Zamiast "PRZEDMOWY" - "SŁOWO"
o zadaniach oczekujących rozwiązania w zakresie automatyzacji i robotyzacji dyskretnych procesów przemysłowych w Kraju

Wyróżniającą się osobliwością obecnego stanu rozwoju techniki, a w szczególności - środków produkcji w świecie, jest dążenie do optymalizacji metod wytwarzania przez powszechne stosowanie oprogramowania i sprzętu komputerowego do automatyzacji i robotyzacji pracy umysłowej i pracy fizycznej ludzi.

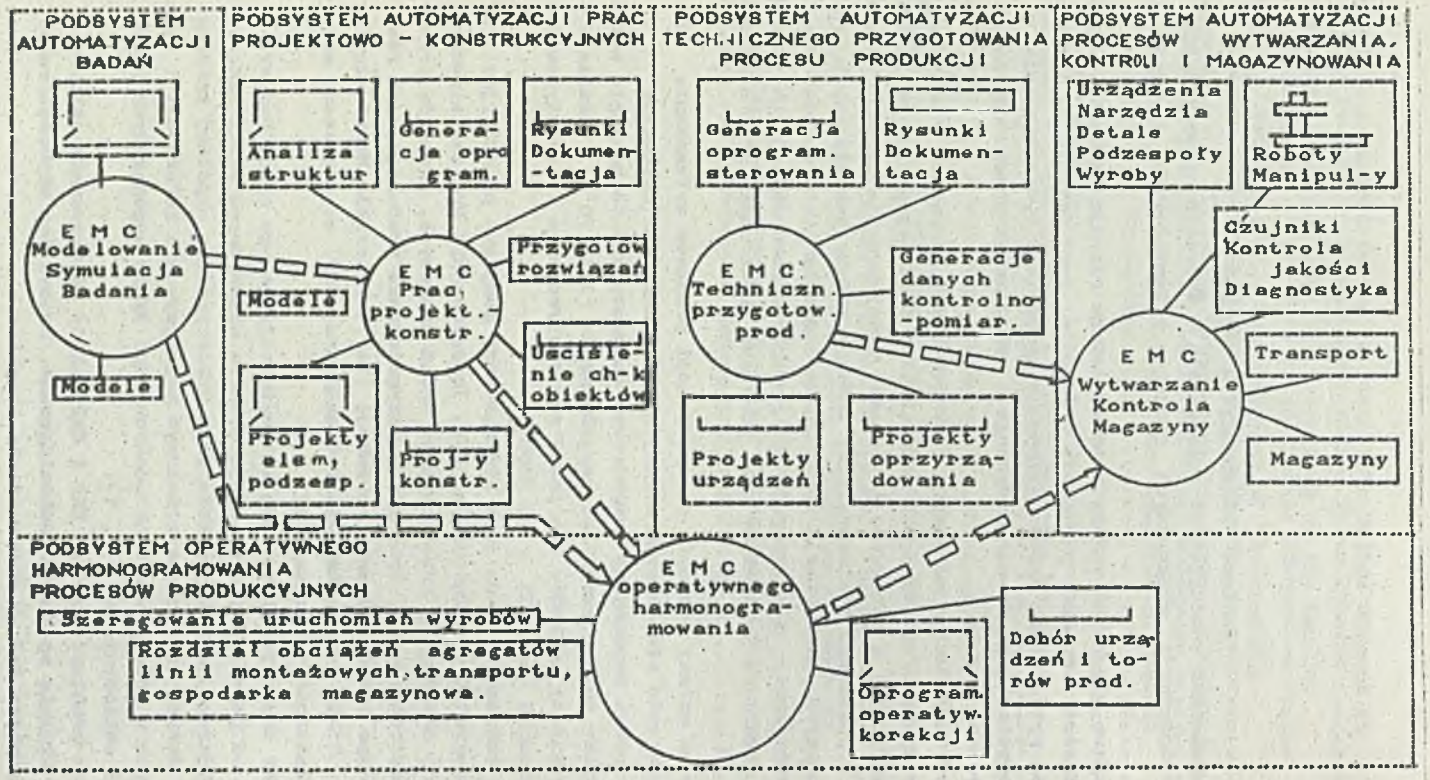
Wykorzystywanie metod naukowych i systemów komputerowych w produkcyjnych i nieprodukcyjnych obszarach działalności ludzi stworzyło możliwości pełnej automatyzacji i robotyzacji procesów przetwarzania zasobów na wyroby użytkowe i postawiło realne dzisiaj zadania budowy bezzałogowych zakładów wytwórczych, organizacji procesów zarządzania i sterowania technologiami wytwarzania, nie wymagających przepływu dokumentacji papierowej. Zostały też stworzone jakościowo nowe podstawy prowadzenia prac naukowo-badawczych.

