiorstwie są już stosowane systemy komputerowe i należy je wziąć pod uwagę. Często systemy te opracowane zostały przez pracowników przedsiębiorstwa, są zamknięte i nie mają odpowiednich interfejsów.
- Ulepszenia organizacji oraz technologii w przedsiębiorstwie produkcyjnym wymagają dużej elastyczności, adaptowalności oraz rozszerzalności systemu kierowania wytwarzaniem, co aktualnie nie ma miejsca.

2.3. Wymagania dla systemu kierowania wytwarzaniem z punktu widzenia przedsiębiorstw Europy Środkowo-wschodniej

Biorąc pod uwagę powyższe problemy, wymagania przedsiębiorstw Europy Środkowo-wschodniej dla systemów kierowania wytwarzaniem zestawiono na rys.2.



Rys. 2 Wymagania przedsiębiorstw Europy Środkowo-wschodniej dla systemów kierowania wytwarzaniem

Ważnym kryterium dla systemu kierowania wytwarzaniem jest jego **niski koszt**. Oznacza to niski koszt opracowania systemu, zakupu licencji, integracji z innymi systemami stosowanymi w przedsiębiorstwie oraz jego wdrażania, jak również niezbędnego sprzętu i oprogramowania. Dlatego też w ramach realizownego projektu Copernicus planowane jest rozwiązanie oprogramowania systemu kierowania wytwarzaniem z minimalną potrzebną funkcjonalnością. Dąży się do zaimplementowania tego systemu na komputerze klasy PC, ponieważ zmniejsza to koszty potrzebnego oprogramowania dodatkowego, jak na przykład system operacyjny czy też baza danych.

Maski użytkownika tego systemu oraz wywoływane funkcje powinny być w miarę proste. Musi być zapewniona prosta **adaptacja oprogramowania** systemu kierowania wytwarzaniem. Obok adaptowalności do różnych systemów operacyjnych i sprzętu, dotyczy to również możliwości adaptowalności do różnych struktur organizacyjnych oraz przepływów

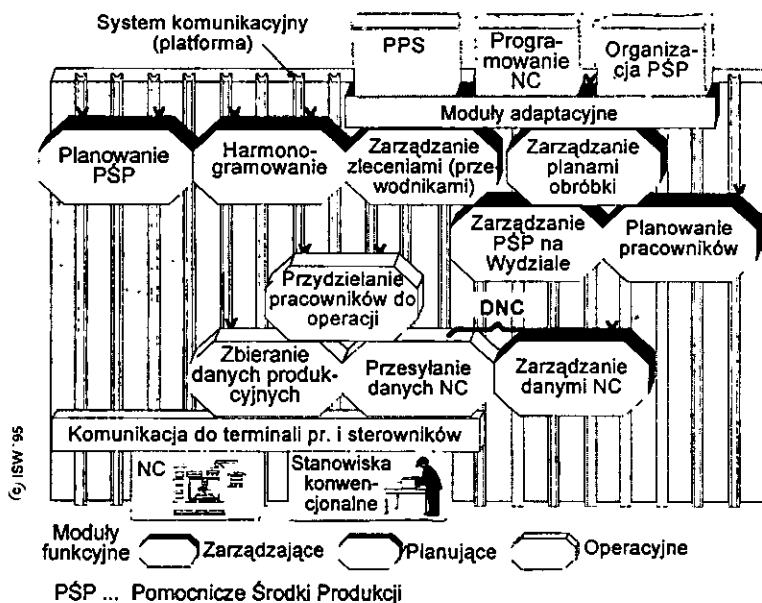
informacji w przedsiębiorstwach. W tym celu opracowano liczne metody adaptacyjne [1], [10], [11], które powinny się zastosować przy projektowaniu systemu kierowania wytwarzaniem.

Dodatkowo, w celu integracji i uruchamiania systemu kierowania wytwarzaniem, musi być zdefiniowana **systematyczna procedura** zarówno dla pierwszego opracowania jak i dla potrzeb adaptacji. Jest to potrzebne po to, aby wykonać szybkie, proste i tanie wdrożenie systemu kierowania wytwarzaniem, opierając się na wymaganiach oraz wynikach analizy specyficznych dla danego przedsiębiorstwa. Dotyczy to szczególnie parametryzacji i opracowań związanych z adaptacjami tego systemu [10], [11]. Musi to być jednak wykonane w sposób powtarzalny po to, aby system nie był jedynie wynikiem ekspertyzy specjalisty, który go opracowuje, lecz aby w pracach związanych z zaadaptowaniem systemu brali również udział pracownicy przedsiębiorstwa odpowiedzialni za obszar planowania i sterowania produkcją.