Obserwowane zmiany poziomów automatyzacji procesów wytwarzania od pierwszych systemów sterowanych numerycznie obrabiarek (automatów - lata 50) przez wspomagane komputerowo automatyczne technologie wytwarzania i systemy automatyzowanego projektowania (lata 70) umożliwiły współcześnie budowę zakładów z w pełni zautomatyzowanym i zrobotyzowanym cyklem wytwarzania (lata 80 do 2000).

Podstawą takiego zakładu jest zintegrowany kompleks produkcyjny (ZKP) (Computer Integrated Manufacturing, CIM, Integrowannyj Proizwodstwennyj Kompleks, IKP) obejmujący automatyzację badań naukowych, procesów projektowo - konstrukcyjnych, techniczne przygotowanie produkcji, jak również elastycznie automatyzowaną produkcję (EAP), (Flexible Manufacturing Systems, FMS, Gibko Awtomatizowano Proizwodstwo, GAP) oraz systemy automatyzowanej kontroli i diagnostyki.

Rozwój ZKP urzeczywistnia ideę automatyzacji całego cyklu budowy nowego wyrobu, od poprzedzających projektowanie niezbędnych badań naukowych do oddania wymaganej serii produktu przy wykorzystaniu wspólnej informatycznej bazy danych oraz niematerialnego przekazywania informacji i sygnałów sterujących w podsystemach składowych tego cyklu wspomaganych przez lokalne sieci obliczeniowe (rys. 1).

Do ważnych problemów budowy ZKP i EAP należy zastępowanie człowieka wykonującego ręcznie operacje technologiczne. Proces ten zapoczątkowano dość dawno. Dopiero jednak wprowadzenie obrabiarek sterowanych numerycz-



Rys.1. Schemat elastycznie automatyzowanego systemu sterowania procesami produkcyjnymi

Fig.1. A diagram of flexible manufacturing control system

nie i robotów (manipulatorów) spowodowało systematyczne rozwiązywanie tych problemów, w oparciu o naukowe podstawy z wykorzystaniem środków automatyzacji i techniki obliczeniowej. Właśnie zastąpienie człowieka w produkcji przez robot przemysłowy, a następnie rozwiązanie automatyzowanego transportu i podawania detali na obrabiarki stworzyło możliwość przechodzenia od poszczególnych "wysepek" automatyzacji do systemów obróbczych łączonych liniami transportowymi. Prowadzi to w konsekwencji do EAP obejmującej magazyny i środki transportu, systemy buforów, gniazda obróbcze, montażowe i kontroli oraz systemy zabezpieczenia procesów produkcji w niezbędne narzędzia i wyposażenie.

Robot przemysłowy - sterowany programowo wielocelowy manipulator - ma złożoną konstrukcję mechaniczną, która współdziała z rozwiniętym systemem środków kontroli i mikroprocesorowym systemem sterującym. System sterujący generuje wymagane wartości wymuszeń na napędy obliczając równocześnie niezbędne trajektorie ruchu chwytaka. Wprawdzie zalety programowego sterowania robotami ogranicza jeszcze stosunkowo wąski krąg określonych zadań manipulacyjnych, tym niemniej obecne tendencje rozwoju robotów są niezwykle obiecujące. Obserwowany spadek cen systemów mikroprocesorowych, stanowiących podstawę systemów sterowania robotów, powoduje wzrost rangi i uznania dla pracy inżynierów automatyki i robotyki oraz informatyków znających problematykę algorytmizacji procesów manipulacji oraz oprogramowanie, sprzęt komputerowy i jego możliwości aplikacyjne.

Równolegle z tym, cena niekwalifikowanej pracy ręcznej w przemyśle rośnie, a jej jakość widocznie się obniża. Co więcej, szybko rosną pośrednie nakłady produkcyjne na ochronę zdrowia, bezpieczeństwo i higienę pracy oraz zabezpieczenie naturalnego stanu otaczającego środowiska. Ten splot okoliczności stwarza naturalne, racjonalne przesłanki do zmiany niekwalifikowanej pracy ręcznej w procesach produkcyjnych przez programowane roboty przemysłowe w coraz to większej skali. Robotyzacja jako niezbędne uzupełnienie automatyzacji jest więc obecnie charakterystyczną osobliwością postępu technicznego w przemyśle.

Sądząc, że najsłabszym ogniwem robotyzacji jest jeszcze prymitywny stopień możliwości interpretacyjnych i zdolności poznawczych robotów (umiejętności radzenia sobie w warunkach nieokreślonych przez program), widać, że główny kierunek rozwoju badań naukowych w robotyce skoncentruje się na problemach systemów sensorycznych oraz na systemach sztucznego intelektu (obok prac w zakresie systemów napędowych i kinematycznych).