3. FUNKCJE SYSTEMU KIEROWANIA WYTWARZANIEM

Zgodnie z rys.3 funkcje systemu kierowania wytwarzaniem można podzielić następująco:

- funkcje zarządzające,
- funkcje planujące,
- funkcje operacyjne.



Rys. 3 Funkcje systemu kierowania wytwarzaniem

Każda z tych funkcji jest pokazana oddzielnie w modułach. Moduły te są w znacznej części autonomiczne i dlatego też mogą funkcjonować równolegle. W przypadku takiej modułowej struktury systemu możliwe jest wykorzystanie pojedynczych modułów w sposób niezależny lub też można niektóre z nich usunąć wówczas, jeżeli nastąpiłaby zmiana wymagań.

Charakterystycznymi funkcjami systemu kierowania wytwarzaniem są:

- zarządzanie zleceniami: przeglądanie, kasowanie, zmiana zleceń produkcyjnych,
- zarządzanie planami obróbki: zarządzanie planami obróbki poszczególnych przedmiotów, zarządzanie alternatywnymi operacjami oraz powiązanimi z nimi środkami produkcji,
- harmonogramowanie: szczegółowe planowanie zleceń produkcyjnych dla poszczególnych stanowisk wytwórczych, generowanie planów obłożenia stanowisk itp.,
- kalendarz zakładowy: zarządzanie planami zmian,
- planowanie środków produkcji: zamawianie, rezerwacja tzw. pomocniczych środków produkcji takich jak narzędzia, palety, sprawdzanie ich dostępności itp.,
- zarządzanie środkami produkcji: zarządzanie danymi o typach środków produkcji oraz konkretnych środkach produkcji,
- przydzielanie pracowników do operacji: zwalnianie zleceń do produkcji oraz przydzielanie zleceń do indywidualnych pracowników lub grup pracowniczych,
- zbieranie danych produkcyjnych: protokolowanie, przekazywanie raportów o stanie realizacji zleceń, wyświetlanie aktualnej sytuacji na wydziale produkcyjnym, informowanie o zakłóceniach, ocena informacji,
- przesyłanie danych NC: ładowanie i otrzymywanie programów NC, wprowadzanie poprawek, zmian punktu zerowego obrabiarek, uruchamianie programów NC,
- zarządzanie danymi NC: wpisywanie, kasowanie programów NC oraz danych o narzędziach i paletach.

4. METODY ADAPTACYJNE DLA SYSTEMU KIEROWANIA WYTWARZANIEM

Metody adaptacyjne są to mechanizmy, które umożliwiają dopasowanie systemu kierowania wytwarzaniem do wymagań przedsiębiorstwa bez zmiany oprogramowania lub tylko z niewielkimi zmianami. Dzięki zastosowaniu metod adaptacyjnych można znacznie skrócić okres wdrażania systemu kierowania wytwarzaniem (p. p.5). W ten sposób unika się konieczności dalszych prac nad rozwijaniem systemu. Metody adaptacyjne muszą być zatem uwzględnione w pracach nad projektowaniem systemu kierowania wytwarzaniem. Na rys.4 pokazano przykłady takich metod.



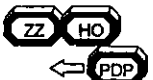


Standardy upraszczają portowanie oprogramowania, szczególnie zaś masek użytkownika oraz dostęp do bazy danych, na inne komputery lub systemy operacyjne.

Platformy oprogramowania wraz z bibliotekami programów uwalniają programistę od rutynowego programowania i dzięki temu może on wykorzystywać przetestowane oprogramowanie o wysokiej jakości. Dodatkowo, zawarte są w nich specyficzne funkcje dla systemu operacyjnego oraz bazy danych. Dzięki wykorzystaniu platformy oprogramowania wraz z bibliotekami wzrastają możliwości portowania zbudowanego systemu. Dotyczy to szczególnie wywołań procedur w celu uzyskania komunikacji pomiędzy poszczególnymi modułami funkcyjnymi jak również innych wywołań systemu operacyjnego w modułach funkcyjnych.

Konfiguracja upraszcza rozszerzanie systemu kierowania wytwarzaniem o moduły funkcyjne i pozwala na prostą wymianę lub indywidualne złożenie systemu zgodnie z wymaganiami.

Dane parametryczne zwiększają natomiast elastyczność oraz obszar zastosowania modułów funkcyjnych systemu bez potrzeby zmian w ich oprogramowaniu.

Moduły adaptacyjne upraszczają połączenie systemu kierowania wytwarzaniem z innymi systemami, n.p. z systemem planowania i sterowania produkcją (ang. PPC), bez zmiany oprogramowania systemu kierowania wytwarzaniem. Prace nad rozwijaniem systemu są wymagane jedynie dla adaptacji modułów do nowych zastosowań.

| | |
|---|--|
|  | Wykorzystanie standardów, jak np. SQL, X Windows, Motif, Unix, C/C++ |
|  | Zastosowanie platformy programowej zawierającej gotowe biblioteki dla komunikacji, bazy danych, zarządzania pamięcią, obsługi błędów, itp. |
|  | Możliwość konfiguracji modułów funkcyjnych |
|  | Możliwość parametryzacji modułów funkcyjnych |
|  | Moduły adaptacyjne do zewnętrznych systemów software'owych |

PDP ... Pozyskiwanie Danych Produkcyjnych PPS ... Planowanie i Sterowanie Produkcją
 ZZ ... Zarządzanie Zleceniami HO ... Harmonogramowanie Operacji

Rys. 4 Mechanizmy adaptowalności dla systemów kierowania wytwarzaniem

5. PROCEDURY DO PIERWSZEGO OPRACOWANIA, ADAPTACJI ORAZ URUCHOMIENIA SYSTEMU

W tej części referatu opisano procedurę do opracowywania i uruchamiania systemu kierowania wytwarzaniem. Pokazano w jaki sposób **systematyczna procedura** pomaga zaoszczędzić **czas** oraz **koszty** podczas pierwszego opracowania oraz przy kolejnym wykorzystaniu systemu. Pokazano również możliwości uproszczenia odtwarzalnego i udokumentowanego procesu opracowywania systemu, a także jego integracji i uruchamiania.

Analiza wymagań

W celu określenia wymagań systemu kierowania wytwarzaniem (rys.5) dokonano analizy struktur organizacyjnych oraz przepływu informacji w wybranych przedsiębiorstwach produkcyjnych. Skoncentrowano się przy tym szczególnie na tych obszarach poszczególnych przedsiębiorstw, w których zamierzano wdrożyć system kierowania wytwarzaniem.

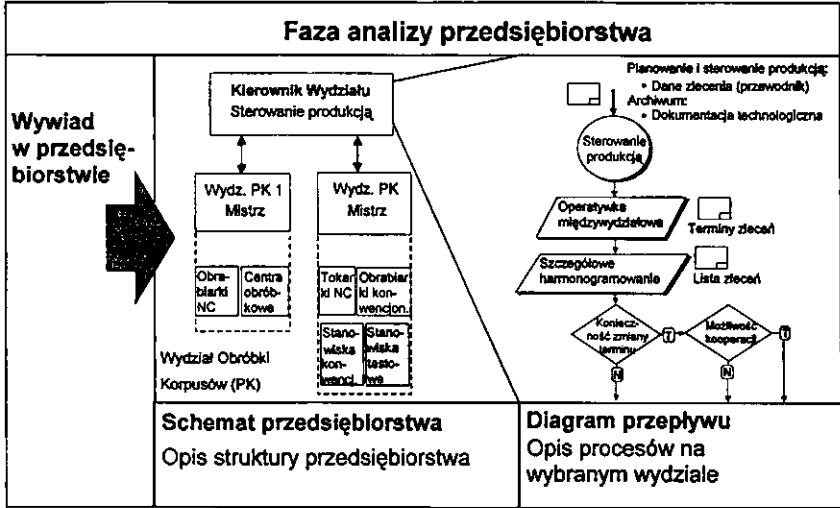
Celem analizy wymagań było uzyskanie:

- schematów oraz
- diagramów przepływów

dla przedsiębiorstw i ważniejszych ich obszarów. Model ten zapisano za pomocą opracowanej samodzielnie notacji [4].

Notacja ta zawierała:

- schematy przedsiębiorstwa w formie struktury hierarchicznej ich organizacji oraz przepływu informacji,
- diagramy przepływu ukazujące funkcje, dane oraz procesy wewnątrz jednostek organizacyjnych zdefiniowanych w schemacie przedsiębiorstwa.