Automatyzację i robotyzację procesów technologicznych w przemyśle także i dzisiaj rozpoczyna się z zasady od tworzenia "wysepek" automatyzacji. Jednak, gdy tylko mogą pojawić się przesłanki tworzenia automatyzowanych wzajemnie powiązanych gniazd obróbczych i montażowych, należy już od rozpoczęcia prac nad wdrażaniem współczesnych środków automatyzacji przewidywać ich późniejsze włączenie do ZKP, aby postępujące rozszerzanie sfer

automatyzacji nie pociągało częściowych, a niekiedy całkowitych zmian przyjętych idei. Automatyzacja zakładów produkujących wyroby o wielu profilach stymuluje w jeszcze mocniejszym stopniu budowę współpracujących ze sobą zintegrowanych systemów automatyzacji i robotyzacji na zasadach jednolitej koncepcji.

Szczególną uwagę należy poświęcić automatyzacji prac projektowo - konstrukcyjnych w połączeniu z automatyzacją technologicznego przygotowania produkcji, a także pracom nad sterowaniem optymalizowanych realizacji cykli produkcyjnych wytwarzania wyrobów. Praktycznie biorąc, automatyzacja prac projektowo - konstrukcyjnych technologicznego przygotowania produkcji i związane z tym procesy przetwarzania informacji, to kluczowe obszary działań rzutujące na opracowania EAP.

System automatyzacji projektowania SAP jest współczesnym instrumentem konstruktora wykorzystującego możliwości, które stwarza oprogramowanie i sprzęt obliczeniowy w każdej procedurze tworzenia artefaktu. Konstruktor - projektant ma możność modelowania symulacyjnego parametrów i charakterystyk wyrobu w warunkach zmieniającego się otoczenia imitując warunki rzeczywiste pracy konstrukcji. SAP wykonuje też funkcje dokumentowania procesu projektowania - wykonawstwo rysunków, specyfikacji, powielania dokumentacji technicznej.

Stosowanie współczesnych środków obliczeniowych (specjalizowanych zestawów systemów mikroprocesorowych), dających projektantowi określone możliwości natury usługowej, pociąga za sobą istotny wzrost szybkości projektowania, zwiększenie efektywności uzyskiwanych rozwiązań, polepszenie ergonomicznych i estetycznych jakości i własności wyrobów. Interaktywna grafika komputerowa umożliwia obserwację w trzech wymiarach, dokonywanie cięć i przekrojów, analizę poszczególnych składowych i całości konstrukcji, metodami symulacji cyfrowej. Zwłaszcza, podczas budowy konstrukcji prototypowych nie trzeba tworzyć modeli fizycznych do badań "na platformie".

Prace projektowo - konstrukcyjne w SAP wykorzystują metody i doświadczenia zakładowe przedtem zaaprobowane, materiały sprawozdawcze i normatywy, algorytmy i inne dane, na które składa się niezbędna do projektowania "baza danych". Służy ona także jako wejściowa informacja do prac nad technicznym przygotowaniem produkcji. Automatyzowane przygotowanie produkcji umożliwia wyprowadzanie gotowych informacji w postaci kart technologicznych, zestawów normatywów, tabel i wykresów, wybór wyposażenia i niezbędnych narzędzi, generowanie optymalizowanych harmonogramów realizacji procesów obróbczych i montażowych, a także obróbki wyrobów dla obrabiarek sterowanych numerycznie i robotyzowanych linii lub gniazd montażowych. Uzyskuje się projekt wyrobu i techniczne przygotowanie jego produkcji, w jednolitym ciągu procesów. Możliwe zmiany konstrukcji ze względu np. na lepszą technologiczność, dostępność doskonalszych narzędzi lub wyposażenia, lub

wyniki aktualnych badań, mogą być w tych warunkach bezpośrednio uwzględnione w procesach produkcji.

Opracowania nowych konstrukcji czy systemów mają uwzględniać nie tylko analizy samych artefaktów, lecz także idee i koncepcje leżące u podstaw ich budowy. Robi się to w ramach poprzedzających projektowanie prac naukowo - badawczych powiązanych z analizą i porównywaniem wyników wykorzystujących oprogramowanie i sprzęt komputerowy do modelowania i symulacji cyfrowych. Dołączane do procesów budowy artefaktów automatyzowane systemy badań naukowych (ASBN) gwarantują większą elastyczność działań oraz optymalizację ich parametrów i charakterystyk stanowią pierwszy stopień w łańcuchu kompleksowej automatyzacji całego cyklu produkcji.