Rys. 5 Faza analizy wymagań

Z powyższego modelu można:

- wyznaczyć wymagany przepływ danych oraz wymagane funkcje jak również interfejsy poprzez porównanie z modelem referencyjnym systemu kierowania wytwarzaniem oraz w uzgodnieniu z użytkownikiem,
- określić słabe punkty w organizacji przedsiębiorstwa oraz przepływie informacji w formie propozycji ulepszeń.

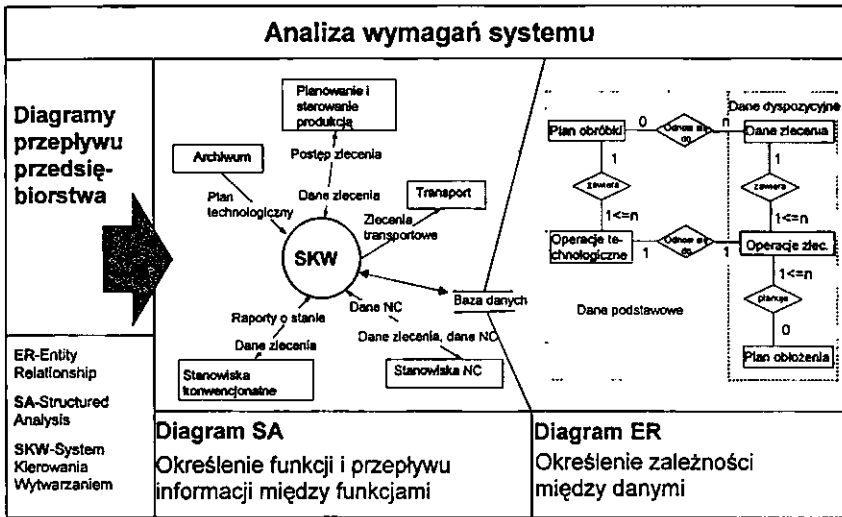
Analiza systemu

Zaczynając od schematów przedsiębiorstw oraz diagramów przepływów będących wynikiem fazy analizy wymagań, w fazie analizy systemu opracowano, w uzgodnieniu z ewentualnymi przyszłymi użytkownikami, model oprogramowania. Jako metody opisu tego modelu (rys. 6) wybrano:

- metodę analizy strukturalnej opisującą funkcje przepływu informacji oraz interfejsy systemu kierowania wytwarzaniem [6] oraz
- metodę Entity Relationship dla opisu struktury bazy danych [2].

Przepływ danych oraz wyszczególnione funkcje można wyznaczyć ze schematów przedsiębiorstw oraz diagramów przepływów. Opracowany model oprogramowania wykorzystano w uzgodnieniach z użytkownikami możliwych rozszerzeń systemu oraz jego adaptacji.

W fazie analizy systemu uzgodniono również możliwe parametry konfiguracyjne, jak również zastosowanie funkcji adaptacyjnych.



Rys. 6 Faza analizy systemu

Projekt systemu, kodowanie i testowanie

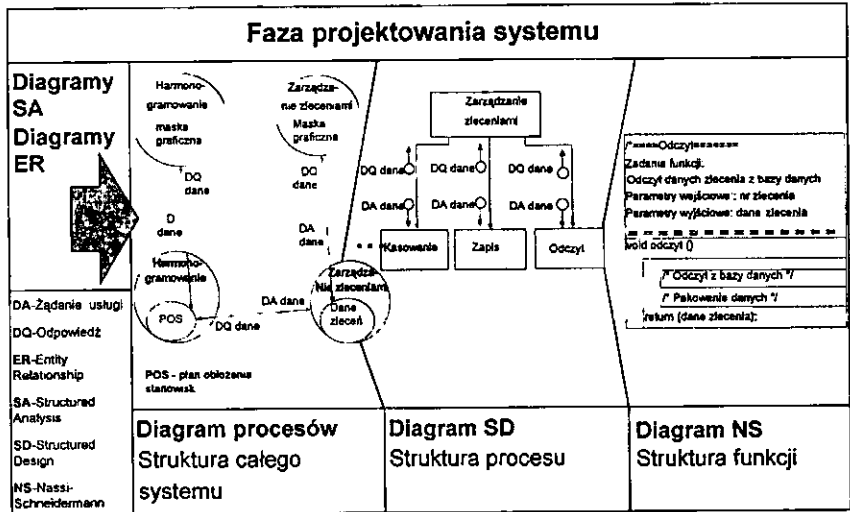
Celem tej fazy prac (rys.7) było przekształcenie funkcji systemu kierowania wytwarzaniem oraz przepływów danych z fazy analizy systemu w procesy komputerowe oraz zaprojektowanie tych procesów. Zastosowano następujące metody opisu:

- diagram procesów dla opisu procesów komputerowych systemu kierowania wytwarzaniem,
- metodę strukturalnego projektu dla opisu procesów komputerowych zdefiniowanych w diagramie procesów [3] oraz
- struktogramy Nassi-Shneiderman'a w celu opisu procedur z diagramu strukturalnego projektu [8].

Diagram procesów jest opracowaną na Uniwersytecie w Stuttgarcie metodą, która została uzgodniona w ramach powstawania platformy programowej systemu kierowania wytwarzaniem [5]. Procesy komputerowe oraz wymiana komunikatów pomiędzy tymi procesami zostały pobrane z wyszczególnionych funkcji, jak również z przepływu danych pomiędzy tymi funkcjami w ramach modelu analizy systemu. W tej fazie zostały zdefiniowane również te procedury, które zawierają dostęp do bazy danych oraz systemu operacyjnego.

Faza uruchomienia

W fazie uruchomienia, oprócz instalacji systemu kierowania wytwarzaniem, odbywa się adaptacja oprogramowania. System jest wówczas konfigurowany, a poszczególne moduły są parametryzowane. W celu adaptacji dla komputera muszą być zintegrowane wszystkie istotne biblioteki oprogramowania dla odpowiedniej bazy danych oraz systemu operacyjnego.



Rys. 7 Faza projektu systemu

6. PRZYKŁAD WDROŻENIA

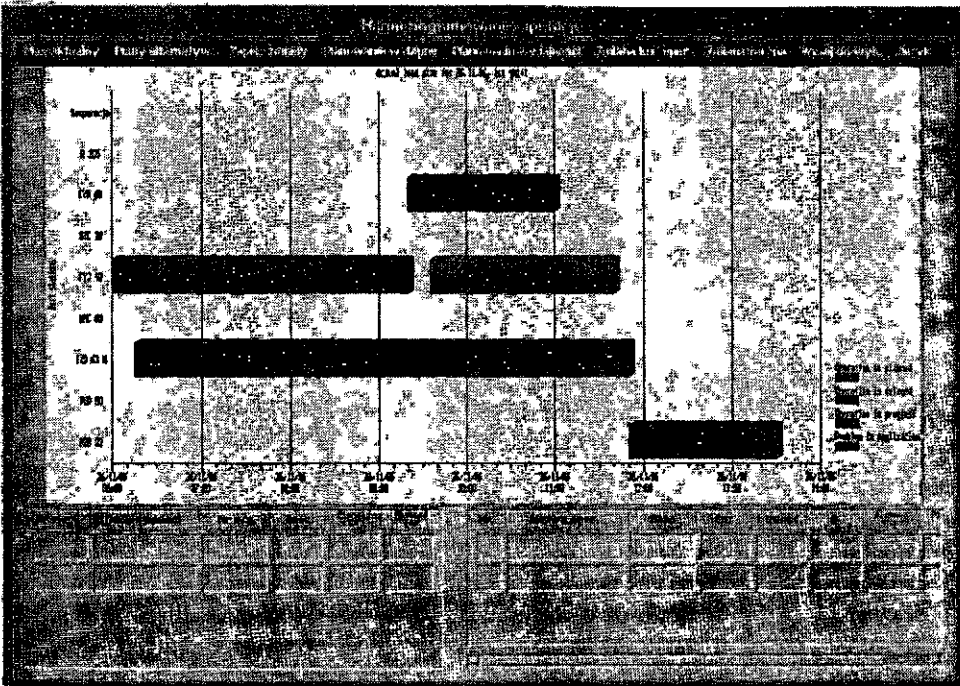
Trzyletni projekt Copernicus (nr CP9400337), którego realizację rozpoczęto w marcu 1995, dotyczy systemu kierowania wytwarzaniem opisanego w poprzednich częściach tego referatu. W projekcie tym biorą udział trzy uczelnie wyższe, a mianowicie: Instytut Techniki Sterowania Obrabiarek i Urządzeń Wytwórczych (ISW) Uniwersytetu w Stuttgarcie, Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji Politechniki Wrocławskiej oraz Instytut Obrabiarek Politechniki w Pradze. W realizacji projektu uczestniczą również takie zakłady przemysłowe jak PZL Hydral SA z Polski (producent elementów i układów hydraulicznych), ZDAS z Czech (producent maszyn i oprzyrządowania do przeróbki plastycznej) oraz PPS Detva ze Słowacji (producent wózków widłowych) jako partnerzy przemysłowi i przyszli użytkownicy opracowywanego systemu.