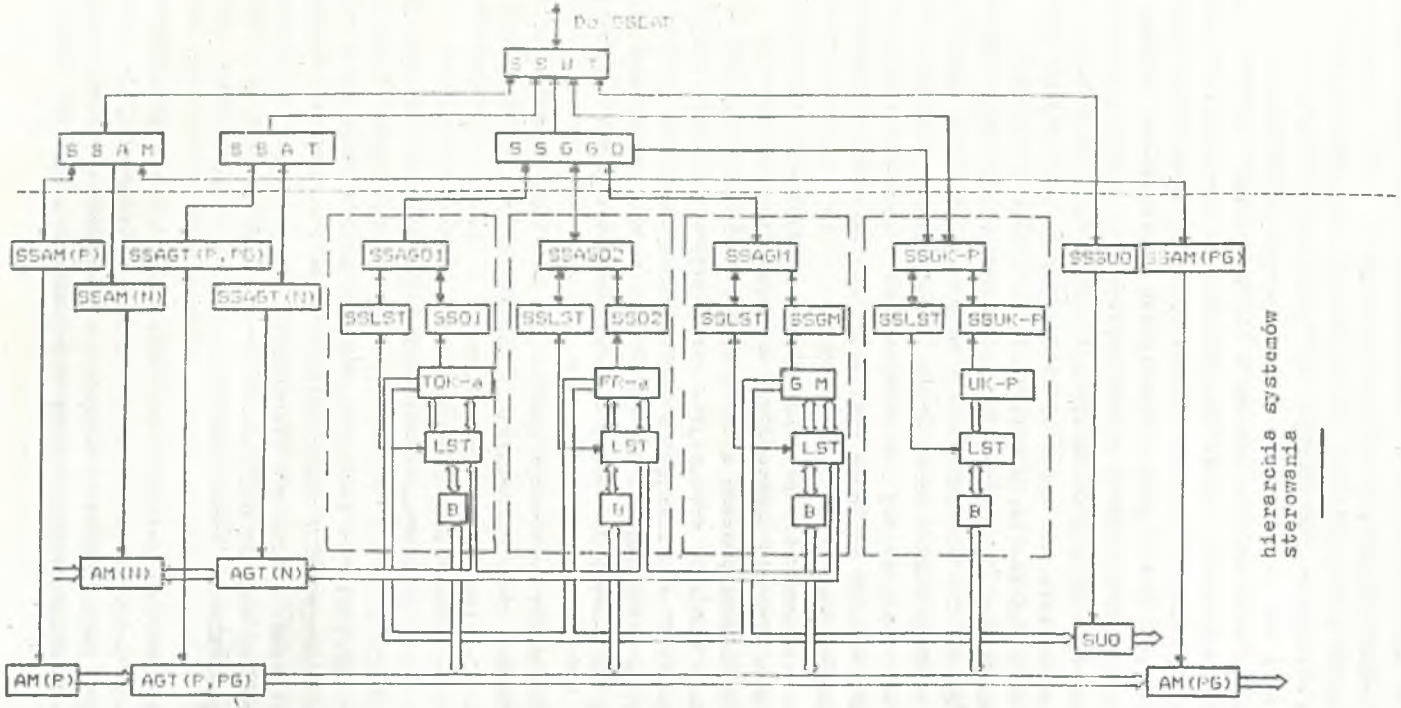
Współczesne rozwiązania ZKP zmieniły tradycyjny jeszcze pogląd na współpracę naukowców, konstruktorów i technologów (nauki z przemysłem), wg którego te rodzaje działalności rozpatrywano oddzielnie, gdyż były one jakoby słabo powiązane. ZKP odzwierciedlają niezwykle aktualne tendencje optymalizowanego współdziałania konstruktora i technologa w oparciu o wspólną bazę wiedzy podstawowej i konstruktorsko - technologicznej. Umożliwiły to właśnie łatwo dostępne możliwości obliczeniowe - oprogramowanie i sprzęt komputerowy.

Końcowe stadium cyklu produkcyjnego dotyczące właściwego wytwarzania artefaktu wykonuje się współcześnie w obrębie jednolitego dla wszystkich cykli produkcji procesu w ZKP przy wykorzystaniu wspólnej bazy danych. Zintegrowany kompleks produkcji - ZKP oddaje więc jakość wzajemnie współdziałających i uzupełniających się systemów ASBN, ZAP i SAPP z systemem właściwym wytwarzania - EAP (rys. 2), w którym przetwarza się równocześnie całą informację niezbędną do realizacji wymaganych operacji produkcyjnych.

Procesy przetwarzania informacji odgrywają w ZKP rolę szczególną. Rozszerzyły się bowiem sfery automatyzacji działań na wszystkie cykle produkcji z szerokim udziałem środków automatyzacji i robotyzacji oraz urządzeń i wyposażeń sterowanych komputerowo.

Przetwarzanie informacji wymaga posiadania odpowiedniego sprzętu do zbierania i obliczania sterowań, zapewniającego przy tym łatwą obsługę użytkownikom. Przetwarzanie informacji łączy się także z tworzeniem formalnych podstaw automatyzacji i robotyzacji, a więc i tworzeniem modeli matematycznych procesów, algorytmów sterowania i oprogramowania. Stanowi to w opracowaniach ZKP zadanie najtrudniejsze i wymaga udziału specjalnie przygotowanych specjalistów (inżynierów automatyki i robotyki oraz informatyki).

Kompleksowe i systemowe podejście do budowy współcześnie rozwijanych w świecie ZKP i EAP rodzi przed ich projektantami zadanie rozlicznej natury - od naukowo - technicznych po socjalno - ekonomiczne. Jedno z nich, łączące się z uzasadnieniem ekonomicznej celowości wdrożenia ZKP lub EAP,



Rys.2. Przykład struktury funkcjonalnej systemu sterowania wydziałem technologicznym E A P.
⟷-kanały informacyjne; ⟹ -strumienie materiałowe(podgotówki,narzędzia,zaopatrzenie); ⇕ -produkty gotowe,zużyte narzędzia. Systemy sterowania :
SSWT-wydziałem technologicznym;SSAM-automatycznym magazynem;SSAT-autom. transportem;SSGGO-grupą gniazd obróbczych; SSAM(P)-autom. magazynem podgotówek; SSAM(N)-autom. magazynem narzędzi; SSAGT-autom. gniazdem transp.(podgotówek i produkcji gotowej);SSAGT(N)-autom. gniazdem transp.(narzędzi);SSAGO-autom. gniazdem obróbczym;SSAGM-aut.gniazdem montażowym; SSAGK-P-aut. gniazdem kontrolno-pomiarowym; SSSUO-systemem uprzątania odpadów; SSAM(PG)-aut. magazynem produkcji gotowej; SSLST-lokalnym systemem transportu; SSU-obrabiarką; SSGM-gniazdem montażowym;SSUK-P-urządzeniem kontrolno-pomiar.; B-bufor(magazynek,paleta); TOK-a-tokarka; FR-a-frezarka; GM-gniazdo montażowe; LST-lokalny system transp.; AGT-autom. gniazdo transportu(robokary); SUO-system uprzątania odpadów; AM-automatyczny magazyn.

Fig.2. An example of functional structure for control system of the technological

lub np. SAP lub ASPP, interesuje organy założycielskie i projektantów jeszcze przed rozpoczęciem właściwych działań nad budową systemu.

Trudności oceny efektywności ekonomicznej łączą się z brakiem metodyki jej obliczeń. Przyjęte współcześnie w Japonii, USA czy RFN decyzje o budowie ZKP i EAP łączą się zwykle w pierwszej kolejności z korzyściami strategicznymi, chociaż w wielu przypadkach trudno jest je udokumentować. Wiadomo jednak, że przegrana w USA w walce konkurencyjnej z Japonią o rynki zbytu samochodowe i urządzeń elektronicznych została spowodowana przez wcześniejsze w Japonii niż w USA decyzje odnośnie do inwestowania w ZKP i EAP, inwestowania w automatyzację i robotyzację produkcji.

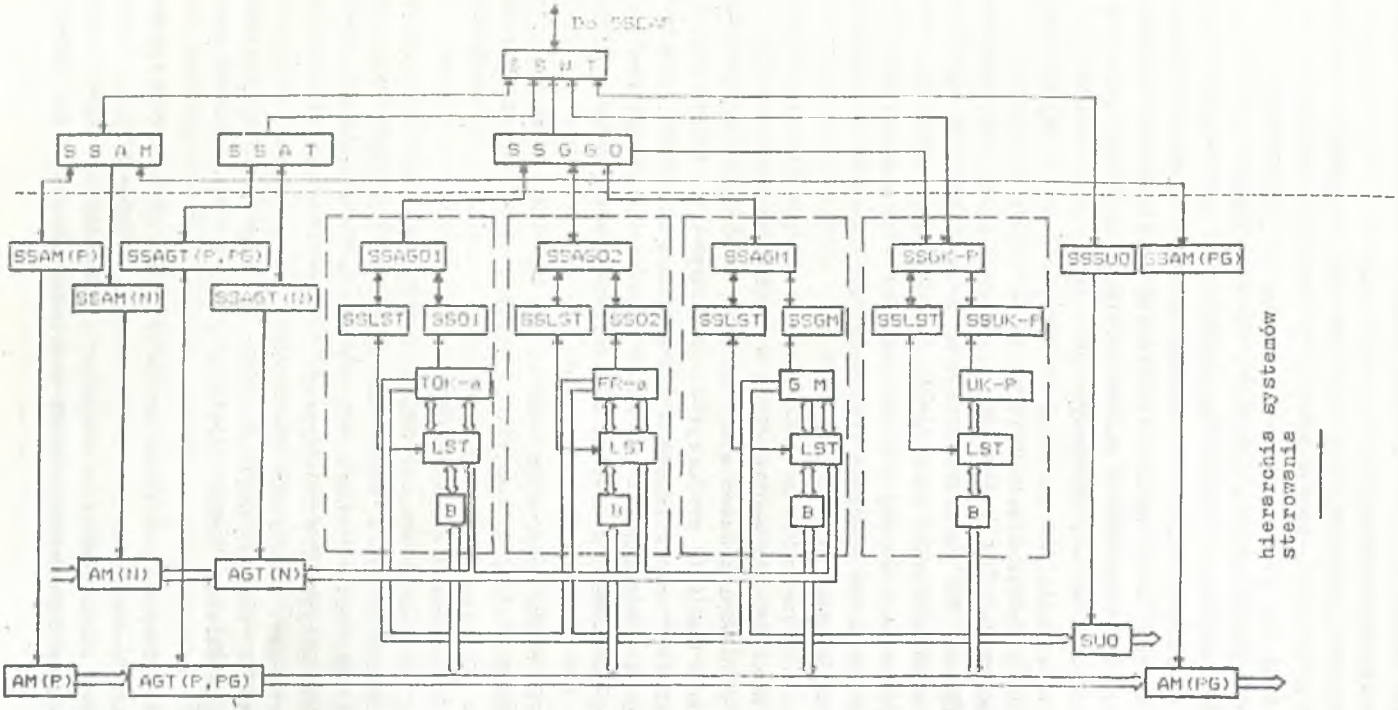
Do nowych jakościowo własności ZKP i EAP zalicza się przede wszystkim integrację i elastyczność. Integracja produkcji daje istotne zwiększenie efektów produkcji (wydajność, jakość).

Elastyczność, jako pojęcie wieloaspektowe, wchłania rozliczne przymioty klasyfikacyjne, co utrudnia zadanie opracowania formalnej metodyki ocen jej efektywności. Generalnie jednak koncepcja EAP rodzi takie własności produkcji, które umożliwiły dopasowywanie procesów i urządzeń wytwórczych do zmieniających się warunków zewnętrznych, a więc do produkcji różnych wersji wyrobów.

Obok wieloaspektowych poglądów na kompleks ocen i wskaźników charakteryzujących ZKP i EAP, a na problemy towarzyszące ich budowie, wiele nowych zadań stawia współczesny stan rozwoju środków automatyzacji i robotyzacji oraz techniki obliczeniowej.

Struktury organizacyjne ZKP różnią się wydatnie od konwencjonalnych rozwiązań organizacji produkcji. Zmniejsza się istotnie efektywność istniejących dotąd reguł rozwiązywania struktury organizacyjnej, centralnie zabezpieczającej wydziały i pododdziały zakładu w niezbędne informacje i zasoby. W organizacji struktur ZKP zwiększa się znaczenie poszczególnych elementów cyklu produkcyjnego, wyspecjalizowanych gniazd technologicznych (automatyzowanych i robotyzowanych magazynów, transportu, obróbki, montażu, kontroli i diagnostyki) zorientowanych na wykonawstwo określonych operacji technologicznych, sterowanych przy wykorzystaniu oprogramowania i sprzętu komputerowego w strukturze hierarchicznej. Szczególna rola w ZKP pewnie przypadnie w przyszłości "elastycznym strukturom organizacyjnym" pracującym w oparciu o wyspecjalizowany interface, który umożliwi współdziałanie wszystkich wydziałów (działów) zakładu w zależności od zmieniających się struktur wzajemnych powiązań produkcyjnych.

Dalszy rozwój ZKP i EAP łączy się z osiągnięciami badań naukowych nad "sztucznym intelektem". Umożliwiają one budowę "rozumnych" maszyn roboczych w niezbędnym stopniu widzących, słyszących i odczuwających parametry otaczającego świata i umiejących radzić sobie w sytuacjach nieprzewidzianych.



Rys.2. Przykład struktury funkcjonalnej systemu sterowania wydziałem technologicznym E A F.
←→-kanały informacyjne; ⟹ -strumienie materiałowe(podgotówki,narzędzia,zaopatrzenie); ⇕ -produkty gotowe,zużyte narzedzia. Systemy sterowania :
SSWT-wydziałem technologicznym;SSAM-automatycznym magazynem;SSAT-autom. transportem;SSGGO-grupą gniazd obróbczych; SSAM(P)-autom. magazynem podgotówek; SSAM(N)-autom. magazynem narzędzi; SSAGT-autom. gniazdem transp.(podgotówek i produkcji gotowej);SSAGT(N)-autom. gniazdem transp.(narzędzi);SSAGO-autom. gniazdem obróbczym;SSAGM-aut.gniazdem montażowym; SSAGK-P-aut. gniazdem kontrolno-pomiarowym; SSSUO-systemem uprzątania odpadów; SSAM(PG)-aut. magazynem produkcji gotowej; SSLST-lokalnym systemem transportu; SSU-obrabiarką; SSGM-gniazdem montażowym;SSUK-P-urządzeniem kontrolno-pomiar.; B-bufor(magazynek,paleta); TOK-a-tokarka; FR-a-frezarka; GM-gniazdo montażowe; LST-lokalny system transp.; AGT-autom. gniazdo transportu(robokary); SUO-system uprzątania odpadów; AM-automatyczny magazyn.

Fig.2. An example of functional structure for control system of the technological

lub np. SAP lub ASPP, interesuje organy założycielskie i projektantów jeszcze przed rozpoczęciem właściwych działań nad budową systemu.

Trudności oceny efektywności ekonomicznej łączą się z brakiem metodyki jej obliczeń. Przyjęte współcześnie w Japonii, USA czy RFN decyzje o budowie ZKP i EAP łączą się zwykle w pierwszej kolejności z korzyściami strategicznymi, chociaż w wielu przypadkach trudno jest je udokumentować. Wiadomo jednak, że przegrana w USA w walce konkurencyjnej z Japonią o rynki zbytu samochodowe i urządzeń elektronicznych została spowodowana przez wcześniejsze w Japonii niż w USA decyzje odnośnie do inwestowania w ZKP i EAP, inwestowania w automatyzację i robotyzację produkcji.

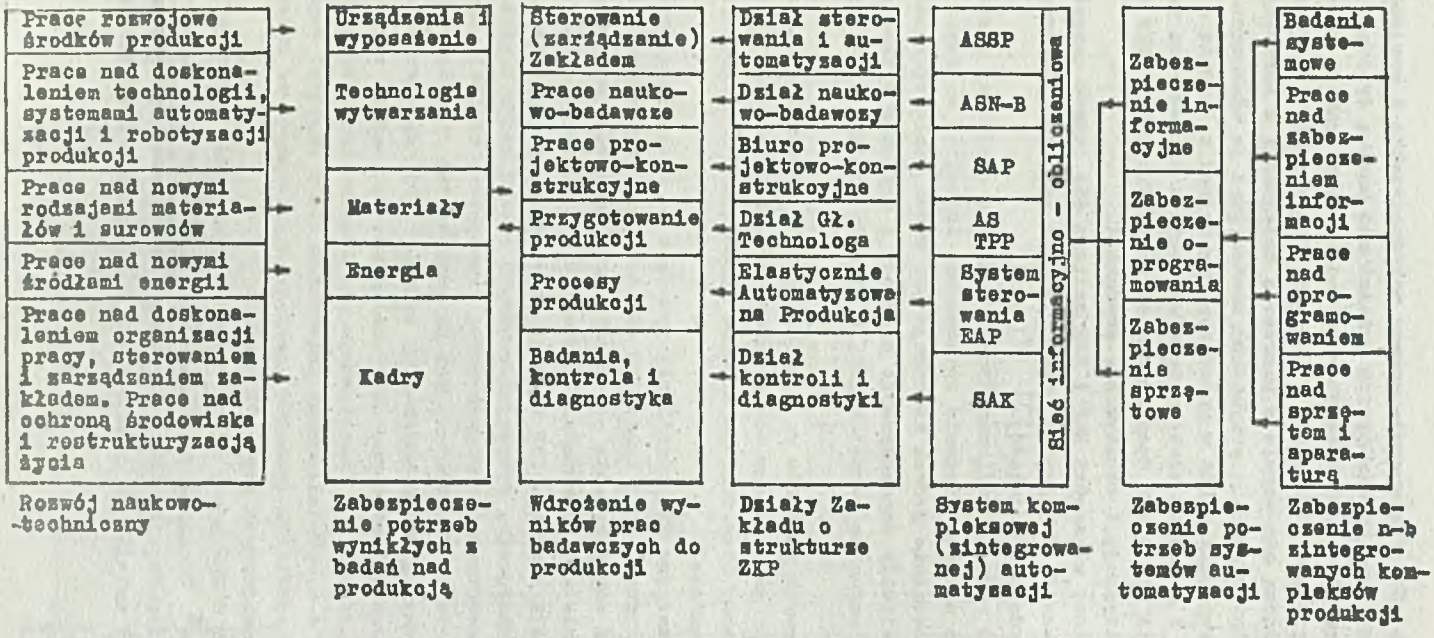
Do nowych jakościowo własności ZKP i EAP zalicza się przede wszystkim integrację i elastyczność. Integracja produkcji daje istotne zwiększenie efektów produkcji (wydajność, jakość).

Elastyczność, jako pojęcie wieloaspektowe, wchłania rozliczne przymioty klasyfikacyjne, co utrudnia zadanie opracowania formalnej metodyki ocen jej efektywności. Generalnie jednak koncepcja EAP rodzi takie własności produkcji, które umożliwiły dopasowywanie procesów i urządzeń wytwórczych do zmieniających się warunków zewnętrznych, a więc do produkcji różnych wersji wyrobów.

Obok wieloaspektowych poglądów na kompleks ocen i wskaźników charakteryzujących ZKP i EAP, a na problemy towarzyszące ich budowie, wiele nowych zadań stawia współczesny stan rozwoju środków automatyzacji i robotyzacji oraz techniki obliczeniowej.

Struktury organizacyjne ZKP różnią się wydatnie od konwencjonalnych rozwiązań organizacji produkcji. Zmniejsza się istotnie efektywność istniejących dotąd reguł rozwiązywania struktury organizacyjnej, centralnie zabezpieczającej wydziały i pododdziały zakładu w niezbędne informacje i zasoby. W organizacji struktur ZKP zwiększa się znaczenie poszczególnych elementów cyklu produkcyjnego, wyspecjalizowanych gniazd technologicznych (automatyzowanych i robotyzowanych magazynów, transportu, obróbki, montażu, kontroli i diagnostyki) zorientowanych na wykonawstwo określonych operacji technologicznych, sterowanych przy wykorzystaniu oprogramowania i sprzętu komputerowego w strukturze hierarchicznej. Szczególna rola w ZKP pewnie przypadnie w przyszłości "elastycznym strukturom organizacyjnym" pracującym w oparciu o wyspecjalizowany interface, który umożliwi współdziałanie wszystkich wydziałów (działów) zakładu w zależności od zmieniających się struktur wzajemnych powiązań produkcyjnych.

Dalszy rozwój ZKP i EAP łączy się z osiągnięciami badań naukowych nad "sztucznym intelektem". Umożliwiają one budowę "rozumnych" maszyn roboczych w niezbędnym stopniu „widzących, słyszących i odczuwających" parametry otaczającego świata i umiejących radzić sobie w sytuacjach nieprzewidzianych.



Rys.3. Struktura procesu budowy i wdrożeń ZKP i EAP oparta na integracji metod, technicznych środków i systemów automatyzacji

/ASSP-automatyzowane systemy sterowania produkcją, ASN-B-automatyzowane systemy naukowo-badawcze, SAP-systemy automatyzowanego projektowania, ASTPP-automatyzowane systemy technologicznego przygotowania produkcji, SSEAP-systemy sterowania elastycznie automatyzowaną produkcją, SAK-systemy automatyzowanej kontroli i diagnostyki

Fig.3. Design and application processes structure for ZKP and EAP based on an integration method, technical means and automation systems

W sferze organizacji całego cyklu ZKP osiągnięciami ostatnich lat są też systemy ekspertowe: "inteligentna asysta" projektantów i decydentów. Stwarzają one możliwości pewnego obniżenia wymagań w stosunku do liczby i kwalifikacji określonego personelu oraz znaczne powiększenie efektywności podejmowanych decyzji.

Budowa i wdrażanie ZKP i EAP oparte na integracji metod, technicznych środków i systemów automatyzacji rodzi też nowy problem opracowania odpowiednich standardów o znaczeniu lokalnym i szerszym, być może nawet w skali krajów RWPG. Normy takie umożliwiają integrację wysiłków badaczy, projektantów i technologów specjalistów różnych gałęzi przemysłu.

Zadania budowy ZKP i EAP mają współcześnie znaczenie ogólnokrajowe a ich pomyślne rozwiązania - udane wdrożenia systemów automatyzacji i robotyzacji-zapewniają oczekiwany wzrost poziomu przemysłowego wytwarzania wyrobów.

Zadania do rozwiązania w zakresie automatyzacji i robotyzacji produkcji ilustruje schemat struktury procesu budowy i wdrożenia ZKP i EAP przedstawiony na rys. 3.

Oddając do druku serię Zeszytów Naukowych Politechniki Śląskiej, zawierającą materiały VI Krajowej Konferencji Automatyzacji Dyskretnych Procesów Przemysłowych, pragnę podziękować wszystkim PT Autorom za trud przygotowania publikacji, z których wiele atakuje przedstawione w "SŁOWIE" problemy. Członkom Komitetu Naukowego dziekuję za współpracę przy opiniowaniu prac oraz życzliwe popieranie naszych inicjatyw.

Dziękuję też Pani mgr inż. Elżbiecie ZIELIŃSKIEJ - KRÓL za wyjątkowe zaangażowanie się w czaso- i pracochłonny krąg działań związanych z organizacją Konferencji.

Wszelkie uwagi dotyczące VI KK ADPP prosimy kierować do Instytutu Automatyki Politechniki Śląskiej 44-100 Gliwice, ul. Pstrowskiego 16.

Przewodniczący Komitetu
Naukowego i Organizacyjnego

Prof.zw.dr inż. Henryk KOWALOWSKI

Gliwice, czerwiec 1988 r.