Przedsiębiorstwo PZL Hydral SA zamierza przygotować do wdrożenia system kierowania wytwarzaniem na Wydziale Obróbki Korpusów (rys.8). Analiza organizacji przedsiębiorstwa oraz przepływu informacji na tym Wydziale doprowadziła do pewnych ulepszeń, takich jak np. wprowadzenie okresu ważności dokumentacji technicznej.

Okazało się również, że zastosowanie funkcji DNC nie jest tam istotne, ponieważ w przedsiębiorstwie tym nie ma w ogóle lub są tylko częściowo stosowane takie sterowniki CNC obrabiarek, do których z centralnego komputera można byłoby przysyłać programy NC.



Rys. 8 Wydział Obróbki Korpusów w przedsiębiorstwie PZL Hydral SA



Rys. 9 Maska użytkownika dla funkcji harmonogramowania operacji

Na rys.9 pokazano przykład maski użytkownika systemu kierowania wytwarzaniem. Rysunek ten przedstawia maskę dla funkcji harmonogramowania, która umożliwiłaby harmonogramowanie operacji technologicznych dla stanowisk i grup pracowników. Harmonogramowanie to mogłoby się odbywać w sposób manualny, przy użyciu metod graficznych. Dostępne będą również funkcje obliczania i wyrównywania wydajności stanowisk. Maską tą wykonaną została przy pomocy narzędzia programowego TeleUse.

7. PODSUMOWANIE

W referacie zamieszczono doświadczenia związane opracowywaniem i wdrażaniem systemu kierowania wytwarzaniem dla przedsiębiorstw Europy Środkowo-wschodniej, które uzyskano podczas realizacji projektu badawczego w ramach programu Copernicus finansowanego przez Unię Europejską. Okazało się, że w przedsiębiorstwach tych może być zastosowany jedynie tani, prosty w budowie, integrowalny i adaptowalny system kierowania wytwarzaniem. Takie wymagania można uzyskać dzięki zastosowaniu systemu kierowania wytwarzaniem zbudowanego w sposób modułowy dla komputerów PC i mającego ograniczoną funkcjonalność oraz przez wykorzystanie metod adaptacyjnych, jak również dzięki systematycznemu, odtwarzalnemu procesowi opracowywania tego systemu. Poprzez ten projekt możliwe jest pokrycie zapotrzebowania przedsiębiorstw Europy Środkowej i Wschodniej w związku na proste komputerowe wspomaganie sterowania i nadzorowania produkcji, przy czym odbywa się transfer wiedzy do inżynierów z Europy Wschodniej.

LITERATURA

- [1] Brantner, K. (1993) *Adaptierbares Leitsteuerungssystem für flexible Produktionssysteme*. Dissertation Universität Stuttgart, Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag
- [2] Chen, P. P. S. (1976) *The Entity-Relationship Model -Towards a Unified View of Data*. *ACM Transactions on Database Systems*, Vol. 1, No. 1, pp. 9-36.
- [3] Constantine, L. L.; Yourdon, E., (1979) *Structured Design*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall
- [4] Copernicus (1995) Copernicus CP940337 D1 *Requirement analysis*. Internet address: <http://www.isw.uni-stuttgart.de/projekte/cp-sfcs/english/sfcs.htm>.
- [5] Copernicus (1996) Copernicus CP940337 D2.1-2.32 *Design of Information system and DNC components*
- [6] DeMarco, T. (1978) *Structured Analysis and System Specification*. New York, NY: Yourdon Press
- [7] Eversheim, W. (1990) *Organisation in der Produktionstechnik*, Band 1, Düsseldorf: VDI-Verlag
- [8] Nassi, I., Shneiderman, B. (1973) *Flowchart Techniques for Structured Programming*. SIGPLAN Notices, Vol. 8, 12 ff
- [9] Nedeß Ch., (1993) *PPS und Lean Management: ein Gegensatz?* TR, 16, pp. 20-23.
- [10] Pritschow G., Uhl J. (1994) *The ALSYS adaptable control system for flexible production*. *Control Eng. Practice*, Vol. 3, No. 1, 89-95
- [11] Siewert U. (1994) *Systematische Erstellung adaptierbarer Leitsteuerungssoftware am Beispiel der Durchsetzungsplanung*, Dissertation Universität Stuttgart, Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag