OŚRODEK BADAWCZO-ROZWOJOWY INFORMATYKI

PROBLEMY WYTWARZANIA WSPOMAGANEGO KOMPUTEREM

Europejski Program Badawczy Diebolda

56

Warszawa 1974

OŚRODEK BADAWCZO-ROZWOJOWY INFORMATYKI

PROBLEMY WYTWARZANIA WSPOMAGANEGO KOMPUTEREM

Europejski Program Badawczy Diebolda

Wyłącznie do użytku na terenie PRL

56

Warszawa 1974

Tytuł oryginału: The Challenge of Computer Assisted Manufacturing
Document No. E104P
April 1973

Tłumaczenie: Aleksander Małecki
Redakcja: Andrzej Idźkiewicz

Komitet Redakcyjny
Mieczysław Gula, Andrzej Idźkiewicz, Janina Jerzykowska /sekretarz/, Jerzy Kisielnicki, Stanisław Nelken /zastępca przewodniczącego/, Krzysztof Skulski, Ryszard Terebus /przewodniczący/, Zdzisław Zapolski

Wydawca
Działowy Ośrodek Informacji, Warszawa, ul.Marszałkowska 104/122

OBRI. Warszawa 1974. Nakład: 850+154 egz. Objętość: ark.wyd.4,65; ark.druk.16,25. Format A4. Papier offsetowy kl. III, 80g, 61x86

T.P. W -wa Zam. 24/m/74 1005 Cena zł 92.-

SPIS TREŚCI

s.

STRESZCZENIE 5

I. WPROWADZENIE 7

II. TECHNIKA WWK 12

Znaczenie "automatyzacji fabryki" 12
Komputery w procesie wytwórczym 12
Wytwarzanie wspomagane komputerem 13
Sterowanie numeryczne 13
Projektowanie wspomagane komputerem 14
Projektowanie wspomagane komputerem połączone z wytwarzaniem wspomaganym komputerem 16
Roboty 16
Komputery w pomocniczych czynnościach wytwórczych 17
Integracja skomputeryzowanych czynności pomocniczych z systemami WWK 18
Rola minikomputerów w wytwarzaniu 18
Definicja "automatyzacji fabryki" 22

III. WPŁYW WWK NA PRZEDSIĘBIORSTWO 23

Rola kierownictwa 23
Kształcenie kadr 26
Wpływ na siłę roboczą 27
Nowe kategorie zajęć 27
Odpowiedzialność za WWK 28
Wymienne przemieszczenia personelu 29
Problem redundancji 30

IV. NIEKTÓRE EKONOMICZNE I FINANSOWE ASPEKTY WWK 32

Modernizacja 32
Dochód a nakłady 37
Korzyści z WWK 39
Systemy informacyjne dla celów produkcyjnych 40

Sterowanie numeryczne /SN/ i bezpośrednie sterowanie numeryczne /BSN/ 42

V. WYTYCZNE DO SYSTEMATYCZNEGO ROZWIJANIA WWK 45

Wytyczne do wdrażania WWK

VI. SŁOWNIK 53

VII. BIBLIOGRAFIA 56

ZAŁĄCZNIK A: POŁĄCZENIE WWK Z PWK 59

ZAŁĄCZNIK B: WSPÓŁDZIAŁANIE LUB POŁĄCZENIE PROJEKTOWANIA WSPOMAGANEGO KOMPUTEREM I WYTWARZANIA WSPOMAGANEGO KOMPUTEREM 101

STRESZCZENIE

Wobec ogólnoświatowych trudności ekonomicznych m.in. w dziedzinie zatrudnienia doceniono wreszcie znaczną rolę, jaką może odegrać wytwarzanie wspomagane komputerem - WWK /computer assisted manufacturing - CAM/ w utrzymaniu wysokiego poziomu produktywności narodowej. Umożliwia ono tym samym krajowi zachowanie konkurencyjności na rynku międzynarodowym i zapewnia jego obywatelom zbyt na wytwarzane przez nich produkty i usługi. WWK stanowi istotny krok w procesie optymalizacji produkcji, umożliwiając zwiększenie jej wolumenu, skrócenie czasu wytwarzania i podniesienie jakości produktu.

Pomimo, że metody WWK znane są już od przeszło dziesięciu lat i mimo istnienia przykładów pomyślnego ich wdrożenia, przemysł zarówno europejski jak i amerykański ociągał się dotąd z przyswojeniem sobie techniki WWK. Choć przyczyn tego powolnego przyjmowania jest wiele, główną z nich było wahanie się kierownictwa przed zdecydowanym poparciem i sfinansowaniem WWK. Konkretnymi motywami były przy tym: ryzyko związane z dużymi inwestycjami, trudność określenia dziedzin najwyższej opłacalności WWK, problemy napotykane na drodze skutecznego powiązania dwóch złożonych i odmiennych technik /techniki produkcyjnej i techniki obliczeniowej/ oraz brak pomocy ze strony producentów sprzętu informatycznego przy opracowywaniu systemów WWK.

Niniejsze opracowanie zajmuje się dość szczegółowo tymi wszystkimi aspektami. Ponadto, opierając się na dotychczasowych doświadczeniach, omówiono w nim niektóre organizacyjne skutki wprowadzenia metod WWK, jak również praktyczne wytyczne do ich skutecznego wdrożenia.

Mimo napotykanych trudności, o czym częściowo świadczy nieznaczna dotąd realizacja systemów WWK /procentowo w stosunku do całości zainstalowanego sprzętu wytwórczego/, przewiduje się,że WWK będzie się rozprzestrzeniać szybciej niż w przeszłości, a to ze względu na fakt, że technika ta przedstawia sobą środek

poprawy warunków pracy personelu produkcyjnego i jako taka stanowi istotny wkład do ogólnoświatowego celu jakim jest podniesienie "jakości życia".

I. WPROWADZENIE

"Automatyzacja fabryki" /"factory automation"/, "automatyczna fabryka" i wytwarzanie wspomagane komputerem czyli WWK /computer assisted manufacturing - CAM/ to terminy często używane na oznaczenie częściowo już realizowanej metody, kryjącej w sobie duże możliwości udoskonalenia procesów produkcyjnych dla podniesienia produktywności w skali całego kraju i dochodowości w skali poszczególnych przedsiębiorstw.

"Produktywność" kraju oznacza ogólną produkcję, tzn. ilość wytwarzanych dóbr i usług na jednostkę czasu. /Takie pojęcie produktywności umożliwia porównywanie trendów produktywności/.

Aktualny /z końcem roku 1971/ dylemat płacowo-cenowy w Stanach Zjednoczonych i - w mniejszym stopniu - w niektórych krajach europejskich można przypisać problemowi produktywności. W uproszczeniu problem polega na tym, że płace pieniężne rosły prędzej niż produkcja na roboczogodzinę. W wyniku tego jednostkowe koszty siły roboczej stale rosły, a równocześnie rosły też ceny /ponieważ koszt siły roboczej stanowi wciąż jeszcze najważniejszy składnik ceny/ i zapanowała inflacja. Obok kontroli cen i płac /tak właśnie postąpiono w Stanach Zjednoczonych i w Wielkiej Brytanii, aby zahamować inflację/, jedyną pozostałą alternatywą dla ograniczenia skutków inflacji jest podniesienie wydajności pracy. Jednym ze sposobów uzyskania takiego wzrostu wydajności pracy jest komputeryzacja wytwarzania, czyli czynności produkcyjnych.

Te metody WWK nie są nowe, ale istotnego znaczenia nabrały dopiero na przestrzeni kilku ostatnich lat. W całym uprzemysłowionym świecie zachodnim naciski polityczne, społeczne i ekonomiczne doprowadziły do przewrotu w tradycyjnych skalach wartości, kierunkach i tendencjach w dziedzinie pracy. Spośród tych czynników, być może najważniejszym,był ogólny niepokój świata pracy,szczególnie w Stanach Zjednoczonych, częściowo spowodowany narastającymi konfliktami między kierownictwem przedsiębiorstw a związkami zawodowymi oraz tym, że zarówno robotnicy jak

i młodzież doszli do przekonania, że należy im się od życia coś więcej, niż tylko monotonna, podrzędna, źle płatna, zrutynizowana praca w fabrykach. To ogólne niezadowolenie /podsycane alienującymi wydarzeniami politycznymi/ niekorzystnie odbiło się na tempie wydajności pracy. Na przykład Stany Zjednoczone przez wiele lat przodowały w produkcji wśród krajów uprzemysłowionych, natomiast lata sześćdziesiąte przyniosły radykalną zmianę. Od roku 1960 do 1970 wydajność pracy w Stanach Zjednoczonych wzrosła tylko o 35%, a tymczasem w Japonii o 188%, w Niemczech Zachodnich o 74% i w Wielkiej Brytanii o 40%.[1/]

Na rysunku 1 porównano zmiany produkcji na jedną roboczogodzinę w Stanach Zjednoczonych i głównych krajach europejskich[2/] oraz wskaźnik produktywności kilku najważniejszych krajów uprzemysłowionych.

Poziom produktywności bezpośrednio warunkuje konkurencyjność kraju w stosunku do innych krajów i wyznacza górną granicę poziomu stopy życiowej, która decyduje o tym, czy jego obywatele mogą czy nie mogą pozwolić sobie na udogodnienia i świadczenia takie, jak ochrona zdrowia, oświata i dobrze utrzymane środowisko naturalne. Kiedy opadający trend produktywności zagraża dobrobytowi narodu, rząd, przemysł i nauka szukają różnych środków do odwrócenia tego trendu.

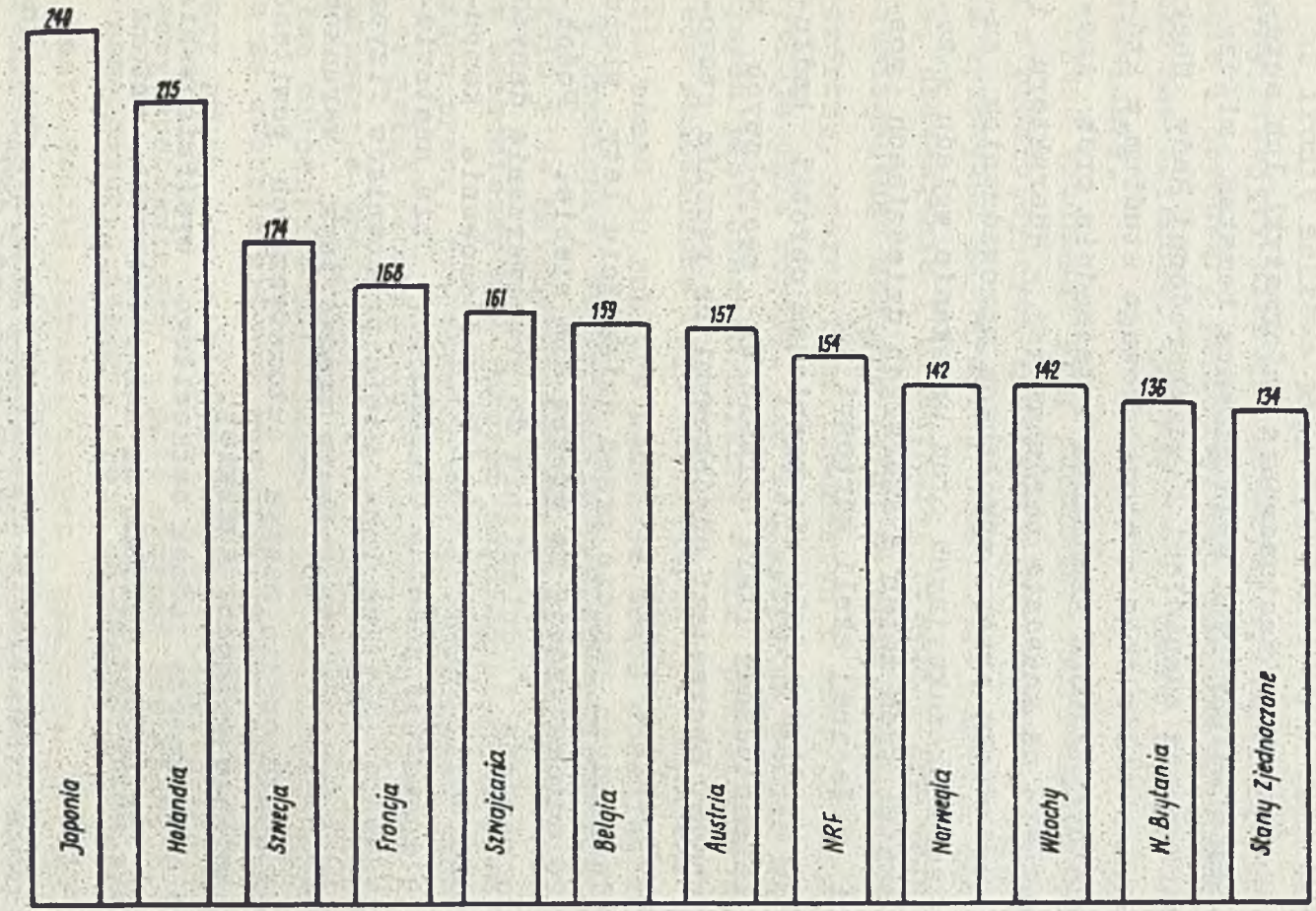
Jednym z takich środków jest użycie metod WWK. Możliwość ich zastosowania w celu podniesienia poziomu produkcji,to tylko jeden ich aspekt. Mogą one też przyczynić się do poprawy jakości wyrobów, do skrócenia czasów uruchamiania produkcji i do większego urozmaicenia wyrobów. Te ostatnie względy są szczególnie ważne, ponieważ naciski zewnętrzne na przedsiębiorstwa ulegają zmianom. Dyrektor Generalny Fiata, Umberto Agnelli, ustawił rzecz we właściwej perspektywie, mówiąc:

"Nie wyjawię niczego sensacyjnego, gdy powiem, że najpoważniejszym problemem, wobec którego stoją nasze przedsiębiorstwa, jest problem przetrwania. W ostrym przeciwieństwie do tego co

---

1/ Harvey Brooks: "What is happening to the U.S. lead in technology" Harvard Business Review, maj-czerwiec 1972.

2/ "Lower productivity threatens growth", Business Week,1.I.1972.



RYS. 1 WZGLĘDNY POZIOM PRODUKTYWNOŚCI KILKU GŁÓWNYCH KRAJÓW UPRZEMYSŁOWIONYCH *

* Vision, marzec 1973

było dawniej, nie wystarczy już mieć pewność określonego stopnia rozwoju w sensie produkcji i ekonomiki, aby móc ocenić przyszłość przedsiębiorstwa. To, co dziś osiągamy, nie daje nam już żadnej automatycznej pewności na przyszłość, bo nie wiemy, czy miernik, jakim dziś mierzymy sprawność, będzie przydatny jutro. Wiemy tylko jedno - a mianowicie, że jest to mało prawdopodobne!"[3/]

Doniosłość bezpośredniego zastosowania informatyki lub automatyzacji do procesów wytwórczych była głównym tematem międzynarodowego seminarium pod auspicjami Międzynarodowej Rady Nauk Społecznych. Jednym z celów tego wielonarodowego studium, w którym reprezentowane były Europa Wschodnia i Zachodnia oraz Ameryka, było "zbadanie - na zasadzie porównawczej - charakteru i zasięgu zmian w środowisku pracy, wywołanych wprowadzeniem automatycznych procesów produkcyjnych oraz uzyskanie wglądu w towarzyszące temu skutki tych zmian w szerszych dziedzinach postaw społecznych i społecznej skali wartości".[4/]

W szczególności studium zajmie się problemem obróbki kadłubów silników na automatycznej linii obrabiarek zespołowych w porównaniu z podobnymi operacjami obróbkowymi na ręcznie sterowanych obrabiarkach uniwersalnych.

W Stanach Zjednoczonych jeszcze przed dziesięciu laty wielu robotników uważało automatyzację za groźbę dla siebie. Podobnie, jak to miało miejsce w odniesieniu do przetwarzania danych w handlu i administracji, obawiano się, że zastosowanie komputerów w przemyśle spowoduje znaczne bezrobocie. Dziś nastawienie wobec automatyzacji jest już inne. Wielu pracowników fizycznych i młodych ludzi buntuje się przeciw tradycyjnym warunkom fabrycznym. Toteż zastosowanie maszyn automatycznych powitano ostatnio jako zbawienie godności ludzkiej.

Automatyzacja nie oznacza jednak całkowitego wyeliminowania wysiłku ludzkiego. Natomiast liczono na zainstalowanie automa-

---

3/ Z wprowadzającego przemówienia dra Agnelli na Sympozjum Informatycznym 72, odbytym w Turynie 16-17 listopada 1972.

4/ Dokument Roboczy Międzynarodowej Rady Służby Socjalnej, nr 24/AUTOM, czerwiec 1972.

tycznych maszyn produkcyjnych i towarzyszącego im sprzętu w tych dziedzinach i do tych czynności, które były tradycyjnie pracochłonne /np. montaż wyrobów, transport materiałów/ - a zatem w dziedzinach, w których powstaje znaczna część kosztów wyrobu. Drugim motywem zastosowania techniki WWK było dążenie do poprawy warunków pracy robotników przemysłowych.

Na ironię zakrawa przy tym fakt, że w toku automatyzacji maszyny przejęły niektóre bardziej wykwalifikowane prace /np.spawanie i obróbkę/, pozostawiając ludziom niektóre niżej wykwalifikowane czynności towarzyszące, takie jak np. nastawianie i ustawianie.

Część trudności przy automatyzowaniu niektórych czynności leży w prohibicyjnych kosztach opracowania maszyn będących w stanie wykonywać najbardziej podstawowe zadania tzn. rozpoznawanie, nastawianie i ustawianie. Trzeba w tym celu albo zbudować "inteligentną" maszynę, albo na nowo przemyśleć cały proces wytwórczy. Szereg firm japońskich i amerykańskich produkuje i użytkuje dziś roboty. Ale ich wpływ na całość warunków produkcyjnych jest obecnie znikomy - mimo przykładów takich jak zakłady samochodowe Vega w Lordstown w Stanach Zjednoczonych, gdzie ponad 30 robotów wykonuje prace spawalnicze.

Zrozumienie, że ludzkiego wysiłku nie da się całkowicie zastąpić i że automatyzacja nie jest zapewne - częściowo ze względów ekonomicznych - jedynym rozwiązaniem na rzecz poprawy warunków pracy, przyczyniło się do poszukiwań innych rozwiązań. Na przykład reorganizacja procesu montażu wyrobów - przez wyeliminowanie tradycyjnej taśmy montażowej i zastąpienie jej zespołem robotników montującym niektóre części wyrobu, w połączeniu ze swobodniejszymi warunkami pracy /np. określanie rytmu pracy przez samych robotników, możliwość wymiany obowiązków między pracownikami/ - może wywrzeć korzystny wpływ nie tylko na samopoczucie załogi, ale i na poziom produkcji.

Zastosowanie automatycznych systemów w małych i dużych przedsiębiorstwach produkcyjnych stało się dziś koniecznością. Wydajność pracy musi wzrosnąć ze względu na szybko rosnące koszty siły roboczej, choćby tylko po to, by utrzymać status quo. Automatyzacja nie tylko stanowi jeden ze środków mogących zapewnić odpowiedni poziom wydajności pracy, ale stanowi także konkretny potencjalny wkład na rzecz wyższej "jakości życia".

II. TECHNIKA WWK

Znaczenie "automatyzacji fabryki"

"Automatyzacja fabryki" jest ogólnym terminem używanym na oznaczenie kilku różnych metod, takich jak WWK /wytwarzanie wspomagane komputerem/, "automatyczna fabryka", zautomatyzowana produkcja, PWK /projektowanie wspomagane komputerem/ itd. Ponieważ nie ma znormalizowanych określeń, podajemy niżej objaśnienia, jak należy w kontekście niniejszego opracowania rozumieć niektóre z tych terminów. Dołączono też słownik terminów.

"Automatyzacja fabryki" oznacza próbę zautomatyzowania w najwyższym możliwym stopniu wszelkich aspektów normalnych operacji fabrycznych i towarzyszących im czynności. Obejmuje to planowanie produkcji, elementy harmonogramowania i kontroli, projektowanie wyrobów i oprzyrządowania maszyn, gospodarkę zapasami i materiałami, transport surowców, półproduktów i gotowych części, właściwe procesy produkcyjne, badania i kontrolę jakości oraz dystrybucję gotowego produktu. Oznacza to zatem wszechstronne i zintegrowane wykorzystanie siły roboczej, materiałów, systemów, parku maszynowego i komputerów w taki sposób, aby proces był automatyczny i sam sobą sterował w drodze sprzężenia zwrotnego.

Mówiąc teoretycznie, nie ma w pełni zautomatyzowanych fabryk, a wspomniane wyżej zakłady Chevrolet w Lordstown w Stanach Zjednoczonych są przykładem wysoce zautomatyzowanej fabryki.

Komputery w procesie wytwórczym

Rolę techniki obliczeniowej w środowisku fabrycznym, czyli wytwórczym może najlepiej będzie omówić rozważając trzy istniejące typy procesów produkcyjnych.

W typowych gałęziach przemysłu o procesie ciągłym, np. w przemyśle chemicznym, naftowym, elektroenergetycznym i elektrowniach jądrowych - komputery stosowane są do sterowania róż-

nymi urządzeniami /np. zaworami/, regulując skład mieszanin, prędkość przepływu, temperaturę, ciśnienie itd., aby zapewnić ciągłość procesu produkcyjnego. Takie typy komputerów są zwykle nazywane komputerami przemysłowymi lub komputerami do sterowania procesami produkcyjnymi. Komputery do sterowania procesami mogą być albo analogowe, albo cyfrowe[4/].

Wytwarzanie wspomagane komputerem

Zarówno w przemysłach o produkcji seryjnej /lub wyrobów jednostkowych/ jak i w przemysłach o produkcji masowej komputer może być zastosowany do regulowania niektórych czynności produkcyjnych i do sterowania nimi. Te czynności obejmują zarówno podstawowe operacje obróbki /np. toczenie, cięcie, frezowanie, szlifowanie, wiercenie, tłoczenie, kształtowanie itd./ jak i inne działania ściśle związane z tymi operacjami obróbkowymi, takie jak np. skomputeryzowane układy transportowe /np. przenośniki, dźwignice/, kontrolę jakości /np. systemy elektryczne, radiograficzne, ultradźwiękowe, termograficzne/ oraz sprawdzanie /tzn. ważenie i mierzenie/.

Zastosowanie którejkolwiek z tych metod skomputeryzowanego kierowania lub sterowania nosi nazwę WWK /wytwarzanie wspomagane komputerem/.

Sterowanie numeryczne

W przemysłach o produkcji seryjnej i w pewnej mierze także w przemysłach o produkcji masowej, maszyny wykonujące powyższe czynności /głównie czynności obróbki/, sterowane w taki czy inny sposób przez komputer, są zwykle nazywane "maszynami sterowanymi numerycznie" /SN/. W maszynach SN ich czynności opera-

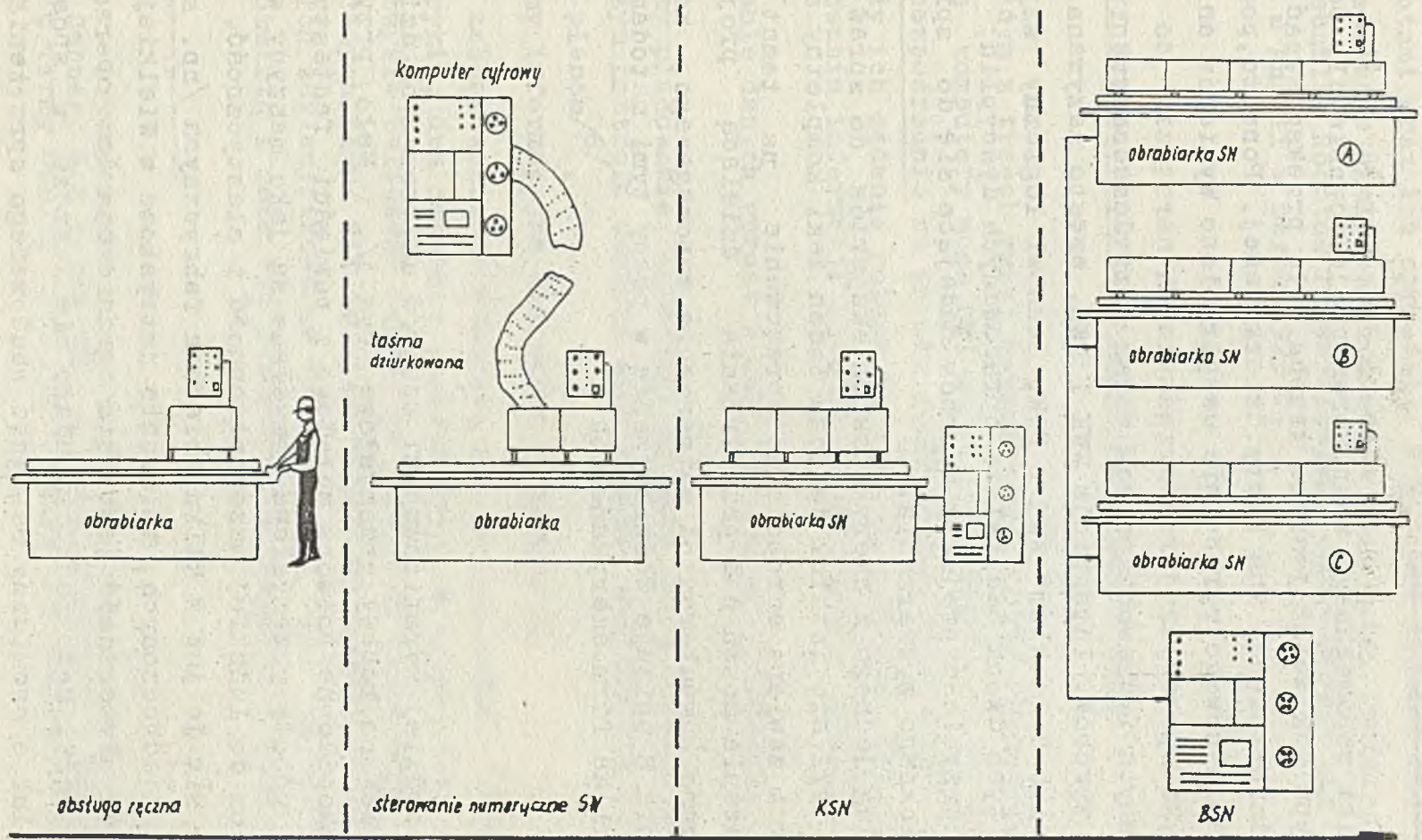
---

4/ Dla dokładniejszego zapoznania się z zastosowaniem komputerów w tego typu środowisku - zob. opracowanie EPD Diebolda nr E 69 "A Guide to the Planning and Implementation of Process Control Systems".

cyjne są zaprogramowane technicznie. Programy operacji wprowadza się za pomocą taśm dziurkowanych, wygenerowanych w sposób off-line przez zwykle zdalnie umieszczone komputery cyfrowe.Gdy elementy taśmy dziurkowanej są zastępowane lub omijane przez bezpośrednie sterowanie ze strony komputera cyfrowego /zwanego zwykle BRT - "behind the tape reader" - "poza czytnikiem taśmy"/, metoda taka otrzymuje nazwę "komputerowego sterowania numerycznego" - KSN /computer numerical control - CNC/. Gdy zaś jeden komputer cyfrowy steruje kilkoma maszynami typu SN - co wymaga zastosowania metod podziału czasu - otrzymujemy w rezultacie "bezpośrednie sterowanie numeryczne" - BSN /direct numerical control - DNC/. Według oceny z roku 1972, w Stanach Zjednoczonych czynnych było wówczas mniej niż pięćdziesiąt systemów BSN. Ewolucję od prostych, odrębnych, ręcznie obsługiwanych obrabiarek do obrabiarek SN z podziałem czasu /BSN/ przedstawiono na rysunku 2. Główne udoskonalenie obrabiarek SN w stosunku do ręcznie obsługiwanych obrabiarek skrawających polega na zwiększeniu elastyczności operacji - co pozwala przedsiębiorstwu szybciej reagować na zmiany - oraz skróceniu czasów uruchamiania produkcji wyrobów.

Projektowanie wspomagane komputerem

Inną wspomaganą komputerem metodą, która stanowi ważny element "automatyzacji fabryki" jest PWK /projektowanie wspomagane komputerem - computer assisted design - CAD/. Rozwijając się i dojrzewając niezależnie od WWK, użytkowanie komputerów do projektowania i specyfikowania wyrobów i ich wymiarów za pośrednictwem bezpośrednio włączonego w system /on-line/ urządzenia końcowego /np. graficznego urządzenia końcowego/, stało się integralnym składnikiem wielu przedsiębiorstw wytwórczych. Doprowadziło ono do skrócenia czasów projektowania /normalne są skrócenia 10-krotne/, zmniejszenia kosztów projektowania oraz podniesienia ilości i jakości wyników.



RYS. 2 EWOLUCJA STEROWANIA NUMERYCZNEGO (SN)

Projektowanie wspomagane komputerem połączone z wytwarzaniem wspomaganym komputerem

Wyniki wspomaganego komputerem projektowania dla potrzeb maszyn typu WWK wciąż jeszcze trzeba było przekształcać na format taśmy dziurkowanej lub karty dziurkowanej. Ponadto,podczas projektowania nowego wyrobu nie uwzględniono wymiarów ani charakterystyki operacyjnej rozporządzalnych narzędzi, co wymagało kosztownych i czasochłonnych zmian przy dostosowywaniu ich do nowych wyrobów. Integracja WWK i PWK, często nazywana "małżeństwem" lub "ożenkiem" WWK i PWK, stanowi logiczny wspólny rezultat tych dwóch oddzielnie opracowanych dyscyplin, mogący w wyniku przynieść projekty wyrobów nadające się do sprawnego i ekonomicznego wytwarzania.

Według jednego z amerykańskich ekspertów do spraw WWK i PWK, w roku 1972 nie istniał jeszcze żaden taki kompletny system.Załącznik A zawiera europejskie opracowanie na temat sposobu przerzucenia mostu nad przestrzenią dzielącą projektowanie wspomagane komputerem od wytwarzania wspomaganego komputerem. Załącznik B opisuje doświadczenia w pracy tymi metodami zebrane przez kilka firm amerykańskich.

Roboty

Najbardziej wyrafinowanymi spośród użytkowanych dziś instrumentów WWK są roboty przemysłowe /rys.3/. Mało przypominając człowiekopodobne potwory metalowe z powieści fantastyczno-naukowych, roboty przemysłowe pomyślane są jako maszyny wyposażone w podobną do ludzkiej wszechstronność i elastyczność. Choć użytkuje się je już w kilku działach fabrycznych /np. spawanie w Stanach Zjednoczonych, malowanie natryskowe w Wielkiej Brytanii/, ich użyteczność jest dziś ograniczona do operacji typu "włóż i weź". Natomiast nie udało się jeszcze w sposób praktyczny lub ekonomiczny osiągnąć wbudowanego sprzężenia zwrotnego, które pozwoliłoby robotom na wykonywanie niektórych podstawowych operacji "przyrodzonych" człowiekowi /np. rozpoznawanie, orientacja, ustawianie w linii/. Mimo to ponad 30 przedsię-

biorstw w samej tylko Japonii zajmuje się pracami rozwojowymi nad robotami oraz ich sprzedażą. W Europie również nie słabnie zainteresowanie nimi, czego dowodem jest m.in. Konferencja na temat Techniki Robotów Przemysłowych, która odbyła się w Nottingham w Anglii w marcu 1973 r.

Komputery w pomocniczych czynnościach wytwórczych

W każdym z trzech wyżej wspomnianych typów przemysłów wytwórczych komputery mogą być użytkowane także w roli, która nie wpływa bezpośrednio na proces produkcyjny. Chodzi tu o przypadki, kiedy ich zadanie polega na zbieraniu danych, przetwarzaniu i generowaniu informacji itd. Są to operacje i systemy, takie jak np.:

. zbieranie danych wprost w hali fabrycznej /śledzenie operacji/[5],

. systemy planowania, harmonogramowania i kontroli produkcji /przy czym kontrola oznacza nadzorowanie wyników i ich porównywanie z planem/[6],

. systemy informacyjne dla celów wytwórczych.

Choć zastosowania te stanowią integralną część "automatyzacji fabryki", dwa ostatnie spośród wyżej wymienionych przykładów są zwykle zaliczane raczej do dziedziny handlowego przetwarzania danych /APD/ niż do wytwarzania wspomaganego komputerem /WWK/. Ich zaklasyfikowanie do jednej z tych kategorii jest sprawą otwartą i może być pozostawione do dalszej dyskusji.

5/ Zob. - Dokument EPB Diebolda EC 27, Protokóły z XXVII spotkania w Cannes, 6-8 marca 1973 r., posiedzenie D z referatem R. Walkera z firmy Dunlop "Zbieranie danych na miejscu w hali fabrycznej".

6/ Opracowanie EPB Diebolda E 75 pt. "Manufacturing II: Production Scheduling" omawia szczegółowo tę dziedzinę.

Integracja skomputeryzowanych czynności pomocniczych z systemami WWK

Jedną z najważniejszych nauk przyswojonych sobie na trudnej drodze doświadczenia, jest świadomość, że system informatyczny w środowisku wytwórczym musi podlegać kierownictwu działu produkcyjnego. Kierownictwo produkcji jest - jeśli idzie o użytkowanie komputera - nastawione przede wszystkim na wykorzystanie komputera do utrzymywania równowagi między ilością, jakością i kosztem produkcji. Natomiast kierownictwo APD, nie potrafiąc w pełni określić, co konkretnie stanowi produktywne wykorzystanie komputera odpowiadające celom kierownictwa produkcji,może skłaniać się raczej ku maksymalizacji wykorzystania mocy obliczeniowych.

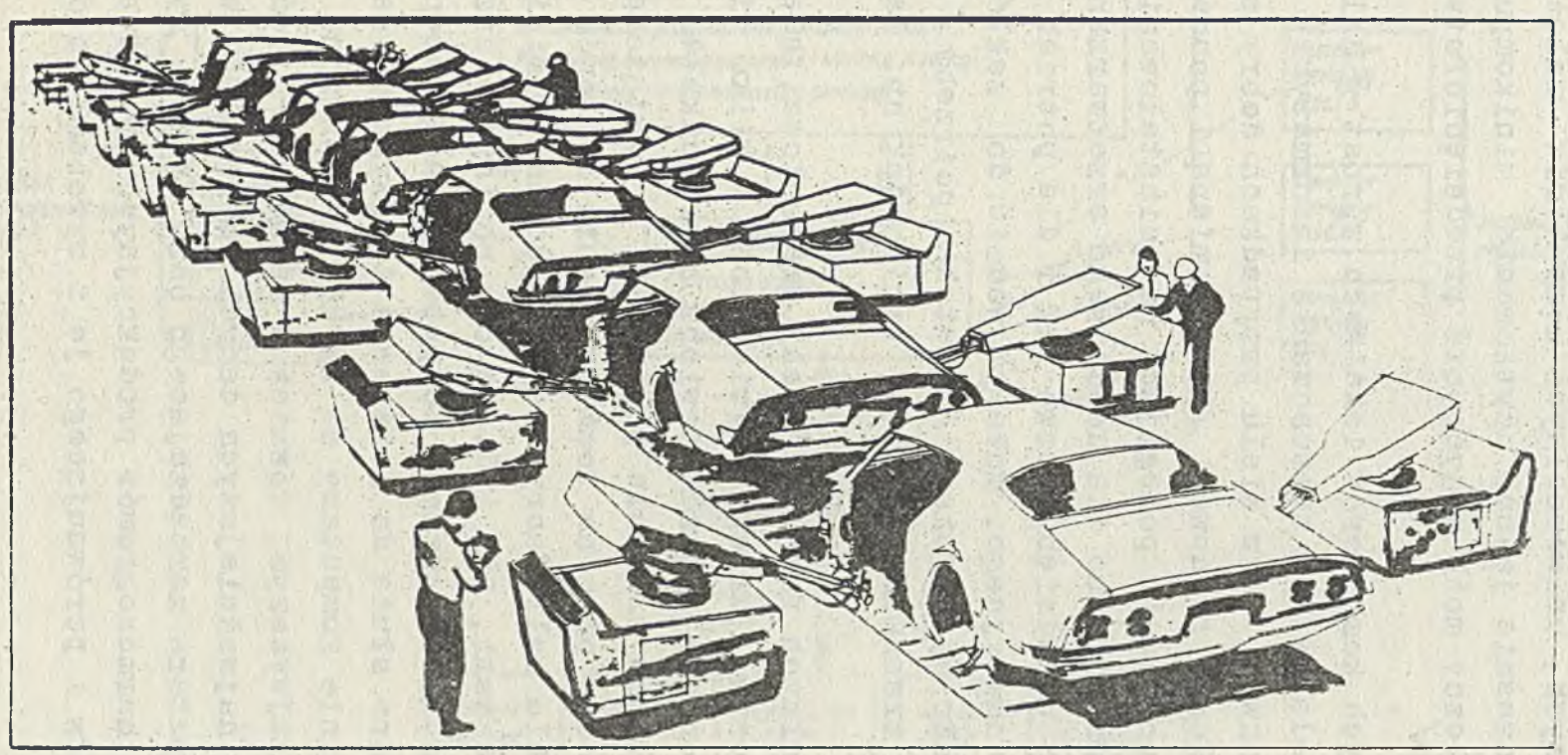
A jednak toczy się wiele sporów na temat integracji mocy obliczeniowych z tych dwóch dziedzin. Pierwsze pytanie, które trzeba sobie w związku z tym zadać, to: czy integracja może doprowadzić do udoskonalenia procesu wytwórczego i jakim kosztem? Integracja staje się bowiem możliwa tylko wtedy, gdy obie dziedziny wzajemnie się dopełniają i są jasno określone w kontekście priorytetów i celów przedsiębiorstwa, a te w warunkach przedsiębiorstwa wytwórczego zwykle oznaczają maksymalizację zysku poprzez określony poziom produkcji[7/].

Rola minikomputerów w wytwarzaniu

Pojawienie się minikomputerów przybliżyło możliwość integracji, ponieważ odpada problem podziału czasu komputera między handlowym APD a działami produkcyjnymi. Cena zakupu minikomputerów obniżyła się w ciągu ostatnich pięciu lat dziesięciokrotnie. Umożliwiło to przedsiębiorstwom wytwórczym instalowanie

---

7/ Omówienie jednego z pierwszych opracowanych systemów o tym charakterze znajduje się w dokumencie EPB Diebolda nr EC 27, Protokóły z XXVII spotkania w Cannes, 6-8 marca 1973 r., posiedzenie E z referatem prof.B.Hartmanna z Politechniki Berlińskiej pt. "System cybernetyczny w japońskim przemyśle hutniczym"



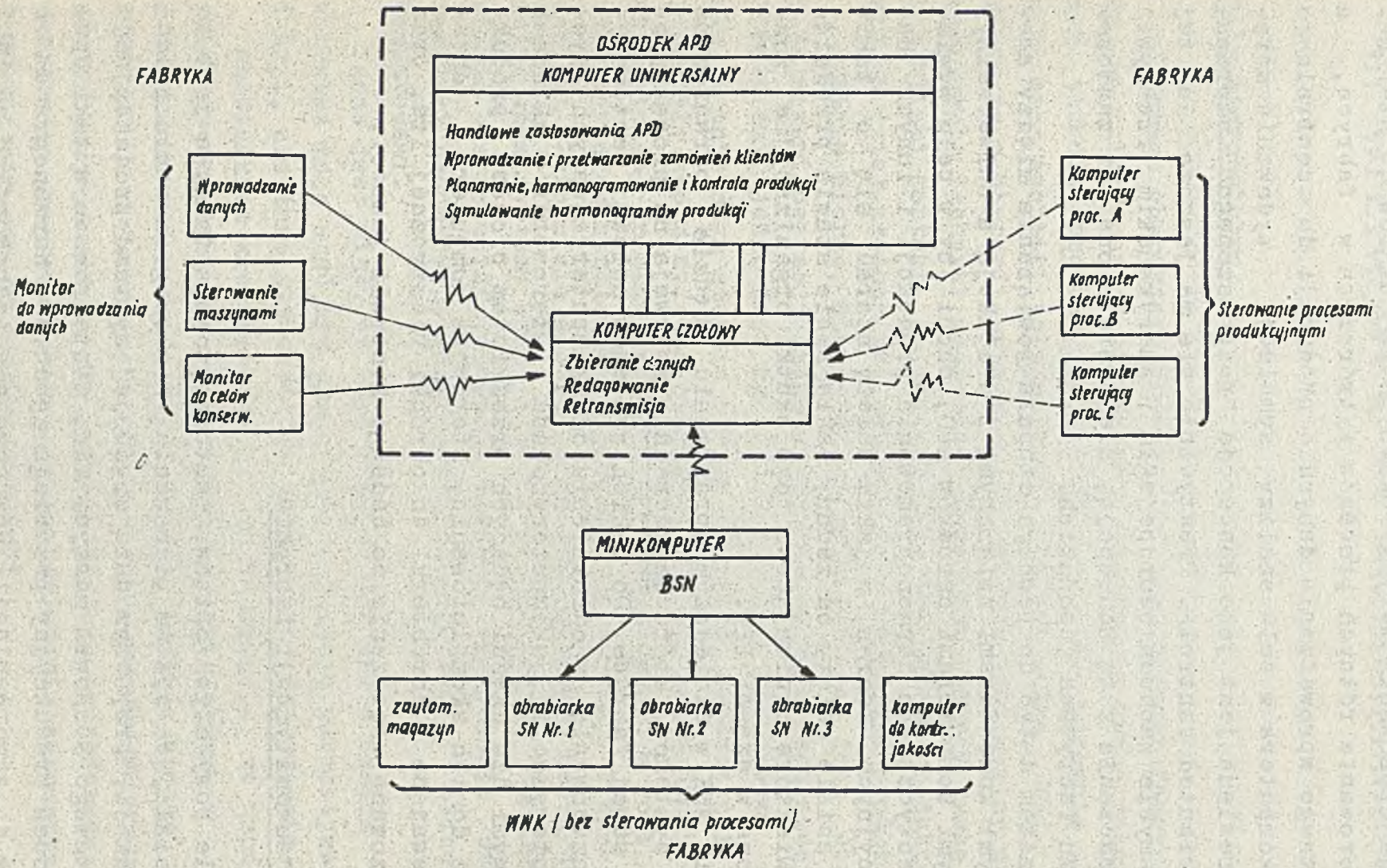
RYS.3 ROBOTY PRZEMYSŁOWE SPAWAJĄCE KAROSERIE SAMOCHODOWE

nowych specjalizowanych minikomputerów wprost w urządzeniach produkcyjnych, przez co uwalniają się one od ograniczeń organizacyjnych, ekonomicznych i operacyjnych zwykle związanych z użytkowaniem większych, uniwersalnych komputerów należących do działu APD. Równocześnie jednak użytkowanie minikomputerów i zwiększanie ich liczby może przyczynić przedsiębiorstwu innego rodzaju trudności[8/].

Stosowanie małych komputerów lokalnych wprost w halach fabrycznych oznacza elastyczne zastosowanie informatyki. Ponadto taki ewolucyjny rozwój, to w wielu przypadkach dobry sposób ustanowienia prawidłowej równowagi między zmianą i ponowną zmianą. Alternatywne podejście polegające na zainstalowaniu jednego wielkiego komputera zarówno dla handlowego przetwarzania danych dla potrzeb całego przedsiębiorstwa jak i dla potrzeb informacyjnych działu produkcyjnego, może prowadzić do zakłóceń produkcji, a także może być droższe /wskutek potrzeby liczniejszych urządzeń do transmisji danych, takich jak np. łącza, modemy itd./.

Jednym z wykonalnych rozwiązań jest szczeblowa, hierarchiczna sieć informatyczna, już urzeczywistniona w kilku japońskich fabrykach. Taką koncepcję przedstawiono na rysunku 4. Warto zwrócić uwagę na różne szczeble produkcji i związane z nimi funkcje informatyczne oraz na rozmieszczenie systemów obliczeniowych. Na szczeblu hali fabrycznej znajdujemy minikomputery do sterowania procesami, BSN itd. Są one powiązane urządzeniami do transmisji danych z większymi komputerami na następnym, wyższym szczeblu, które służą do zbierania i przygotowywania informacji. Te ostatnie komputery są zwykle umieszczone w ośrodku APD. Na szczeblu najwyższym, również w ośrodku APD, odbywa się dalsza transmisja najważniejszych danych do jeszcze większego, uniwersalnego komputera zarządzającego bazą danych, symulującego różne warianty harmonogramów produkcyjnych, przetwarzającego zamówienia klientów i porównującego je z wyrobami będącymi w toku produkcji.

8/ Jest to tematem następnego opracowania Europejskiego Programu Badawczego Diebolda nr E 105 P pt."Minicomputers II".



RYS. 4 KONCEPCJA SIECI INFORMATYCZNEJ DO CELÓW WYTWÓRCZYCH

Koncepcja stosowania małych lokalnych komputerów do sterowania i nadzorowania różnych procesów wytwórczych w fabryce, a potem zwrotnego wprowadzania danych o produkcji do centralnego wielkiego komputera w celu analizy, symulacji wydawania sprawozdań, określana jest jako koncepcja "rozproszonego sterowania" /distributed control/. Praktycznie nie ma jeszcze do tej pory w przemyśle zachodnioeuropejskim i amerykańskim rzeczywistego doświadczenia z tą koncepcją, ale została ona już zastosowana w kilku fabrykach japońskich.

Należy zatem dążyć do pewnego stopnia powiązania między specjalizowanymi komputerami związanymi z produkcją a uniwersalnymi handlowymi komputerami ośrodków APD, choci by w celu wymiany danych dotyczących harmonogramowania produkcji i innych danych operacyjnych. Zakres, w jakim należy starać się o takie powiązanie ściśle zależy od zadań, jakie sobie stawia przedsiębiorstwo. Niektóre wynikające z tego skutki organizacyjne zostaną omówione w części III.

Omówienie WWK w niniejszym opracowaniu będzie ograniczone głównie do systemów, które bezpośrednio wpływają na proces produkcyjny w samej fabryce. Do takich systemów należą: zautomatyzowane magazynowanie /w odróżnieniu od skomputeryzowanych systemów inwentaryzacji/, skomputeryzowane sterowanie układami transportowymi dla części będących przedmiotem procesu produkcyjnego, aż do ich skompletowania, sterowane komputere. obrabiarki skrawające i obrabiarki do obróbki plastycznej itd. oraz skomputeryzowane urządzenia do badań i kontroli jakości.

Definicja "automatyzacji fabryki"

W świetle powyższych opisów, zautomatyzowana fabryka jest to fabryka posiadająca system planowania, harmonogramowania i kontroli produkcji, przy czym dużą część jej systemu produkcyjnego i transportowego stanowią maszyny WWK, zintegrowane w taki sposób, że proces produkcyjny przebiega zgodnie z harmonogramem i jest zdolny do samoregulacji. Równocześnie jednak różne odcinki tego procesu mogą opierać się na pracy ręcznej.

III. WPŁYW WWK NA PRZEDSIĘBIORSTWO

Rola kierownictwa

Z samego charakteru koncepcji "automatyzacji fabryki" wynika, że zależy ona od skutecznego zespolenia dwóch różnych technik: techniki produkcyjnej, która stała się ogromnie skomplikowana oraz techniki informatycznej. W przypadku WWK, po raz pierwszy w historii wytwórczości, proces produkcyjny zależy od opanowania techniki zasadniczo obcej tym, którzy muszą mieć z nią bliski kontakt. Po raz pierwszy też proces produkcyjny stał się bardziej złożony niż wytwarzane w jego toku produkty.

Ogólnie biorąc, kierownictwo produkcji nie jest obznajmione z tajnikami operacji informatycznych, a w szczególności z możliwościami, jakie daje komputer przy jego właściwym użytkowaniu. W mniejszym stopniu odnosi się to do organizacji, które pozwoliły swoim działom produkcyjnym na rozwinięcie własnej działalności informatycznej zamiast występować w roli "klientów" ośrodków handlowego przetwarzania danych. I rzeczywiście, wspólną cechą wielu spośród firm posiadających najbardziej zaawansowane systemy WWK, jest to, że uprzednio rozwinęły one własne operacje informatyczne w ramach organizacji produkcji. Personel produkcyjny jest zatem znacznie lepiej obznajmiony z komputerami.

Jasne jest więc, że oddzielny rozwój APD w ramach przedsiębiorstwa może stać się przeszkodą w rozwoju automatyzacji produkcji, ale taka sytuacja nie jest nie do naprawienia.

Obowiązkiem kierownictwa APD jest podjęcie, we współpracy z przedstawicielami działu wytwórczego, inicjatywy w kierunku rozwiązania nieuniknionych trudności. Ogólnie biorąc, APD podnosi maksymalnie swoją przydatność dla przedsiębiorstwa wtedy, gdy przyczynia się do maksymalizacji jego dochodowości, a ten wkład może przybrać formę zarówno wspierania automatyzacji, jak i spełniania swojej tradycyjnej roli.

W każdej ustabilizowanej organizacji istnieją poważne nacisk i siły utrudniające wprowadzenie nowej techniki. Opozycja

wobec zmian może zachodzić na każdym szczeblu kierownictwa przedsiębiorstwa i jego struktury personalnej. Opozycję tę można osłabić tylko w przypadku, gdy kierownictwu uda się w sposób przekonywający wykazać, że wprowadzanie nowych technik - czy to będą nowe metody, nowe procedury, czy też nowy sprzęt - stanowi normalny aspekt podtrzymywania konkurencyjności przedsiębiorstwa i tym samym warunek jego dalszego istnienia.

Jeśli chce się uzyskać korzyści z zastosowania WWK, trzeba to dwoiste nastawienie kierownictwa produkcyjnego wobec nowej techniki przekształcić w pełne poparcie. Wahania kierownictwa produkcyjnego wynikają w dużej mierze z braku zrozumienia tej nowej i złożonej techniki. A po drugie, wynikają one ze smutnych dotychczasowych doświadczeń w zakresie pomocy dla systemów ze strony ich dostawców, w połączeniu z brakiem własnego, wyszkolonego personelu. Ponadto szybszy rozwój WWK hamowała dotąd rywalizacja organizacyjna z działem APD o to, kto ma opracowywać systemy dla dziedziny wytwórczej i sprawować kontrolę nad nimi.

W 1972 r. na konferencji Stowarzyszenia Inżynierów Produkcyjnych /SME/ w Stanach Zjednoczonych sformułowano sześć przykazań dla kierownictw stojących w obliczu wprowadzenia nowych metod, takich jak BSN lub PWK/WWK[9/].

Zalecenia te kładą akcent na fakt, że kierowanie nową techniką różni się od kierowania starą, ustaloną techniką:

1. Wiedz ku czemu zmierzasz

Przy kierowaniu ustalonymi operacjami najważniejszą rzeczą jest wiedzieć, co się robi, ale gdy się kieruje przemianami, ważne jest dokąd się zmierza. Należy mieć kompletny obraz docelowych warunków. Jest to zadanie dla wyobraźni, a pomocne przy tym może być zdokumentowanie proponowanych procedur, połączeń komunikacyjnych i struktury organizacyjnej.

9/ Kenneth E.Ruff: "Managing the CAD/CAM Revolution", publikacja SME nr 72-910.

2. Rozeznaj opory

Należy oczekiwać opozycji zarówno jawnej jak i utajonej. Stwierdź, gdzie ona jest i zajmij się nią. W miarę możności przemień oponentów zmiany w jej zwolenników. Jeśli taka przemiana nie jest możliwa, odsuń opornych od wpływu na nową strukturę pracy.

3. Stwórz prawa nabyte związane ze zmianą

Dla przeciwwagi oporom stwórz już na wczesnym etapie grupę, która widzi swój interes w pomyślnym dokonaniu przemian. Tę nową grupę popieraj odpowiednimi środkami. W takim przypadku kierownictwo nie jest bezstronnym arbitrem w walce. Jego przekonanie powinno go uczynić stronniczym na rzecz przewrotu. Inaczej nie warto tego przewrotu podejmować.

4. Opracuj plan stopniowego rozszerzania systemu

Przemiany muszą postępować etapami. Zaplanuj na samym początku wszystkie etapy. Zważ możliwe warianty pod kątem widzenia czasu potrzebnego na uzyskanie efektów, wielkości zysku i prawdopodobieństwa sukcesu.

5. Stale nadzoruj postępy

Stwórz zestaw mierników sprawności, odpowiedni dla każdego stadium okresu przejściowego. Dobre mierniki pozwolą śledzić postępy równie dobrze, jak rejestruje się wyniki pracy w organizacji statycznej.

6. Dynamicznie przydzielaj kompetencje

Za każde zadanie każdej fazy okresu przejściowego ktoś musi być odpowiedzialny. Kompetencje będą się przesuwać, w miarę jak stała organizacja ewoluuje i rosną zadania. W warunkach dynamicznych zbyt późne zrozumienie przez kierownictwo potrzeby wyznaczenia nowego zakresu odpowiedzialności może mieć zabójcze skutki. Przy działalności statycznej szef może być nieobecny miesiącami bez szkody dla operacji, natomiast w okresie przejściowym strata kilku dni może sparaliżować działalność.

Kształcenie kadr

Inny aspekt "automatyzacji fabryki", na który zwraca się ostatnio wiele uwagi, to kształcenie kadr. Istnieje potrzeba udoskonalenia szkolenia, zarówno kadr kierowniczych, jak i w środowisku uniwersyteckim.

Dalsze kształcenie kierownictwa produkcyjnego w arkanach nowej techniki jest ogromnym zadaniem, przede wszystkim ze względu na dużą liczbę kadr kierowniczych, które należy na nowo przeszkolić. Na przykład w Stanach Zjednoczonych ocenia się, że co roku przybywa około 33.000 nowych kierowników produkcyjnych. Ponieważ ich przygotowanie jest różnorodne /kierownicy przychodzą ze szkół wyższych, z produkcji lub z zupełnie obcych środowisk/, kształcenie staje się tym trudniejsze i kosztowniejsze. Mimo to, bezwzględnym nakazem jest, by kadra kierownicza nabyła lepsze zrozumienie wartości WWK dla przedsiębiorstwa i jego wpływu na operacje.

Poważną rolę do odegrania mają tu również i szkoły wyższe, ponieważ zachodzi potrzeba udoskonalenia programów nauczania na szczeblu akademickim. Programy szkół wyższych /tak amerykańskich jak europejskich/ tradycyjnie nie obejmowały dotąd "produkcji" jako samodzielnego przedmiotu. Bardzo istotna jest potrzeba, by szkoły inżynieryjne i techniczne oraz stowarzyszenia techniczne sformuł wały konkretne zadania dla "inżynierów produkcyjnych", którzy będą działać w warunkach PWK/WWK. Programy kształcenia technicznego są wciąż jeszcze podzielone na studia mechaniczne, specjalizację dla poszczególnych przemysłów, studia elektroniczne lub inne szczegółowe dyscypliny. Oczywista jest potrzeba specjalności "inżyniera produkcyjnego" /manufacturing engineer/. Jego studia powinny obejmować planowanie i harmonogramowanie produkcji, organizację, projektowanie maszyn i towarzyszącego im wyposażenia, metody WWK, projektowanie systemów oraz niezbędne kursy administracji handlowej, które pozwolą mu wykonywać analizy finansowe związane z jego działalnością.

Wpływ na siłę roboczą

O niektórych ważniejszych skutkach automatyzacji w odniesieniu do siły roboczej wspomnieliśmy we wprowadzeniu. Zarówno w niedawnym opracowaniu wykonanym przez naukowców ze szkół wyższych, jak i na konferencji Stowarzyszenia Inżynierów Produkcyjnych, która odbyła się w 1972 r., stwierdzono, że przepowiednie niepożądanego wpływu WWK na siłę roboczą były przesadzone. Typ przewidywanej reakcji robotników, takiej jak np. niepokoje, niezadowolenie i strajki, wynika zwykle ze sprzeciwu wobec istniejących warunków płacy i nieoptymalnych warunków pracy. Natomiast niepożądanego wpływu na robotników, jako wyniku wprowadzenia automatyzacji /obawy przed bezrobociem i przed zepchnięciem robotników do bardziej podrzędnych zajęć, itd./ można uniknąć przez należyte zaplanowanie przemian, przy czym plan powinien objąć odpowiednie doszkolenie lub przekwalifikowanie pracowników bezpośrednio i pośrednio objętych zmianą.

Nowe kategorie zajęć

Wprowadzenie operacji WWK z konieczności pociąga za sobą powstanie nowych kategorii zajęć. Zwykle pojawiają się w środowisku wytwórczym trzy podstawowe nowe funkcje. Pierwsza kategoria związana jest z informatycznym aspektem maszyn WWK.Potrzebni są programiści i konserwatorzy dla zapewnienia należytego funkcjonowania komputera cyfrowego sterującego sprzętem SN. Ta kategoria zajęć bardzo przypomina podobne funkcje w handlowym ośrodku obliczeniowym.

Druga kategoria związana jest z działaniem samego sprzętu SN. Funkcje operatora SN polegają przede wszystkim na "zasilaniu" lub nastawianiu maszyny, nadzorowaniu jej działania oraz na "rozbieraniu" maszyny i przygotowaniu jej do następnego zadania. /Oto tylko jeden przykład przypadku, gdy bardziej wykwalifikowaną funkcję przejmuje maszyna!/. Funkcje wykonywane przez człowieka wymagają tu mniejszych kwalifikacji specjalistycznych i jako takie stawiają mniejsze wymagania jakościowe wobec siły roboczej, niż to ma miejsce przy ręcznie sterowanych obrabiar-

kach. Mimo to jednak zaleca się dobór wysoko kwalifikowanych operatorów. Maszyny SN pozostaną, przynajmniej w możliwej do przewidzenia przyszłości, trwałym elementem procesu wytwórczego, a ich operator, zamiast być nadal operatorem jednej maszyny, stanie się wówczas operatorem całego systemu ze sterowaniem numerycznym.

Trzecia kategoria zajęć odpowiada funkcji projektanta /analityka/ systemów w handlowym przetwarzaniu danych. Główny wkład "analityka produkcyjnego" - nazywamy go tak w braku ustalonej nazwy dla tego rodzaju stanowiska specjalistycznego - polega na opracowywaniu systemów WWK. Wywodząc się ze środowiska produkcyjnego, pracownik taki powinien posiadać znajomość wszystkich składników systemu, należących zarówno do procesu wytwórczego jak i do nowej techniki WWK. Ponadto wymagana jest umiejętność rozpoznawania i przewidywania skutków, jakie wynikną z połączenia obu tych elementów.

Brak wyszkolonego personelu dla dwóch ostatnich kategorii zajęć jest, przynajmniej na początku prac nad utworzeniem systemów, rzeczą naturalną. Ponieważ praktyczne doświadczenia z WWK są ograniczone, trzeba od początku dążyć do stworzenia i rozbudowy wykwalifikowanej kadry spośród własnych pracowników. Może to na długą metę przynieść przedsiębiorstwu same korzyści. Pomoc, jakiej może udzielić producent informatycznego sprzętu sterującego, jest przeważnie jeszcze ograniczona do samego sprzętu i związanego z nim oprogramowania systemowego /systemów operacyjnych/. W rzadkich tylko przypadkach producenci dostarczają oprogramowanie użytkowe lub wykazują szczegółową znajomość procesu wytwórczego, potrzebną do opracowania takiego oprogramowania. Ten ostatni fakt sprawia, że podstawowe zadanie powiązania techniki produkcyjnej z techniką obliczeniową spada na samego użytkownika. Brak lub niedoskonałość uniwersalnych programów użytkowych, w połączeniu z trudnością ich pisania, były dotąd główną przeszkodą na drodze szybszego rozwoju WWK.

Odpowiedzialność za WWK

Podstawowe znaczenie ma zdanie sobie sprawy i zrozumienie, że opracowywanie, nadzorowanie i odpowiedzialność za komputery

i związane z nimi systemy w środowisku wytwórczym należy wyłącznie do kierownictwa produkcyjnego, czyli operacyjnego. Tylko kierownictwo produkcyjne zna swoje priorytety, swój sposób działania, swój personel i związane z tym problemy. Odmiennie niż przy opracowywaniu handlowych systemów informatycznych, wprowadzenie komputerów i związanych z nimi urządzeń sterujących musi od samego początku stać się integralną częścią procesu produkcyjnego. Zastosowanie komputerów w środowisku handlowym prowadziło tradycyjnie do mechanizacji, natomiast w środowisku produkcyjnym sytuacji takiej należy unikać i dążyć raczej do automatyzacji niż do mechanizacji. Komputery w środowisku produkcyjnym stanowią integralną część procesu produkcyjnego /w handlowym APD komputery tradycyjnie odgrywają solę wspierającą lub sztabową, choć obecnie sytuacja ta ulega zmianie dzięki sprowadzaniu specjalizowanych komputerów handlowych lub biurowych, np. Philips P 353 lub NCR serii 500 do specjalnych zastosowań, takich jak fakturowanie, prowadzenie kont klientów/.

Wymienne przemieszczenia personelu

Jednym z rozwiązań, które daje dobre wyniki w wielu organizacjach, niezależnie od tego czy personel działu produkcyjnego posiada znajomość informatyki, są pewne przesunięcia personelu między działem APD a produkcją. Na przykład w jednym z najbardziej nowoczesnych przedsiębiorstw wytwórczych, normalna droga kariery kierowniczych pracowników APD wiedzie poprzez kierownictwo obiektu produkcyjnego, a wielu ekspertów produkcyjnych - typu inżynieryjnego - ma za sobą dłuższe doświadczenie w dziedzinie informatyki. Można z góry powiedzieć, że przejście do wytwarzania wspomaganego komputerem będzie tam sprawne, a wyniki wysoce korzystne dla przedsiębiorstwa, głównie dlatego, że specjaliści obu dziedzin wzajemnie rozumieją swoje problemy i operacje.

Taki stopień mobilności kadr jest jeszcze raczej wyjątkiem niż regułą, natomiast wspomniane przedsiębiorstwo idzie faktycznie jeszcze dalej, zalecając pełne współdziałanie i "wspólnictwo" APD i działu produkcji przy projektowaniu zautomatyzo-

wanych systemów wytwarzania. To podejście dobrze przysłużyło się przedsiębiorstwu - zrealizowane dotąd systemy w każdym przypadku przeszły pokładane w nich nadzieje, samopoczucie pracowników jest dobre, płynność kadr niezwykle niska i nie ma prawie żadnych trudności. Przedsiębiorstwo nauczyło się, jak "przerzucać mosty" ponad różnicami w przygotowaniu zawodowym obu grup specjalistów i dzięki temu zaczyna teraz zbierać owoce w postaci znacznych zysków ze swoich wysiłków ku rozwijaniu automatyzacji. Należy zaznaczyć, że kierownik APD jest w tych działaniach bardzo czynny także i z innego powodu: żeby zapobiec zbędnej redundancji.

Problem redundancji

Choć bezpośrednia odpowiedzialność za automatyzację produkcji nie powinna leżeć w dziale APD, pożądane jest, by doświadczenie i umiejętności działu APD znalazły zastosowanie w charakterze doradczym. Będzie to tym ważniejsze, że wielkie przedsiębiorstwa zmierzają ku zintegrowanym sieciom informatycznym, a w takim przypadku nadmierny wzrost liczby samodzielnych komputerów przeznaczonych dla specyficznych procesów wytwórczych może bardzo dotkliwie zwiększyć koszty.

APD powinno udzielić działowi produkcyjnemu rozległej pomocy w opracowywaniu zautomatyzowanych systemów, ale na tym zwykle powinien kończyć się jego wkład. Jest rzeczą szczególnie krępującą, gdy komputery, które mają być użyte w procesie automatyzacji, nie znajdują się w gestii ekspertów od produkcji, ale są kontrolowane przez kierownictwo APD.

Niestety sytuacja taka spotyka się nierzadko. Istotnym argumentem na jej rzecz jest pragnienie kierownictwa APD, by zahamować wzrost liczby minikomputerów użytkowanych do sterowania systemem produkcyjnym. Choć prawdą jest, że - jak to powiedział pewien kierownik APD - "te rzeczy plenią się jak chwasty", pozostaje jeszcze do udowodnienia, że jest to czymś z natury niepożądanym.

Z wielu przyczyn- wymienimy tu tylko przykładowo bezpieczeństwo, wygodę oraz pragnienie decentralizacji - decyzja często

zapada na rzecz utrzymania odrębnych urządzeń i mocy informatycznych oraz szerokiego zastosowania minikomputerów, ale decyzja taka powinna zapaść dopiero po rozważeniu przez przedsiębiorstwo wszystkich odnośnych "za i przeciw". Pojawienie się w drugiej połowie obecnego dziesięciolecia sieci informatycznych zwiększy wagę tej oceny, a to z kolei stawia w nowym świetle dzisiejsze planowanie APD. Przyszłe użytkowanie komputerów w ramach działalności wytwórczej będzie zbyt ważne, by można było sobie dziś pozwolić na pominięcie planowania tych zastosowań.

Gdy mowa o dublowaniu prac, należy szczególnie zwrócić uwagę na dwa punkty. Pierwszy dotyczy planowania, a drugi odnosi się do ubocznych funkcji związanych z wdrażaniem komputerów /tak uniwersalnych jak specjalnych/ i systemów zautomatyzowanych.

Redundancyjne planowanie można łatwo przezwyciężyć, powierzając ogólne planowanie scentralizowanej jednostce organizacyjnej na szczeblu całości przedsiębiorstwa i zapewniając włączenie aspektów produkcyjnych w taki sposób, by stanowiły one logiczny i spójny podzespół planu. Innymi słowy, planowanie ogólne powinno się odbywać na wysokim szczeblu - w centrali przedsiębiorstwa, a szczegółowe aspekty planowania - na szczeblu wykonawczym, ale na podstawie konkretnych wytycznych.

Wspomniane wyżej funkcje uboczne obejmują aspekty takie jak szkolenie, programowanie systemów, przygotowanie danych itp. Oczywiste jest, że funkcje tego typu najlepiej jest scentralizować, żeby uzyskać ich najwyższą efektywność ekonomiczną i zapewnić jednolitość stanowisk i podejścia /np. w sprawach dokumentacji i norm/. Nie wydaje się na przykład pożądane, by grupa zajmująca się automatyzacją produkcji brała się do opracowania własnego zbioru wytycznych dokumentacyjnych albo nie skorzystała z porady już istniejącej grupy do spraw transmisji danych /oczywiście jeśli zajdzie taka potrzeba i jeśli grupa ds.transmisji danych już istnieje/.

W innym kontekście - ale z tymi samymi skutkami dla perspektywicznego planowania APD - skoordynowane, wspólne podejście do WWK ze strony kierownictwa APD, biura konstrukcyjnego i działu produkcji będzie ogromnie ważne z chwilą, gdy integracja systemów produkcyjnych stanie się ekonomicznie i technicznie wyko-

nalna. Choć taka integracja na dużą skalę jest jeszcze odległa o kilka lat, wywrze ona głębokie i rozgałęzione skutki w zakresie wymagań wobec sprzętu, jak również w zakresie potrzeb kadrowych tak dla działu APD jak i dla produkcji.

IV. NIEKTÓRE EKONOMICZNE I FINANSOWE ASPEKTY WWK

Brak jest opublikowanych wskazówek co do procentu od wartości ogólnej produkcji lub zbytu, jaki przeznaczają przedsiębiorstwa na typowe nakłady inwestycyjne na sprzęt WWK. /W dziedzinie APD czasem bierze się pod uwagę kwotę wydatkowaną przez przedsiębiorstwo na APD jako procent od wartości zbytu albo oblicza się - jako podstawę porównania - tzw. "wskaźnik sprzętu informatycznego" /hardware index/. Brak takiej statystyki uniemożliwia przedsiębiorstwu dokonanie przybliżonej oceny wielkości nakładów w stosunku do ich wpływu na wydajność przedsiębiorstwa /o ile w ogóle wpływ taki daje się wykazać/ w porównaniu z innymi przedsiębiorstwami w analogicznych gałęziach przemysłu.

Na rysunku 5 podano ciekawe porównanie zmieniających się wysokości nakładów na automatyzację w Stanach Zjednoczonych do roku 1972 włącznie /z tym, że za rok 1972 podano cyfry planowane/, obliczonych jako procent ogólnych nakładów inwestycyjnych. Dla prawidłowej interpretacji tych cyfr należy pamiętać, że nie uwzględniają one stopniowego spadku ogólnych inwestycji w hutnictwie żelaza - z powodu wąskiej marży zysku, ani znacznego wzrostu ogólnych nakładów w przemyśle gumowym i elektromaszynowym, a także w przemysłach tekstylnym, naftowym i stoczniowym - na cele modernizacji.

Modernizacja

Uzasadnienie z czysto ekonomicznego punktu widzenia, czy należy fabrykę zmodernizować przeznaczając na złom od razu cały

Procent od nakładów inwestycyjnych

	1966	1967	1968	1969	1970	1972 /plan/
Cała gospodarka	22%	19%	20%	22%	23%	26%
Przemysł wytwórczy	20	24	25	25	27	20
Dobra trwałego użytkowania						
Samochody osobowe, ciężarowe i części zamienne	23	25	21	12	14	18
Przemysł lotniczy i kosmonautyczny	14	17	16	9	9	9
Statki, tabor kolejowy i inny tabor transportowy	5	5	9	36	35	47
Maszyny elektryczne	41	35	35	32	37	41
Maszyny	22	29	34	25	28	36
Wyroby metalowe	23	26	25	37	40	38
Przyrządy				15	21	16
Żelazo i stal	39	42	45	52	42	44
Metale nieżelazne	20	18	20	16	19	15
Kamień, ceramika i szkło	9	15	17	31	32	29
Inne dobra trwałego użytkowania	15	16	19	28	46	34
Dobra nietrwałego użytkowania						
Chemikalia	24	21	31	19	15	19
Żywność i napoje	27	28	27	17	17	16
Papier i celuloza	16	27	23	31	25	26
Ropa naftowa	5	15	11	11	21	29
Guma	19	28	27	49	56	66
Wyroby włókiennicze	21	16	19	22	31	37
Inne dobra nietrwałego użytkowania	11	25	38	56	44	50
Linie lotnicze	3	2	5	63	47	55
Koleje	12	8	10	9	7	7
Pozostały transport	67	21	25	6	5	17
Łączność				44	35	44
Elektrownie	23	brak d.	14	19	25	23
Gazownie				15	14	16
Handel	6	14	14	6	6	7
Górnictwo	10	20	18	13	18	21

Rys. 5. Ile przemysł amerykański wydaje na automatyzację

Źródło: Business Week z 28 listopada 1970 r.

park maszynowy i zastępując go nowymi, nowoczesnymi maszynami /WWK/, czy też modernizować ją stopniowo /zastępując niektóre stare maszyny poszczególnymi nowoczesnymi elementami WWK/, jest dziś równie trudne jak było dotąd. Aspekty finansowe są, jak zwykle, trudniejsze do oceny niż aspekty czysto techniczne.

W teorii, lub przynajmniej idąc po linii tradycyjnego myślenia, istniała jasna odpowiedź na powyższy dylemat: stare urządzenia należy przeznaczyć na złom i zastąpić nowszymi /albo zautomatyzowanymi albo konwencjonalnymi/, gdy spełnione są następujące dwa warunki:

. ogólny koszt produkcji przy użyciu doskonalszej maszyny powinien być niższy niż dotychczasowy koszt /włącznie z kosztem operacji, natomiast bez amortyzacji i niektórych innych kosztów stałych/ przy użyciu istniejącego parku maszynowego,
. szybkość zwrotu nakładów inwestycyjnych poniesionych na nowoczesne maszyny powinna być co najmniej taka sama, jaką można by było uzyskać czyniąc pewne alternatywne nakłady.

Ale w praktyce spełnienie obu tych warunków okazało się trudne. W pierwszym przypadku wielu użytkowników nie potrafiło zintegrować lub włączyć w linie produkcyjne dużych, złożonych i kosztownych systemów w sposób wydajny i ekonomicznie efektywny. Najistotniejsza w tym dylemacie była trudność opracowania sensownych kosztorysów ze względu na złożoność tych systemów. Należy z największym naciskiem podkreślić doniosłość wstępnej analizy /np. badań wykonalności/. Ale jednym z głównych wniosków, jakie należy z tego wyciągnąć, to nie oczekiwać ani nie domagać się zbytniej dokładności analiz przedwdrożeniowych![10/]. Dokładne wymagania i szczegółowa charakterystyka operacyjna przybiorą wyraźną postać dopiero w toku procesu wdrażania.

Drugi warunek modernizacji wiąże się z rozwiązaniami alternatywnymi. R.C.Bowen, Dyrektor Generalny firmy Ingersoll Rand, jednego z najbardziej zaawansowanych użytkowników automatyzacji produkcji, wskazuje na ważność opracowania wariantów dla modernizacji. Te warianty mogą sięgać od minimalnych nakładów na

---

10/ Zob. : A.R.Dooley i T.M.Stout "Rise of the blue-collar computer", Harvard Business Review, lipiec-sierpień 1972.

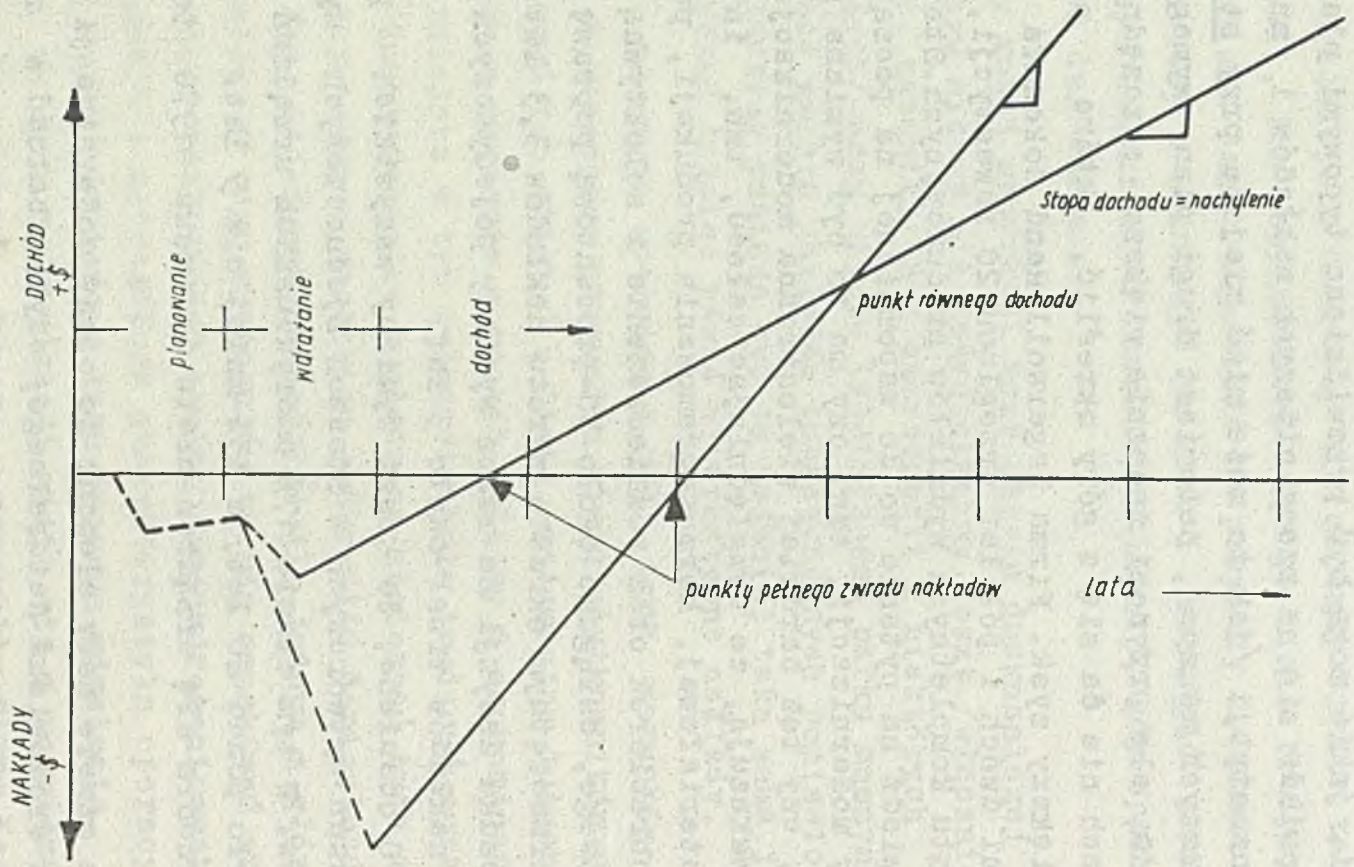
prostą rozbudowę liniową /stopniową modernizację/, aż po całkowicie nowy zakład, obejmujący szereg najnowszych technik i mający zdolność produkcyjną zwiększoną w stosunku wykładniczym[11/]. Jako przykład przedstawiono graficznie na rysunku 6 dwa kierunki inwestycji, jakie mogą być przewidziane typowymi planami.Jeden plan wypowiada się na rzecz niższych nakładów i mniejszego dochodu od inwestycji /jak to może mieć miejsce przy stopniowej wymianie starszych maszyn/, natomiast drugi plan wymaga większych nakładów, ale przynosi znacznie większe oszczędności. W obu przypadkach nie da się z góry określić, które podejście przyniesie większy zysk. Firma Ingersoll Rand dokonała ponadto na przestrzeni dwóch i pół lat przeglądu 20 inwestycji, badając całość produktu kompletnych wydziałów produkcyjnych.Starała się znaleźć odpowiedź na pytanie co do wspomnianej na początku tego ustępu metody modernizacji, tzn. czy ma to być wymiana pojedynczych maszyn, czy też bardziej wielostronna modernizacja. Uzyskane wyniki wskazują, że uwzględniając całość, tzn. integrację gospodarki materiałowej, harmonogramowania produkcji, podawania narzędzi do obrabiarek oraz rozmieszczenie i selektywną wymianę parku maszynowego, osiągano około 30-procentową poprawę wydajności, przy przeciętnym okresie zwrotu nakładów 3,3 lat. Natomiast w przypadku decyzji na rzecz wymiany pojedynczych maszyn, okres zwrotu nakładów trwał około 5 lat.

W roku 1970 oceniano, że koszt wymiany wszystkich przestarzałych urządzeń wytwórczych w Stanach Zjednoczonych wyniósłby 80 mld dolarów. W tym czasie 17% amerykańskich urządzeń produkcyjnych liczyło ponad 20 lat, a 35% mniej niż 5 lat. Ponadto szybkość starzenia się urządzeń miała do roku 1970 tendencję wzrastającą.

W ostatnim czasie nowy element do oceny modernizacji wprowadziła ochrona środowiska naturalnego, czyli dbałość o zapobieganie skutkom ubocznym /takim jak odpady przemysłowe/ utrzymującego się lub rosnącego poziomu produktywności. /Jako przykład może posłużyć niedawne zamknięcie najnowszego i najpotężniej-

---

11/ Wydawnictwo SME nr MS 72-902, "The Needs of Industry for Modernisation", autor R.C.Bowen, Generalny Dyrektor Ingersoll Rand Corporation.



RYS.6 TYPOWE KRZYWE ZWROTU NAKŁADÓW INWESTYCYJNYCH PRZY RÓŻNYCH WARIANTACH PLANÓW MODERNIZACJI

szego wielkiego pieca w hucie Thyssena zaledwie w kilka tygodni po jego uruchomieniu, z powodu hałasu i zanieczyszczania powietrza/.

Dochód a nakłady

Stopień powodzenia uzyskanego dzięki wszelkiemu wynalazkowi technicznemu będzie zależał od polityki finansowej i klimatu konkretnego przedsiębiorstwa. Zasadnicze znaczenie dla każdej innowacji technicznej ma dostateczne oparcie finansowe. Park maszynowy WWK wymaga wyższych nakładów inwestycyjnych niż spełniające tę samą funkcję prostsze maszyny sterowane przez człowieka. Typowa cena zakupu maszyny może wahać się od 100.000 do 1.000.000 marek zachodnioniemieckich. W niektórych przypadkach w cenach tych nie mieści się przynależny do maszyny sprzęt informatyczny /choć koszt wszystkich części składowych objętych systemem powinien być traktowany jako jedna całość/. W tych warunkach zdarza się często, że uzasadnienie ze strony kierownictwa produkcyjnego celowości nabycia takiego sprzętu albo jest oparte na nadmiernie optymistycznym obliczeniu stopy zwrotu nakładów, czemu nie towarzyszą późniejsze efekty, albo jest zbyt ostrożne, czym tłumaczyłoby się raczej powolne przenikanie maszyn WWK do fabryk, wyrażone w liczbach zainstalowanych jednostek. Ocenia się, że sterowane komputerami maszyny stanowią w Stanach Zjednoczonych około 1 do 2% ogólnej ilości zainstalowanych maszyn. W Europie odpowiedni udział wynosi około 1%.

Każda decyzja inwestycyjna zawiera w sobie pewien stopień analizy ryzyka. Umożliwia to kierownictwu, próbującemu ustalić czy podjąć wydatek inwestycyjny, przewidywanie różnych wyników, których można spodziewać się w rezultacie tego wydatku.

Kierownictwo jest dzięki temu w stanie porównać dochód, jaki będzie mogło uzyskać z nakładu inwestycyjnego, z ryzykiem podjętym przez dokonanie wydatku. Najczęściej kierownictwo będzie oceniać przyszłe wyniki według swojej wewnętrznej stopy dochodu lub według obecnej wartości netto tych wyników, albo według obu tych kryteriów.

Pierwszy wchodzący w grę czynnik ryzyka - a mianowicie szyb-

kość zmian - stale rośnie, ponieważ przyspieszeniu ulega sama szybkość zmian. Przyspiesza się ona na rynku dóbr i usług i w całym życiu gospodarczym wskutek rosnącej konkurencji,a w technice produkcyjnej - wskutek wprowadzania nowego sprzętu i nowych metod produkcji. Nabycie systemów WWK może narzucić przedsiębiorstwu sztywniejsze warunki produkcyjne, mimo bardziej elastycznego działania wewnętrznego, stawiając je w niekorzystnym położeniu jeśli idzie o zaspokajanie bieżących wymagań rynku, takich jak np. potrzeba szerszego lub bardziej zróżnicowanego wachlarza produktów, krótsze czasy uruchamiania produkcji wyrobów, a nawet krótsze okresy użytkowania wyrobów.

Ale z drugiej strony, przedsiębiorstwo może narazić się na wysokie ryzyko również wskutek nieposiadania systemów WWK. Nie tylko może utracić konkurencyjność pod względem poziomu wydajności, ale może też odczuć ujemne skutki ekonomiczne utrzymywania długiej linii przestarzałych urządzeń. Na przykład w roku 1970 oceniano, że koszt wymiany wszystkich przestarzałych urządzeń produkcyjnych w Stanach Zjednoczonych wyniósłby 80 mld dolarów. W owym czasie 17% amerykańskich urządzeń produkcyjnych liczyło ponad 20 lat, a 35% poniżej pięciu lat. Co więcej,trend starzenia się miał do roku 1970 kierunek wzrastający.Choć urządzenia te były czasem nadzwyczaj nieefektywne ekonomicznie, ich ewentualna wymiana wymagałaby nadmiernych nakładów kapitałowych i kadrowych.

W drugim przypadku /ujemne skutki ekonomiczne utrzymywania przestarzałych urządzeń/, wszędzie tam gdzie efekty wymiany starych urządzeń na systemy WWK są niższe od nakładów, dzieje się tak z powodu skomplikowanego charakteru systemów i wysokich wymagań, jakie stawia ich użytkowanie. Ponadto, dopiero od niedawna stała się możliwa porównawcza ocena różnych typów części składowych systemu, przeznaczonych do spełniania analogicznej funkcji. W niedalekiej przyszłości warianty rozwiązań staną się liczniejsze, co umożliwi podobne badania efektywności ekonomicznej jak te, które się obecnie przeprowadza w handlowym APD. Ale bodziec do ekonomicznego uzasadnienia takich systemów przychodzi też spoza przedsiębiorstwa. Na przykład w Stanach Zjednoczonych, gdzie w czasie pokoju interwencja państwa w sprawy

gospodarki jest tradycyjnie ograniczona do minimum[x/], rząd dostarcza bodźca w postaci pomocy finansowej udzielanej w formie ulg podatkowych i kredytów inwestycyjnych firmom, które inwestują w nowe urządzenia. Spodziewane są też większe dotacje na prace badawczo-rozwojowe zarówno dla przemysłu jak i dla szkół wyższych w celu poparcia wprowadzania WWK. Powody są jasne.Rząd zdaje sobie sprawę, że suma wszystkich "produktywności" decyduje o dobrobycie narodu, a to jest sprawą zbyt poważną i doniosłą, by można ją było pozostawić do uznania poszczególnych nosicieli produktywności.

Podobna sytuacja może zaistnieć także w uprzemysłowionych krajach Europy Zachodniej, gdy tylko krzywa "tempa wzrostu produktywności" zacznie poważnie zmniejszać swój kąt nachylenia. Mowa tu o znacznym zwrocie krzywej ku dołowi, ponieważ stopniowe jej spłaszczanie niekoniecznie oznacza depresję ekonomiczną, o tyle o ile dotyczy to produktywności kraju. Może to być po prostu oznaką przyhamowania postępu technicznego, które może zachodzić w najbardziej rozwiniętych krajach ery poprzemysłowej, gdzie akcent przesuwa się od produkcji przemysłowej ku innym dziedzinom /np. ku reformom społecznym/.

Korzyści z WWK

Stopień powodzenia osiągany przez przedsiębiorstwo przy realizacji systemów informacyjnych dla celów produkcyjnych /takich jak np. system UMIS firmy Univac, systemy COPICS i CMIS firmy IBM/ lub przy czynnym sterowaniu i regulowaniu procesu produkcyjnego /SN, BSN itd./ nie zależy od wielkości przedsiębiorstwa, ale od jego zdolności do zintegrowania funkcji obliczeniowej z istniejącymi operacjami produkcyjnymi. Ponieważ zaś metoda rozwijania skomputeryzowanych systemów produkcyjnych jest różna dla każdego przedsiębiorstwa, trudno jest określić konkretne

---

x/ Wiele dziedzin przemysłu podlega regulacji pod względem poziomu zysków i jakości usług; chodzi tu głównie o przedsiębiorstwa użyteczności publicznej, gdzie faktycznie ustanowiono usankcjonowane monopole. Określa się je jako przedsiębiorstwa pseudopubliczne.

rodzaje efektów, jakie z tego wynikną. Łatwiej jest przyjrzeć się typowym rodzajom efektów, jakie osiągnięto dotąd i jakie według wszelkiego prawdopodobieństwa dadzą się osiągać także w przyszłości.

Systemy informacyjne dla celów produkcyjnych

Choć głównym przedmiotem niniejszego opracowania są systemy typu WWK /w sensie zdefiniowanym w części II/, warto przyjrzeć się efektom wynikającym z użytkowania komputerów do celów pomocniczych w środowisku wytwórczym, bo pozwoli to nam odróżnić efekty tego typo zastosowań od efektów uzyskiwanych dzięki samemu parkowi maszynowemu WWK. Rysunek 7 stanowi próbę IBM wskazania swoim klientom, w jakich dziedzinach mogą uzyskać oszczędności, zakładane przy wprowadzaniu skomputeryzowanych systemów informacyjnych dla celów produkcyjnych, w tym przypadku - systemu CMIS[12/].

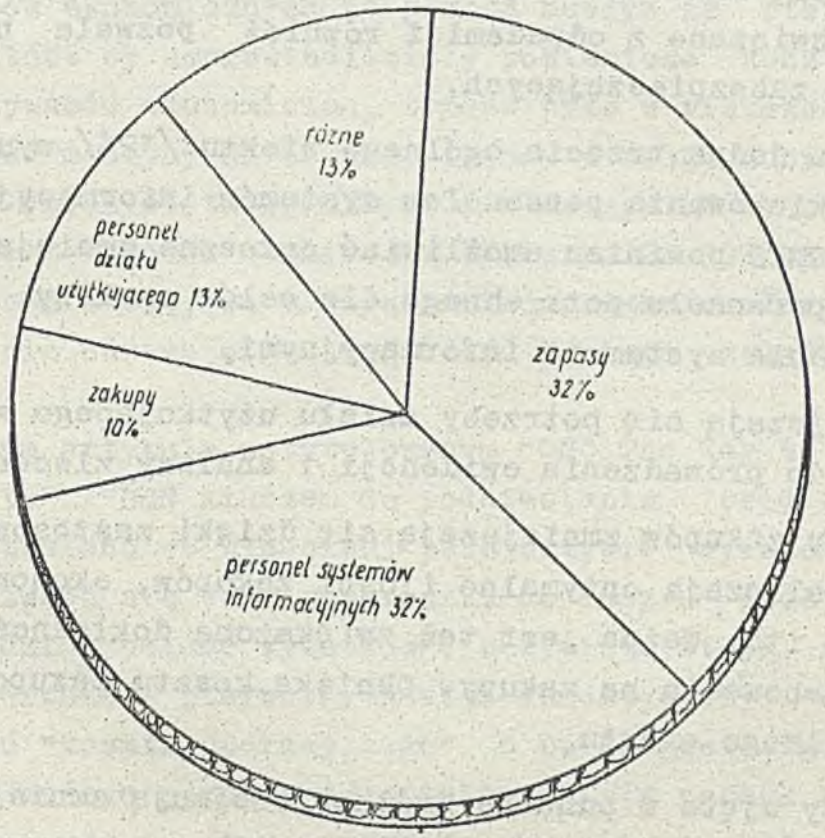
CMIS jest to obszerny pakiet programowy dotyczący następujących dziedzin:

. planowanie i kontrola zaopatrzenia materiałowego,
. rozwinięcie harmonogramów wyrobów w ogólny plan produkcyjny,
. sterowanie wydawaniem poleceń zakupu i zleceń produkcyjnych,
. gospodarka zapasami,
. wydawanie części i podzespołów wydziałom produkcyjnym,
. magazynowanie wytworzonych podzespołów.

W sumie CMIS wspomaga wydawanie części i podzespołów do ostatecznego montażu wyrobów odpowiednio do zamówień odbiorców. Trzeba pamiętać, że efekty wskazane na rysunku 7 są korzyściami projektowanymi i że ich rzeczywiste uzyskanie może zależeć od podobieństwa trybu operacji w zakładzie użytkownika do trybu, na którym oparto koncepcję CMIS.

Szczegóły projektowanych efektów przedstawiają się następująco:

12/ Dokument IBM nr 1543, CMIS /Common Manufacturing Information System - wspólny system informacyjny dla celów produkcyjnych/.



RYS. 7 ZAKŁADANY PODZIAŁ PIENIĘŻNYCH EFEKTÓW SYSTEMU CMIS

. usprawniona gospodarka zapasami daje około jednej trzeciej /32%/ całości efektu. Wynika to ze skrócenia cyklu planowania potrzeb, co pozwala na utrzymywanie niższych zapasów zabezpieczających, oraz ze zwiększenia dokładności danych, co obniża straty związane z odpadami i również pozwala na zmniejszenie zapasów zabezpieczających,

. dalsza jedna trzecia ogólnego efektu /32%/ wynika z udoskonalonego kierowania personelem systemów informacyjnych. Normalny rozwój CMIS powinien umożliwiać coroczne zmniejszanie ogólnej liczby personelu potrzebnego dla celów analizy, programowania i zarządzania systemami informacyjnymi,

. zmniejszają się potrzeby działu użytkującego w zakresie personelu do prowadzenia ewidencji i analizy zleceń,

. koszty zakupów zmniejszają się dzięki zastosowaniu programów, które obliczają optymalne ilości zakupów, ekonomiczne ilości dostawy itd. Ważna jest też zwiększona dokładność generowania zapotrzebowania na zakupy. Obniżka kosztu zakupów daje około 13% ogólnego efektu,

. efekty ujęte w punkcie "różne" obejmują zmniejszenie ilości odpadów, uzyskiwane dzięki elastycznemu rozporządzaniu zapasami nadwyżkowymi przez utworzenie centralnego punktu wyznaczania nowych tras zleceń. Rubryka ta obejmuje też oszczędności dzięki użytkowaniu sieci CMIS do przetwarzania informacji pochodzących spoza CMIS.

Sterowanie numeryczne /SN/ i bezpośrednie sterowanie numeryczne /BSN/

Mimo że są przedsiębiorstwa, które uzyskały aż pięciokrotne zwiększenie wydajności dzięki zastosowaniu maszyn SN, nie są to bynajmniej wypadki typowe. Widać to choćby ze stosunkowo niskiego udziału procentowego maszyn SN w ogólnej liczbie maszyn produkcyjnych zainstalowanych zarówno w Europie /1%/ jak i w Stanach Zjednoczonych /2%/. Między innymi obawy przed depresją gospodarczą w latach sześćdziesiątych oraz obecne tendencje in-

flacyjne były przyczyną, że nakłady inwestycyjne na automatyczne obrabiarki i związany z nimi sprzęt były niższe niż by to normalnie miało miejs . Duże znaczenie miała też trudność uzyskania efektów ekonomicznych za pomocą maszyn ze sterowaniem numerycznym, które by usprawiedliwiały poniesione koszty. Aby zapewnić efektywność ekonomiczną, trzeba było w większości przypadków użytkować maszyny SN na trzy zmiany w ciągu doby, ponieważ przeciętne rzeczywiste wykorzystanie maszyn SN na "produktywne" operacje maszynowe ocenia się tylko na 20-30% czasu /dla porównania - ocenia się, że w warsztacie konwencjonalnym obrabiarka faktycznie skrawa obrabianą część w ciągu zaledwie 2% czasu/13/.

W pouczającym artykule zatytułowanym "DNC The Key to Increased Productivity" /"BSN kluczem do podniesienia produktywności"/14/ przedstawiono we właściwej perspektywie wyższość BSN nad SN. Gdy rozważa się cenę w stosunku do kosztu podstawowych maszyn SN /chodzi o całość wydatków/, oczywiste stają się dwa wnioski. Po pierwsze - pierwotny nakład inwestycyjny ma mały wpływ na całość "kosztu operacyjnego", a po drugie - godzinowy koszt operacji maszyn o znacznie różniących się cenach nie wykazuje większych różnic /tzn. operacje obrabiarki, która jest już całkowicie zamortyzowana, wciąż jeszcze kosztują pewną sumę na godzinę/. Z powyższego łatwo wywnioskować,że najlepszym sposobem podniesienia wydajności i obniżenia rzeczywistych kosztów jest efektywniejsze wykorzystanie maszyn i ludzi, a to ma miejsce wtedy, gdy człowiek i maszyna zajęte są "produktywną" pracą. Zastosowanie BSN i KSN zwiększa stopień wykorzystania /ponad poziom 20-30% właściwy podstawowym maszynom SN/ i tym samym podnosi wydajność. Główną przyczyną tego jest, że bezpośrednie sterowanie numeryczne jest szybsze niż wprowadzanie danych z taśmy dziurkowanej. Ponadto zmiany w programach produkcji części lub przygotowanie danych do wydania można wykonywać na miej-

---

13/ "A landmark test for DNC machine tools", Business Week z 27.5.1972 r.

14/ Publikacja SME MS 72-554, pióra Roy M.Nelsona, Wiceprezydenta ds.Marketingu firmy The Lodge and Shipley Company.

scu, bez potrzeby sięgania do centralnego komputera oddalonego od środowiska produkcyjnego. Można oczekiwać wzrostu wydajności obrabiarek aż o 30%. Firma Ingersoll Rand osiągnęła jeszcze większy przyrost, gdyż po pełnym wdrożeniu systemu wykorzystanie maszyn BSN wzrosło do 70% w ciągu 3 tygodni pracy po 20 godzin na dobę. /Całkowite wdrożenie systemu trwało dwa lata/.

Informacje uzyskane jako produkt uboczny niektórych operacji maszyn SN, takie jak np. stopień wykorzystania maszyny, liczby i długość przestojów itd., stanowią dodatkową korzyść dla kierownictwa, bo dzięki nim można dokonać dalszych zmian jakościowych w całokształcie warunków produkcji /np. zbadać przepływ materiałów w przypadku zaobserwowania nadmiernych przestojów maszyny/.

Inne korzyści związane z zaprojektowaniem systemów SN to:[15/]

. dokładność przygotowania instrukcji sterowniczych,

. duże oszczędności na zapasach gotowych wyrobów, ponieważ wielkości partii można ustalać na podstawie krótkoterminowych potrzeb, unikając kosztów oprzyrządowywania i ustawiania,

. praktyczna eliminacja braków, ponieważ możliwość błędu ludzkiego zostaje sprowadzona do minimum; powtarzalność części jest stała i dokładna,

. łatwość wprowadzania zmian do konstrukcji wyrobu /przez zmianę programu/,

. większa swoboda w wyborze lokalizacji zakładu, ponieważ kierownictwo jest mniej zależne od istnienia wykwalifikowanej siły roboczej dla obsługi maszyn,

. nowe możliwości zbytu dzięki podjęciu prac, które uprzednio były nieopłacalne /części przedtem niemożliwe do wykonania teraz stają się wykonalne/.

15/ Gastone Chingari: "A Methodology for the Simulation of Numerically Controlled Production Systems", dysertacja doktorska, Uniwersytet Stanu Południowa Karolina, 1966.

Należy zauważyć, że wartość pieniężna każdej z powyższych pozycji jest z konieczności różna dla poszczególnych przedsiębiorstw i przy różnych wyrobach i dlatego trudno jest dokładnie ją ocenić.

V. WYTYCZNE DO SYSTEMATYCZNEGO ROZWIJANIA WWK

Zasadniczym warunkiem wprowadzenia systemów WWK jest określona charakterystyka operacyjna zakładu. Na charakterystykę tę składają się:[16/]

. proces produkcyjny obejmujący wiele stosunkowo skomplikowanych części z małymi dopuszczalnymi tolerancjami,
. częste zmiany produkcyjne, które muszą być dokonywane w krótkim czasie,
. kosztowne pojedyncze części, przy których błędy produkcyjne mogą powodować wysokie koszty i długi czas zastąpienia,
. procesy, do których przy konwencjonalnych metodach produkcji potrzebne są liczne specjalne narzędzia i związane z nimi ustawienia,
. krótki czas uruchamiania produkcji wyrobów,
. proces produkcyjny, który musi szybko i często reagować na nowe zamówienia,
. sytuacja, w której wielkość partii waha się zwykle od 10 do 100 sztuk obejmujących powtarzalne części,
. długie czasy przygotowania ustawienia.

Zaistnienie jednego lub kilku powyższych warunków powinno być sygnałem do analizy możliwości zastosowania systemów WWK.

16/ Dietz H., Datascope, 1972, nr 9, s.26-36.

Wytyczne do wdrażania WWK

W głęboko przemyślanej analizie zatytułowanej "the Rise of the Blue-Collar Computer" /"Kariera komputera w bluzie roboczej"/, która ukazała się w lipcowo-sierpniowym numerze Harvard Business Review z 1971 r., jej autorzy Arthur R.Dooley i Thomas M.Stout /poz.bibliogr.10/ wskazują, że "ogromne zyski z automatyzacji produkcji mogą stać się udziałem tylko tych przedsiębiorstw, które zastosują się do siedmiu nauk nabytych w drodze bolesnego doświadczenia". Autorzy wyliczają siedem wytycznych do realizacji WWK /używają oni nazwy "automatyzacja oparta na komputerze", w oryginale: "computer-based automation" - CBA/.

1. Nie wolno nie doceniać złożoności systemów WWK ani czasu potrzebnego na ich realizację

Pomyślne ich wdrożenie wymaga najwyższej precyzji na każdym etapie realizacji systemów. Precyzję tę można osiągnąć dzięki znajomości procesu objętego automatyzacją i dzięki zastosowaniu części składowych systemu /urządzeń pomiarowych i sterujących, obrabiarek itd./, które zostały uprzednio wypróbowane i których granice tolerancji i charakterystyki operacyjne /szybkość, niezawodność itd./ są dobrze poznane. Wysokie wymagania pod względem precyzji oraz duża liczba ogniw w łańcuchu powodowały, że w przeszłości prace rozwojowe trwały co najmniej półtora roku.

2. Zacznij od niskiego szczebla

Złożoność projektowania WWK wymaga systematycznego, uporządkowanego podejścia z uwzględnieniem możliwości wykonania technicznego. Trzeba z całym naciskiem podkreślić trudność i złożoność przedsięwzięcia wprowadzenia WWK.

3. Wystrzegaj się z góry założonych priorytetów problemowych

Realizacja projektów bywa często niepotrzebne opóźniana wskutek troski o zagadnienia, które może już wcale nie są aktualne. Na przykład poświęcanie czasu na rozważania nad niezawodnością komputerów - i planowanie nadmiernych rezerw pod tym kątem wi-

dzenia - jest przeważnie bezcelowe, ponieważ projektanci i wytwórcy komputerów zadbali już o osiągnięcie niezawodności wysokiego rzędu.

4. Nie spodziewaj się, ani nie żądaj zbytniej dokładności analiz przedwdrożeniowych

Autorzy sugerują, że rozsądnym sposobem postępowania jest oparcie decyzji typu "tak-nie" na dostatecznie szerokim ale szybkim rozpoznaniu i sumarycznej ocenie:
. zakresu działania i kosztów proponowanych systemów WWK,
. prawdopodobnych efektów operacyjnych, jakich przy ostrożnym szacunku można się spodziewać po systemie /patrz również rozdział IV/.

5. Przede wszystkim powołaj zespół projektowy

Ponieważ trudno jest znaleźć pojedynczego człowieka,który by potrafił zaprojektować i wdrożyć system WWK, zaleca się zastosowanie "metod zespołowego kierownictwa przedsięwzięciem" /"project management techniques"/. Normalnie dla średnio skomplikowanego zastosowania potrzebny jest zespół trzech lub czterech ludzi zatrudnionych w pełnym wymiarze godzin. Zespół ten powinien podlegać raczej kierownictwu produkcyjnemu, czyli operacyjnemu niż działowi badawczemu, konstrukcyjnemu lub rachunkowości.

Ponadto należy położyć duży nacisk na stworzenie własnej kadry specjalistów w przedsiębiorstwie, zarówno do opracowania jak i do eksploatacji systemu. Dostawców sprzętu, choć mogą oni udzielić ogólnej pomocy, nie należy uważać za istotne źródła wiedzy o konkretnych procesach, ani spodziewać się od nich szczegółowej pomocy przy realizacji WWK.

6. Możesz liczyć na znaczne korzyści wynikające z pogłębienia znajomości procesów produkcyjnych

Projektowanie systemów WWK przyczynia się do zorganizowania wiedzy o procesie produkcyjnym, ponieważ uściśla to co już jest wiadome i określa dziedziny, w których potrzebna jest dodatkowa wiedza. Na przykład, zastosowanie modeli symulacyjnych w pro-

jektach sterowania procesami może doprowadzić do udoskonalenia operacji w ramach tych procesów.

7. Nie słuchaj tych, którzy proponują minimalizację pamięci

Najczęstszym błędem popełnianym przy nabywaniu komputera dla WWK jest wyszczególnienie w zamówieniu niedostatecznej pojemności pamięci. Późniejsze dodanie nowych funkcji, jak również trudność przewidzenia praktycznych komplikacji związanych z wykonywaniem pewnych czynności, powodowały zwykle, że zamówione pojemności pamięci okazywały się zbyt małe.

Wytyczne Dooleya i Stouta stosują się też do opracowywania złożonych systemów opartych o komputer. Wielu doświadczonych kierowników APD może udzielić konstruktywnych wskazówek kierownikom i technikom produkcyjnym, którzy zamierzają wstępić na drogę automatyzacji urządzeń produkcyjnych. Niewykorzystanie tego zasobu wiedzy i doświadczenia może drogo kosztować przedsiębiorstwo, zaś na kierownictwo APD spada obowiązek zaoferowania pomocy, nawet jeśli nikt tego od niego nie zażąda.

Pięć warunków wstępnych automatyzacji

Poprzednio stwierdzono, że zanim będzie można skutecznie wdrożyć metody zautomatyzowanego wytwarzania, muszą być spełnione pewne warunki wstępne. Istniejący w ramach przedsiębiorstwa dział informatyczny jest w stanie dopomóc do spełnienia tych warunków, wnosząc czynny wkład do realizacji niektórych spośród nich.

1. Musi istnieć i działać skuteczny /w miarę możności skomputeryzowany/ system planowania i harmonogramowania produkcji. Nie można liczyć, że zautomatyzowany system wytwarzania będzie sprawnie pracował, jeśli nie działają systemy kontroli, planowania i harmonogramowania.

Choć punkt ten może komuś wydać się oczywistym, pozostaje smutnym faktem, że przyczyna wielu niepowodzeń w dziedzinie zautomatyzowanego wytwarzania - przekroczeń kosztów, opóźnień we wdrożeniu, a nawet trudności w zakresie zatrudnienia - tkwi w

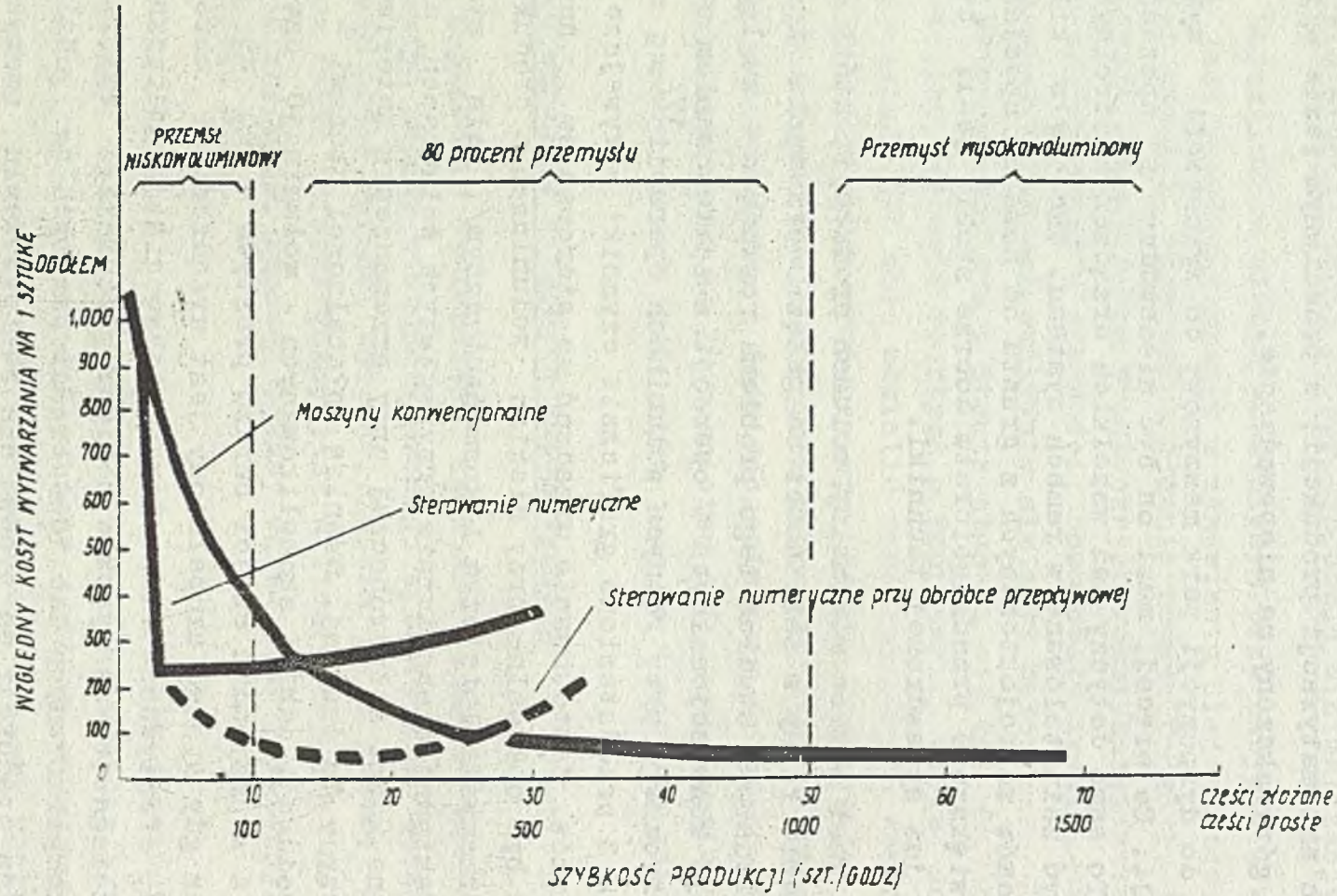
nieskutecznym systemie kontroli produkcji. Przedsiębiorstwo, które nie jest w stanie utrzymać skutecznej kontroli nad operacjami wytwórczymi, musi rozwiązać ten problem,zanim będzie mogło pomyśleć o automatyzacji produkcji; w przeciwnym razie wysiłek będzie z góry skazany na niepowodzenie.

2. Musi stać do dyspozycji park maszynowy do wykonywania wymaganych funkcji. Co więcej, musi on być niezawodny i uprzednio sprawdzony. To samo dotyczy też wszelkich urządzeń kontrolnych, które mają być zainstalowane w ramach systemu. Choć było kilka udanych systemów zaprojektowanych z gruntu od nowa na specjalne zamówienie, większość przedsiębiorstw dobrze zrobi, jeśli będą się trzymały już sprawdzonej techniki.

3. Niezbędny jest pewien minimalny wolumen produkcji, który oczywiście będzie różny w zależności od gałęzi przemysłu i od zakładu. W niedawnym studium tego problemu rozważono względny koszt operacji konwencjonalnych i operacji z zastosowaniem sterowania numerycznego przy różnych woluminach operacji[17/].

Na rysunku 8 przedstawiono graficznie czynniki wpływające na stosunek kosztów. Zastosowanie urządzeń ze sterowaniem numerycznym może być opłacalne przy niskich woluminach produkcji /jak np. w przemyśle lotniczym i kosmonautycznym/, ale staje się mniej efektywne ekonomicznie przy wyższych woluminach, a to ze względu na koszt siły roboczej przy przenoszeniu materiałów z jednej maszyny do drugiej. Granicę opłacalności stanowi - w przypadku produkcji części skomplikowanych - wolumin 10 części na godzinę, a w przypadku części bardzo prostych - 100 na godzinę. Jednak gdy system uzupełniony jest urządzeniami obróbki przepływowej, efektywność ekonomiczna sterowania numerycznego może być rozciągnięta na wysokie poziomy produkcji, wynoszące 50 części skomplikowanych lub 1000 części prostych na godzinę. Takie wolumina produkcji są typowe dla 80% przemysłu amerykańskiego; wynika z tego, że cała ta część przemysłu może korzystać z techniki automatyzacji.

17/ "Revolutionaries Meet to Plot Strategy", Computer Decisions, marzec 1972 r., s.16.



RYS. 8 STOSUNEK KOSZTÓW PRZY UŻYTKOWANIU MASZYN KONWENCJONALNYCH I MASZYN ZE STEROWANIEM NUMERYCZNYM PRZY RÓŻNYCH WOLUMINACH PRODUKCJI

4. Konieczne jest zasadnicze zrozumienie koncepcji automatyzacji, szczególnie przez ludzi, którzy będą odpowiedzialni za wdrażanie i eksploatację nowych systemów. Zbyt często ludzie ci mają słabe pojęcie lub zupełnie nie mają pojęcia o tym, co się dzieje i dlaczego. Granice automatyzacji w latach siedemdziesiątych będą zakreślone raczej względami natury organizacyjnej niż technicznej; pracowników wszystkich szczebli trzeba uświadomić, co będzie się działo w toku automatyzacji i przeszkolić do zadań , jakie na nich w związku z tym spadną. Jest to element problemu, którego zaniedbanie doprowadziło do tzw. "choroby Lordstown", polegającej na niepełnym i spaczonym obrazie sytuacji u pracowników, którzy nie są należycie poinformowani.

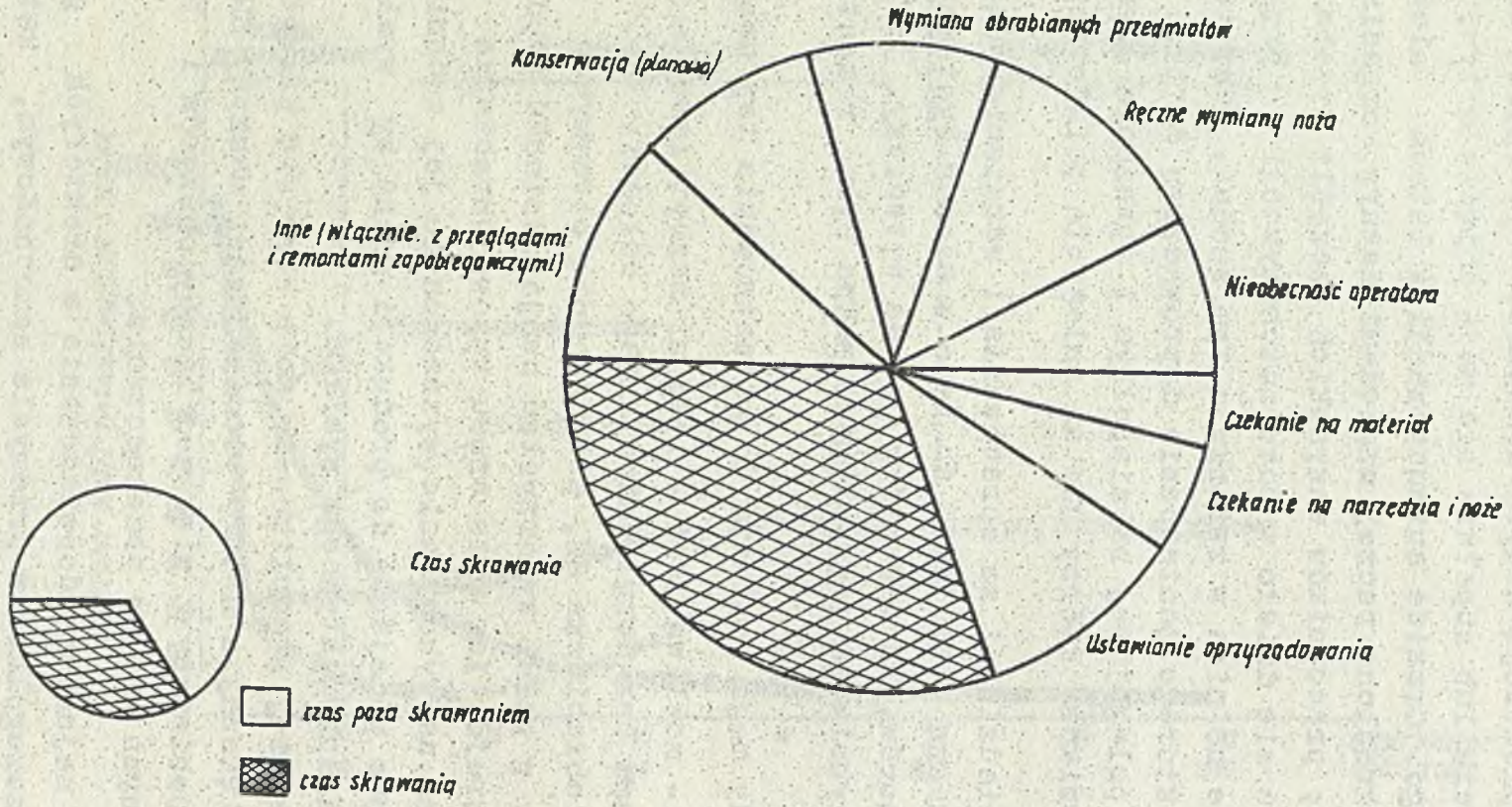
5. Ludzie odpowiedzialni za opracowanie i wdrażanie automatyzacji produkcji muszą podchodzić do tego w sposób systemowy. Niezależnie od pozorów, rzadko który proces wytwórczy jest tak prosty, by którykolwiek jego element można było rozpatrywać w próżni.

Dwa przykłady mogą posłużyć do zilustrowania tej uwagi:

. po pierwsze - możliwa jest - i to aż nazbyt łatwo - suboptymalizacja procesu bez uwzględnienia jego całości: np. zainstalowana zostaje obrabiarka SN, ale nie może otrzymywać surowca dość szybko, by w pełni wykorzystać swoją zdolność produkcyjną. Rysunek 9 ilustruje, jak mało czasu typowa obrabiarka SN faktycznie poświęca na wykonywanie wyznaczonego jej zadania. Przez w pełni systemowe podejście do produkcji można by wyeliminować znaczną część nieproduktywnego wysiłku.

Ponadto, bardziej skomplikowany może stać się przepływ materiałów. Przy większej z natury elastyczności maszyny SN, materiał może być pobierany z większej liczby obszarów i rozprowadzany do zmiennych miejsc przeznaczenia,

. po drugie - najnowsze doświadczenia w niektórych gałęziach przemysłu, a szczególnie w przemyśle samochodowym, każą przypuszczać, że istnieje szereg sytuacji, w których praca ludzka jest na dłuższą metę tańsza niż automatyzacja, nawet gdy automatyzacja jest technicznie wykonalna. Dla rozeznania takich sytuacji potrzebne jest całościowe podejście systemowe.



RYS. 9 CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA WYKORZYSTANIE OBRABIAREK STEROWANYCH NUMERYCZNIE

Konkretne badania w przemyśle wykazały, że przyjęcie podejścia systemowego daje w ostatecznym wyniku większe efekty niż te, jakie uzyskiwano za pomocą fragmentarycznych metod modernizacji /patrz również rozdział IV/.

Spełnienie powyższych warunków wstępnych i wskazówek powinno przyczynić się do systematycznego i sensownego wdrożenia metod WWK, ale tylko wtedy, gdy zostanie przy tym uwzględniony całokształt warunków produkcyjnych danej organizacji.

VI. SŁOWNIK[x/]

Automatyzacja /automation/. W szerokim sensie termin ten obejmuje maszyny, urządzenia i systemy, które częściowo lub całkowicie samoregulują się, zwykle przez sprzężenie zwrotne informacji; które wykonują operacje automatycznie, nawet jeśli sposób, w jaki te operacje są sterowane, może obejmować udział czynnika ludzkiego; które zwykle integrują kolejne stadia procesu i w taki lub inny sposób zastępują czynnik ludzki w sprawowaniu kontroli.

Automatyczne magazynowanie /automatic warehousing/. Skomputeryzowane czynności magazynowe, takie jak np. sterowanie i ustalanie kolejności operacji dźwignic i innych środków transportowych do manipulowania materiałami, wyszukiwania i rozprowadzania materiałów oraz skomputeryzowane prowadzenie ewidencji magazynowych materiałów.

Badania operacyjne /operational research/. Zastosowanie nowoczesnej nauki do skomplikowanych problemów wyłaniających się w

---

x/ częściowo wg Datamation, grudzień 1972.

toku kierowania i zarządzania wielkimi systemami obejmującymi ludzi, maszyny, materiały i środki pieniężne, w przemyśle, handlu, administracji państwowej i obronie. Specyfika podejścia polega na budowie naukowego modelu systemu; model ten obejmuje pomiary czynników takich jak szansa i ryzyko i służy do przepowiadania i porównywania wyników różnych wariantów decyzji, strategii i regulacji. Celem badań operacyjnych jest pomoc kierownictwu, by mogło określać swoją politykę i swoje działanie w sposób naukowy i z większą jasnością.

Bezpośrednie sterowanie numeryczne - BSN /direct numerical control - DNC/. Sterowanie maszyną SN przez zdalny komputer cyfrowy.

Inżynieria sterowania /control engineering/. Nauka o regulowaniu operacji fizycznych środkami automatycznymi.

Komputerowe sterowanie numeryczne - KSN /computer numerical control - CNC/. Sterowanie maszyną SN przez lokalny komputer cyfrowy; w większości przypadków komputer lokalny posiada łącze transmisji danych wiążące go z większym, bardziej centralnym komputerem.

Mechanizacja /mechanization/. Zastąpienie pracy ludzkiej lub zwierzęcej mechaniczną.

Pomiar czujnikowy dotykowy /tactile sensing/. Użytkowanie czujników powodujących sprzężenie zwrotne w sposób podobny jak zmysł dotyku u ludzi.

"Poza czytnikiem taśmy" /"behind the tape reader" - BTR/. Metoda /fakultatywna/ w systemie BSN, przy której czynność odczytu taśmy zostaje pominięta na rzecz sterowania cyfrowego przez komputer.

Produkcja masowa /mass production/. Proces produkcyjny, w którego toku wytwarza się znormalizowane, jednakowe części w powtarzalnych partiach /albo w sposób ciągły dla bieżącego uzupełniania zapasów/.

Produkcja seryjna /batch production/. Proces produkcyjny, przy którym urządzenia wytwórcze zostają użyte do wyprodukowania serii jednakowych lub bardzo podobnych wyrobów, po czym zostają przeformowane w celu wyprodukowania serii innego wyrobu; wielkość serii /lub partii/ może się wahać od jednej sztuki do tysięcy sztuk.

Projektowanie wspomagane komputerem - PWK /computer assisted design - CAD/. Zastosowanie komputerów do projektowania, przy czym projekt t prowadzi bezpośredni dialog z komputerem, używając graficznej lub niegraficznej konsoli integralnie /on-line/ połączonej z komputerem.

Przemysł o procesie ciągłym /process industry/. Proces wytwarzania, przy którym produkty są wytwarzane za pomocą sterowania procesem ciągłym. Produkt końcowy może być zmieniony tylko przez przebudowę procesu.

Przemysł wyrobów jednostkowych /discrete product industry/. - patrz "produkcja seryjna".

Robot przemysłowy /industrial robot/. Programowane urządzenie do przenoszenia materiałów lub do wykonywania operacji, posługujące się zwykle urządzeniami czujnikowymi i przeznaczone do użytku w środowisku produkcyjnym.

Stanowisko robocze /work station/. Miejsce, w którym wykonywany jest określony etap wytwarzania produktu.

Sterowanie adaptacyjne - SA /adaptive control - AC/. Regulacja głębokości skrawania, szybkości skrawania itd. w celu zmniejszenia wariancji skrawania na obrabiarkach SN i innych obrabiarkach automatycznych.

Sterowanie numeryczne - SN /numerical control - NC/. Regulowanie kolejności operacji maszyny przez rozkazy cyfrowe wprowadzane z taśmy dziurkowanej.

Warsztat mechaniczny niewyspecjalizowany /job shop/. Jednostka produkcyjna, która podejmuje się wyprodukowania określonej i-

lości pewnego wyrobu; najczęściej produkuje ona równocześnie szereg różnych wyrobów przy wspólnym użytkowaniu niektórych środków produkcji.

Wytwarzanie /manufacturing/. - Pojęcie obejmujące projektowanie, prace konstruktorskie, budowę prototypów, wytwarzanie części, montaż, kontrolę, przepływ materiałów oraz magazynowanie gotowych wyrobów jednostkowych /dyskretnych/.

Wytwarzanie wspomagane komputerem - WWK /computer assisted manufacturing - CAM/. Użytkowanie komputerów w fabryce do sterowania procesami wytwórczymi lub do ich kontroli.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. Alexander T.: The Hard Road to Soft Automation, Fortune, lipiec 1971.
2. Anderson R.H.: Programmable Automation: The Bright Future of Computers in Manufacturing, Datamation, grudzień 1972.
3. Bloom G.F.: Productivity: Weak Link in our Economy, Harvard Business Review, styczeń-luty 1971.
4. Bowen R.C.: The Needs of Industry for Modernisation, MS 72-903, - The Society of Manufacturing Engineers /SME/, 1972.
5. Boyd K.B.: The Automated Factory, MS 72-549, - The Society of Manufacturing Engineers /SME/, 1972.
6. Brooks Harvey: What's Happening to the US Lead in Technology, Harvard Business Review, maj-czerwiec 1972.
7. Chingari G.: A Methodology for the Simulation of Numerically Controlled Production Systems, dysertacja doktorska, Uniwersytet Kalifornijski w Los Angeles, 1966.

8. Daly A.: The Role of the Industrial Control Computers in the Automobile Industry, Sympozjum Informatyczne, Turyn, 16-18.9.1972.

9. Dietz H.: NC - rationeller fertigen durch Computer-Unterstützung, Datascope, zeszyt 9, tom 3, 1972.

10. Dooley A., Stout T.M.: Rise of the Blue Collar Computer, Harvard Business Review, lipiec-sierpień 1971.

11. Ebner M.L.: Industry, Government and University Roles in Computer-Aided Manufacturing: An Assessment, MS 72-925, - The Society of Manufacturing Engineers , 1972.

12. Edwin A.: Minicomputer Systems in Production and Testing, MS 72-916, - The Society of Manufacturing Engineers , 1972.

13. Evans L.L.: The Need for an Improved Curriculum in the Academic Community, MS 72-906, - The Society of Manufacturing Engineers , 1972.

14. Hirsch B.E.: CAD/CAM in Europe, "Soc. Manuf.Eng.", 1972.

15. Ingham R.: Automation and the medium sized Company, Data Systems, marzec-kwiecień-maj 1968.

16. Nelson R.M.: DNC The Key to Increased Productivity, MS 72-554, - The Society of Manufacturing Engineers , 1972.

17. Opitz H., Engelskirchen H., Budde W.: The Wedding of CAD and CAM, MS 72-915 - The Society of Manufacturing Engineers , 1972.

18. Ruff K.E.: Managing the CAD/CAM Revolution, MS 72-910 - The Society of Manufacturing Engineers , 1972.

19. Thomson A.R.: The Interaction or Marriage of Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacture, MS 72-914 - The Society of Manufacturing Engineers , 1972.

20. More Spending to Automate, Business Week, listopad 1970.

21. Lower Productivity Threatens Growth, Business Week, styczeń 1972.

22. Revolutionaries Meet to Plot Strategy, Computer Decisions, marzec 1972.

ZAŁĄCZNIK A

POŁĄCZENIE PWK Z WWK[x/]

Prof.dr Herwart Opitz
Pracownia Obrabiarek,
Politechnika

dr Wolfgang Budde
Dyrektor, EXAPT

Dr W.Hans Engelskirchen
Asystent Dyrektora ds. Produkcji
Hamburger Flugzeugbau G.mb.H
Oddział firmy Messerschmitt-Bolkow-Blohm G.mb.H

---

x/ referat wygłoszony na Seminarium PWK/WWK I w Atlanta, Georgia, 1972. Przedruk za zezwoleniem Stowarzyszenia Inżyn. Produkcyjnych.

WPROWADZENIE

Zastosowanie wysoce zautomatyzowanych urządzeń w produkcji masowej doprowadziło w przeszłości do znacznych wyników racjonalizacyjnych.

Natomiast metody wytwórcze w produkcji mało- i wielko-seryjnej, które przeważają w przemyśle dóbr inwestycyjnych, pozostały dotąd bez porównywalnych wyników.

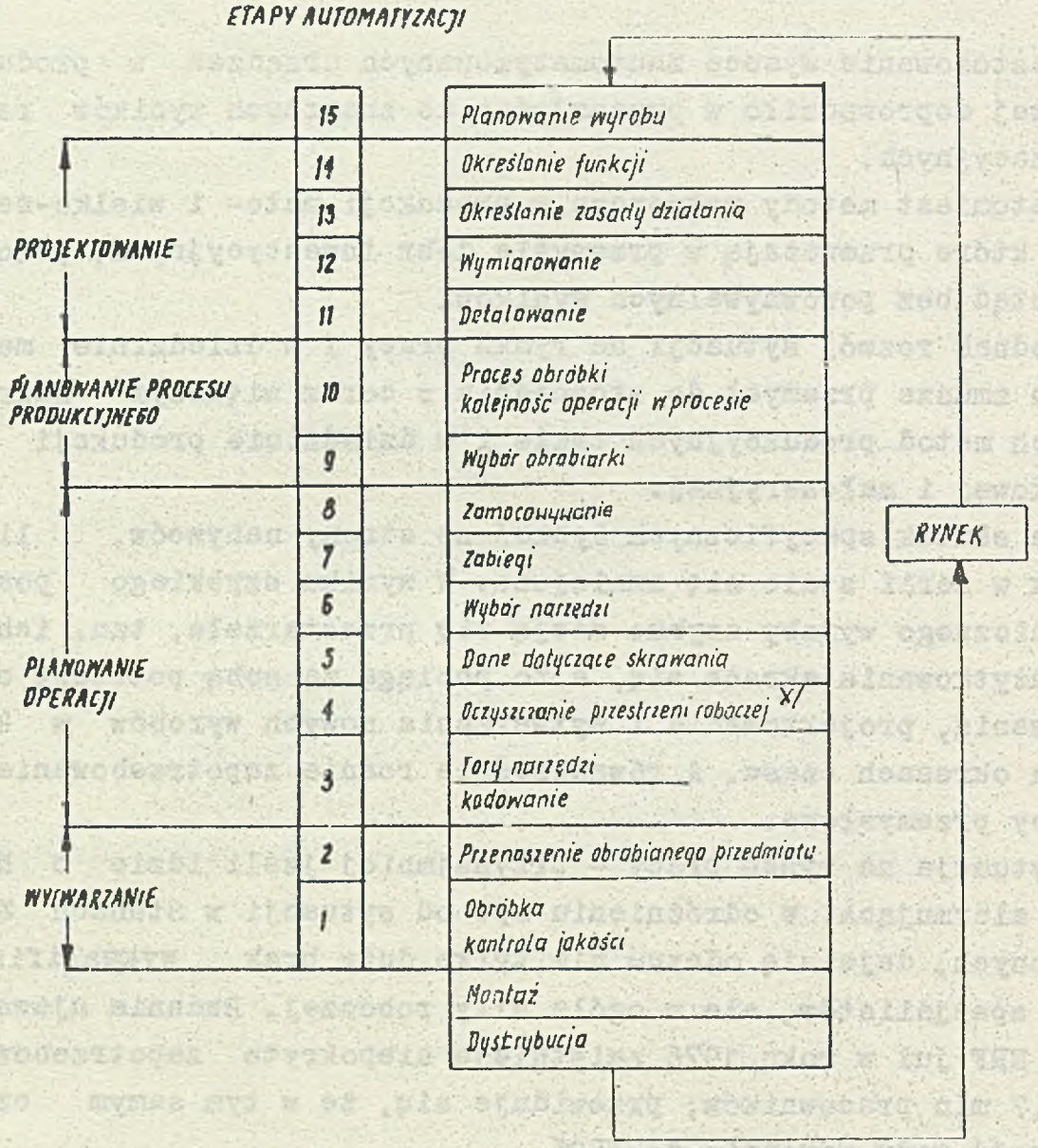
Jednak rozwój sytuacji na rynku pracy i w dziedzinie marketingu zmusza przemysł do stosowania w coraz większym zakresie nowych metod produkcyjnych także i w dziedzinie produkcji jednostkowej i małoseryjnej.

Na skutek specyficznych życzeń ze strony nabywców, liczba sztuk w serii stale się zmniejsza. W wyniku szybkiego postępu technicznego wyroby szybko stają się przestarzałe, tzn. ich okres użytkowania skraca się, a to pociąga za sobą potrzebę opracowywania, projektowania i wytwarzania nowych wyrobów w krótszych okresach czasu. A równocześnie rośnie zapotrzebowanie na wyroby przemysłowe.

Sytuacja na rynku pracy - przynajmniej jeśli idzie o NRF - jest alarmująca. W odróżnieniu np. od sytuacji w Stanach Zjednoczonych, daje się odczuć nie tylko duży brak wykwalifikowanych specjalistów, ale w ogóle siły roboczej. Badania ujawniły, że w NRF już w roku 1976 zaistnieje niepokryte zapotrzebowanie na 1,7 mln pracowników; przewiduje się, że w tym samym czasie płynność kadr wzrośnie do 350%.

Gospodarka o pełnym zatrudnieniu, taka jak w NRF, może rosnąć tylko w drodze wzrostu wydajności pracy. Dzięki komputerom uzyskano narzędzie zdolne do skutecznego zracjonalizowania i zautomatyzowania całego procesu produkcyjnego - od projektu aż po obróbkę.

Całość procesu produkcyjnego, od zaplanowania wyrobu, aż po fazę montażu, można potraktować jako kolejne przygotowywanie danych, operowanie danymi i przetwarzanie danych /rys.10/. Komputer stanowi przy tym doskonałą pomoc do zautomatyzowania niez-



X/ w oryginale: „area clearance"

RYS. 10 ETAPY ZINTEGROWANEGO SYSTEMU PWK/WWK

będnych procedur przetwarzania danych. Ponieważ przygotowanie odpowiedniego oprogramowania dla skomplikowanych systemów PWK/WWK pociąga za sobą duże wydatki, spróbowano w dziedzinie produkcji zautomatyzować na razie tylko rozwiązywanie pojedynczych problemów. Lepsze wyniki powinno przynieść połączenie różnych rozwiązań szczegółowych w jeden zintegrowany system produkcyjny, obejmujący też planowanie i projektowanie. W niniejszym referacie postaramy się wyjaśnić, na przykładzie niektórych niemieckich prac badawczych, że taka koncepcja jest wykonalna oraz wskazać, które jej elementy już istnieją i na które punkty trzeba będzie skierować główny wysiłek przy przyszłych pracach rozwojowych.

Wytwarzanie wspomagane komputerem

W związku z wspomnianą wyżej sytuacją na rynku pracy i w dziedzinie zatrudnienia, działy produkcyjne przedsiębiorstw o produkcji jednostkowej i seryjnej stoją w obliczu następujących konieczności:

. zwiększyć wydajność pracy przez zastosowanie zautomatyzowanych urządzeń produkcyjnych,

. podnieść efektywność ekonomiczną przez przystosowanie urządzeń produkcyjnych do zadań produkcyjnych,

. zwiększyć elastyczność procesu produkcyjnego, tzn. szybkość przestawiania go do innych zadań wytwórczych.

Te punkty można łącznie określić jako wymaganie możliwie najwyższej sprawności w procesie produkcyjnym.

Maszyny konwencjonalne rzadko są wyposażone w urządzenia do uproszczonego lub automatycznego ustawiania, nastawiania, regulowania oraz wymiany narzędzia lub obrabianego przedmiotu, wskutek czego traci się dużą część teoretycznie operacyjnego czasu.

Rozwój sterowania numerycznego i komputerów stworzył niezbędne przesłanki dla podniesienia sprawności. Automatyzacja całego procesu wytwórczego przyczynia się do podniesienia sprawności obrabiarek, które mogą pracować przez 24 godziny na dobę, podczas gdy operatorzy potrzebni są tylko przez jedną zmianę dla załadowania.

Urządzenia produkcyjne, które mogą składać się albo z jednego stanowiska obróbki, albo z grupy stanowisk obróbki, muszą wtedy spełniać warunki wskazane na rysunku 11.

. Cykl obróbki, tzn. pomiar, ustawianie i nastawianie do wykonania różnych operacji, musi być zautomatyzowany przez użycie sterowania numerycznego. Równocześnie można przez sterowanie adaptacyjne i obróbkę wielopozycyjną skrócić czas skrawania. Takie ułatwienia często już istnieją w obrabiarkach SN.

. Ponadto urządzenia produkcyjne należy rozmieścić w sposób odpowiadający automatycznemu przebiegowi pracy, tzn.automatycznemu wykonywaniu wszystkich operacji wymaganych dla obróbki danego przedmiotu. W tym celu stanowiska obróbki muszą być dodatkowo wyposażone w odpowiednie urządzenia do automatycznej wymiany narzędzi i obrabianych przedmiotów. Warunki te spełniają np. ośrodki obrabiarkowe SN, które są w stanie ukończyć w jednym miejscu wszystkie operacje, które można wykonać za jednym zamocowaniem.

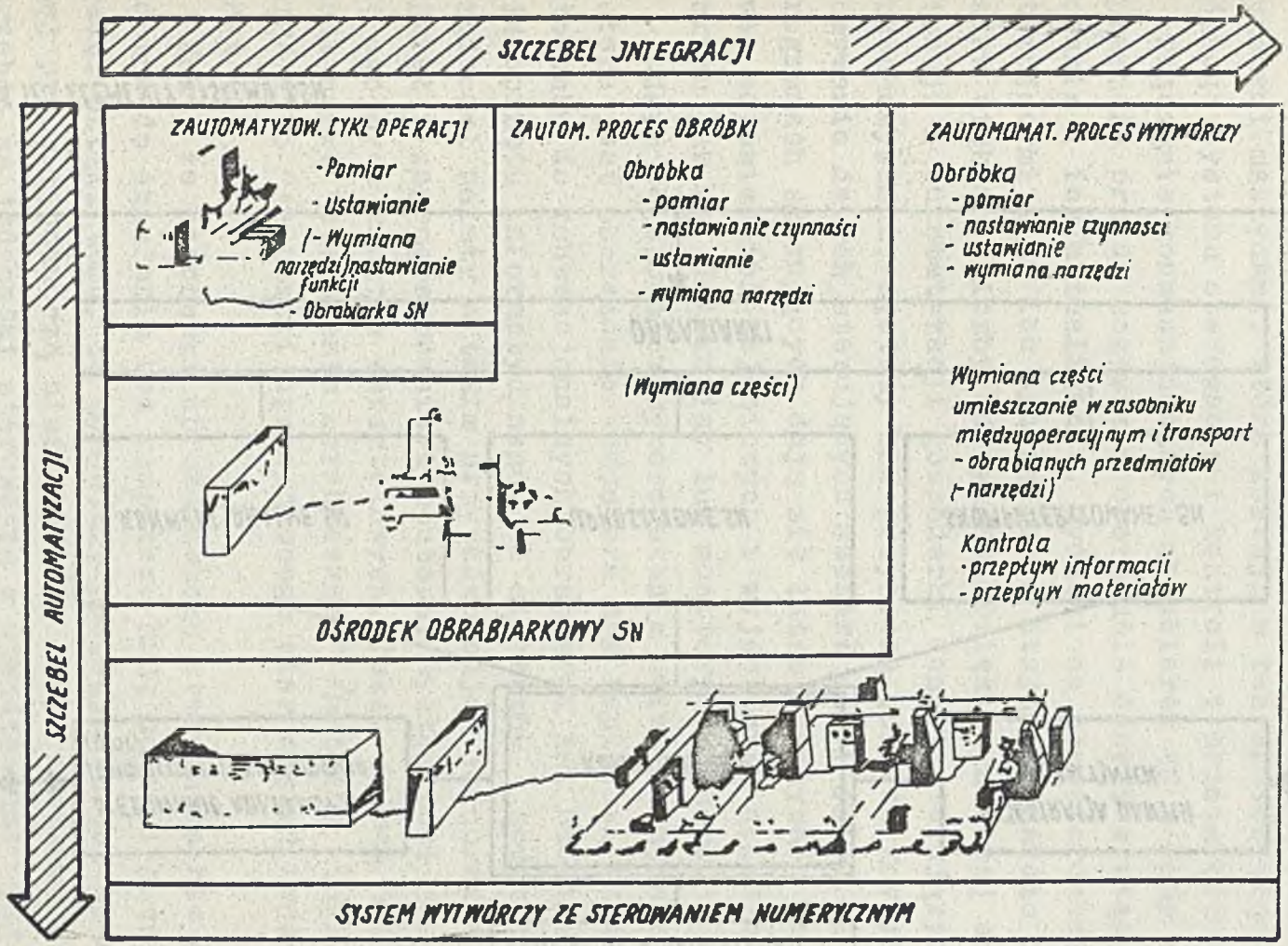
. Automatyczny proces obróbki różnych przedmiotów w dowolnej kolejności wymaga, by oprócz automatycznego cyklu operacji na stanowiskach obróbki,zapewnione było też powiązanie z zasobnikami międzyoperacyjnymi i sprzętem transportowym.

. Dla zapewnienia w pełni automatycznego sterowania kolejnością operacji trzeba do cyklu obróbki włączyć także kontrolę produkcji. Ze względu na duże ilości danych i dużą liczbę decyzji logicznych, które trzeba podejmować, kontrolę takich skomplikowanych jednostek muszą wykonywać komputery.

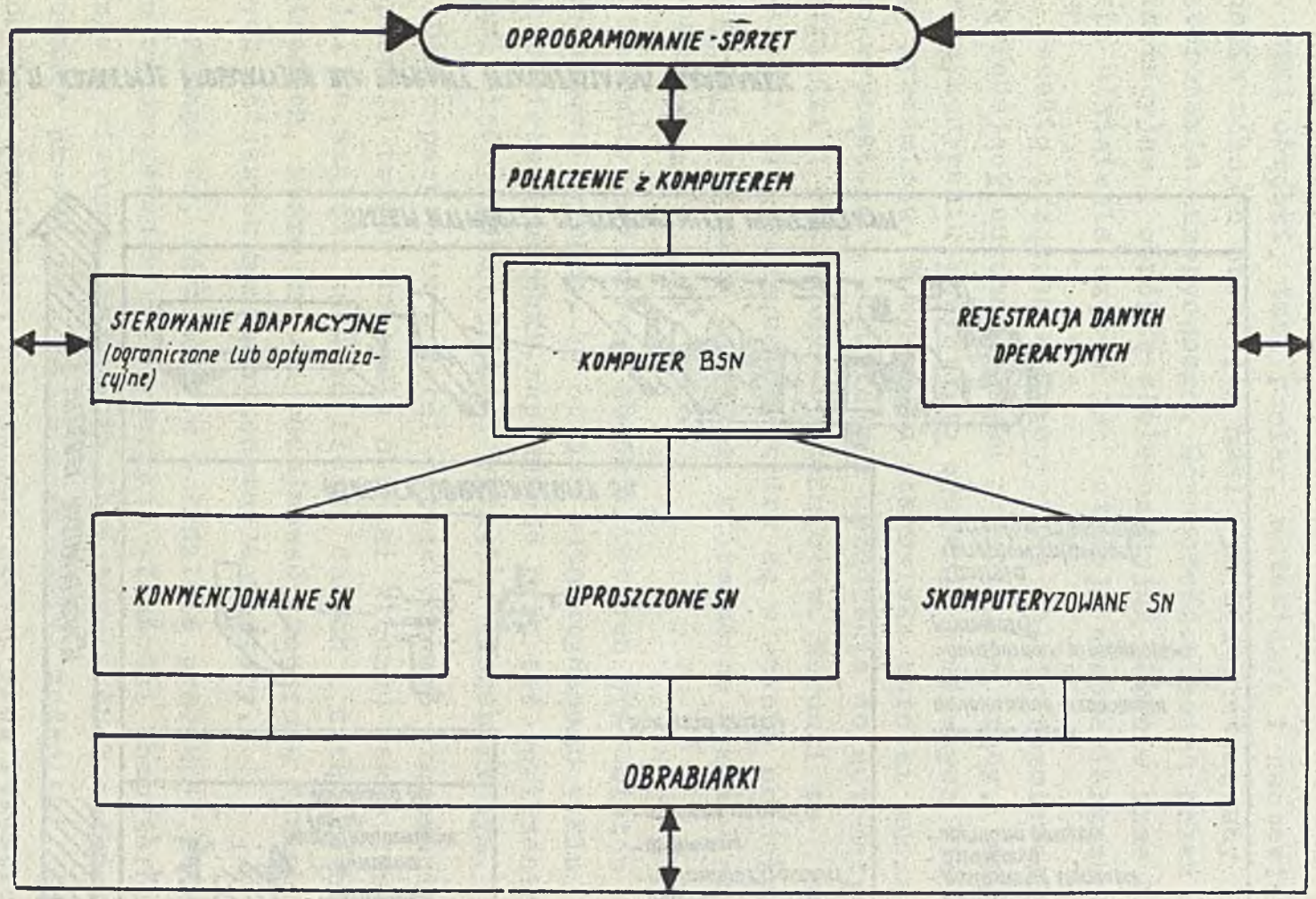
Wymaga to, również i w dziedzinie produkcji,intensywniejszego wykorzystania uniwersalnych własności komputerów. Rozwój idzie w kierunku obarczenia komputera - obok automatycznego sterowania produkcją - także dodatkowymi zadaniami, takimi jak np. kontrola produkcji, pobieranie próbek oraz rejestrowanie danych operacyjnych.

Prace Politechniki Akwizgrańskiej koncentrują się głównie wokół opracowania sprawnych systemów oprogramowania.

Na rysunku 12 pokazano elementy, które można zużytkować do



RYS. 11 KONCEPCJE PRODUKCYJNE DLA POPRAWY WYKORZYSTANIA OBRABIAREK



RYS. 12 ELEMENTY SYSTEMU BSN

budowy systemu bezpośredniego sterowania numerycznego /BSN/ urządzeniami produkcyjnymi.

Zastosowanie bezpośredniego sterowania numerycznego nie ogranicza się do całych systemów produkcyjnych ze sterowaniem numerycznym, ale daje duże korzyści także przy sterowaniu pojedynczymi maszynami, które zostają w ten sposób włączone do ogólnego systemu sterowania i kontroli w przedsiębiorstwie.

Włączenie konwencjonalnych obrabiarek SN w ramy systemów BSN upraszcza przede wszystkim operowanie danymi służącymi do sterowania i ich aktualizację. Wydatki na gospodarowanie taśmami sterującymi i na ich sporządzanie stają się bardzo duże,w przypadku większej liczby maszyn SN. Dzięki właściwej sobie centralizacji i automatyzacji gospodarki danymi sterującymi i ich przechowywania, systemy BSN przynoszą poważne korzyści: przygotowywanie danych sterujących zabiera mniej czasu, a poprawki w programach sterujących dają się łatwo wykonywać za pośrednictwem odpowiednich wejściowych i wyjściowych urządzeń końcowych, takich jak np. dalekopisy lub monitory ekranowe.

Jednym ze sposobów wykorzystania uniwersalnych zdolności komputera jest obarczanie komputera BSN funkcjami sterowniczymi w stosunku do konwencjonalnych obrabiarek SN. Umożliwia to redukcję sprzętu informatycznego. Od elementów powtarzalnych oszczędności należy w takim przypadku odjąć jednorazowy wydatek na sprzęt i zaprogramowanie komputera. System taki przynosi obniżkę ogólnych kosztów warsztatowych. Taka jednostka sterowania nosi nazwę "sterowania obrabiarkami" /machine tool control - MTC/ albo "jednostki uproszczonego sterowania" /reduced control unit/.

Fakt, że jednostki uproszczonego sterowania nie są w pełni zdolne do działania bez komputera BSN, uchodzi często za ich wadę. Dzięki temu, że komputery powodują wzrost czasu efektywnej pracy i podnoszą niezawodność, nowym systemom BSN niepotrzebne są jednostki sterowania z urządzeniami wejściowymi w postaci czytników taśmy dziurkowanej.

Komputer BSN często nie jest w stanie przejąć niektórych złożonych i rozległych funkcji sterowania. Wymagają one albo zbyt wiele miejsca w pamięci, tak że pojemność pamięci komputera BSN

nie wystarcza, by móc przyłączyć większą liczbę obrabiarek, albo pojawiają się chwilowe przeciążenia komputera BSN. Interpolacje wyższego stopnia, interpolacje powierzchniowe i obliczenia prędkości w zależności od krzywizn zarysu, to przykłady czynności, które mogą powodować chwilowe przeciążenie komputera BSN w przypadku przyłączenia kilku obrabiarek.

Realizacja wyżej wspomnianych czynności przez sprzęt taki jak w przypadku konwencjonalnego sterowania SN, szybko prowadzi do rozległego i nieelastycznego, wyspecjalizowanego sterowania. Natomiast przez zastosowanie minikomputerów można z jednej strony uzyskać tańsze jednostki sterowania, a z drugiej strony osiągnąć maksymalną elastyczność jednostki sterowania. Jednostki sterowania zawierające /swobodnie/ programowany minikomputer znane są pod nazwą "komputerowego sterowania numerycznego" -KSN /computer numerical control - CNC/.

Minikomputer marki Dietz /NRF/ zastosowano do realizacji sterowania dwuosiowym ciągłym torem narzędzia w tokarce z automatyczną wymianą narzędzi, do interpolacji liniowej i kołowej, jak również do ustawiania innych czynności za pośrednictwem monitora ekranowego. Wprowadzanie programu odbywa się albo poprzez wbudowany czytnik taśmy, albo przez nadrzędny komputer BSN.

Szczególną zaletą sterowania KSN jest korzystny stosunek ceny do efektu oraz elastyczność tego sterowania.

W ramach systemów BSN trzeba będzie zatem, uwzględniając ich specjalne wymagania, opracować dwa różne typy jednostek sterowania, a mianowicie "sterowanie obrabiarkami" /MTC/ i KSN. Jak widać z przykładów metoda rozwiązywania tych problemów już istnieje. Konwencjonalne sterowanie numeryczne jako samodzielna jednostka sterowania nie tylko będzie nadal istniało, ale także będzie mogło być w każdej chwili włączone w system BSN.

Dla podniesienia wydajności obrabiarek ważna jest /elastyczna/ adaptacja warunków skrawania do zmienionych wymagań obróbki za pomocą adaptacyjnych systemów sterowania.

Systemy ograniczonego sterowania adaptacyjnego /adaptive control constraint systems/ mają za zadanie regulować proces obróbki w zakresie uprzednio zadanych wartości ograniczających i

czynności. W przypadku systemów BSN wartości te zostają uprzednio wyspecyfikowane przez komputer.

Systemy optymalizacyjnego sterowania adaptacyjnego /adaptive control optimization systems/ mają na celu doprowadzenie procesu obróbki do pożądanego optimum. Uprzednie wyspecyfikowanie zadanych wartości lub modyfikacja parametrów sterowania opierają się na wynikach obliczenia. W większości przypadków obliczenia te są dość rozległe, wskutek czego ekonomiczne użytkowanie systemów optymalizacyjnych będzie prawdopodobnie skupiać się głównie w ramach systemów BSN, w których komputer BSN oblicza uprzednio wyspecyfikowane optymalne wartości.

Tokarka na Politechnice Akwizgrańskiej ze "sterowaniem obrabiarek" /MTC/ jest też wyposażona w system ograniczonego sterowania adaptacyjnego. Służy on do pomiaru momentu obrotowego i za pomocą wbudowanego obwodu sterującego /hardware control circuit/ wpływa na posuw. Zadaną wartość momentu obrotowego i granice zakresu posuwu podaje system BSN.

Przez dodatkowe zamontowanie przyrządu pomiarowego, który ułatwia określenie zużycia narzędzia podczas operacji, nadano instalacji charakter systemu optymalizacyjnego sterowania adaptacyjnego dzięki obliczaniu przez komputer BSN wariantowych danych o koszcie skrawania.

Innym przykładem systemu optymalizacyjnego sterowania adaptacyjnego jest maszyna z iskrownikiem, również włączona do systemu BSN.

Przez rejestrację odpowiednich danych z hali produkcyjnej, ich ocenę, analizę, dokumentację i ujmowanie w zbiory, można dość znacznie usprawnić organizację przedsiębiorstwa. Dzięki bezpośredniemu połączeniu komputera z obrabiarkami, systemy BSN szczególnie nadają się do zbierania danych operacyjnych. Inną dużą ich zaletą jest szybka analiza danych. Przez "sprzężenie zwrotne" z halą produkcyjną można uwzględniać przy sterowaniu produkcją przestoje obrabiarek itd. Ponadto można tym zbieraniem danych na miejscu posłużyć się do uzyskiwania dokładniejszych danych dla potrzeb przyszłego planowania. Można też otrzymywać w krótszych odstępach czasu konkretne, kwalifikowane dane dla celów zarządzania. Sprawozdań tych można też używać jako

pomocy decyzyjnych w sprawach inwestycji, zatrudnienia itd.

Na rysunku 13 podano uproszczony przegląd systemu rejestracji danych produkcyjnych, częściowo opracowanego w Akwizgranie. Z lewej strony rysunku wskazano różne typy wprowadzanych danych, np.:

. informację przechowywaną w systemie BSN,

. zerejestrowaną informację otrzymaną od przełączników, zegarów, przyrządów pomiarowych itd.,

. informację otrzymaną od operatora, ponieważ nie można jej rejestrować automatycznie, np. przyczyny przestojów itp.

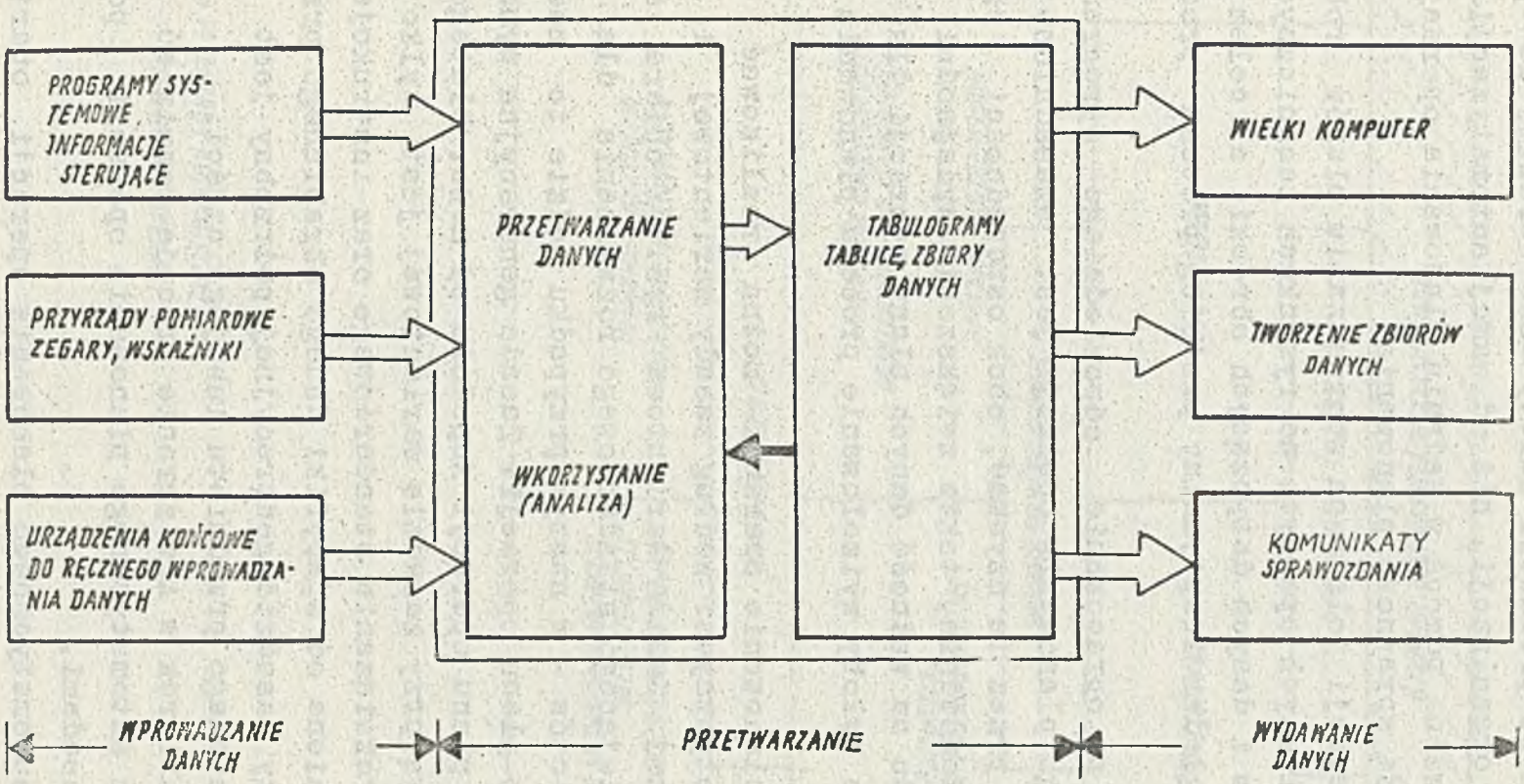
Wykorzystanie danych zebranych w hali produkcyjnej odbywa się w różny sposób, jak to uwidoczniono po prawej stronie rysunku. Dane mogą być wprost analizowane przez wielki komputer. Można też informację zarejestrować w zbiorach danych w celu jej późniejszego wykorzystania. Poza tym system wydaje komunikaty i sprawozdania o swoim stanie.

Do dialogu między operatorem a komputerem we wspomaganych komputerem systemach wytwarzania szczególnie nadają się graficzne urządzenia końcowe. W Akwizgranie zastosowano w systemie BSN urządzenie końcowe Tectronics. Ekran podaje wskazówki, np. o stanie podłączonych obrabiarek. Może jednak także podawać instrukcje dla operatora. Informację wymaganą do dialogu z komputerem wprowadza się za pośrednictwem klawiatury.

Realizacja możliwości tkwiących w systemach BSN wymaga - oprócz opracowania właściwego sprzętu informatycznego, a więc przede wszystkim odpowiednich komputerów dla BSN, SN, KSN i dla "sterowania obrabiarkami", a poza tym kanałów, systemów transmisji danych itd. - również opracowania obszernego i sprawnego oprogramowania. Obecne prace rozwojowe koncentrują się w tej właśnie dziedzinie.

Planowanie operacji wspomagane komputerem

Do celów automatyzacji wydziałów produkcyjnych i do różnych zadań wytwórczych, przedsiębiorstwa mają do dyspozycji zróżnicowany wachlarz wydajnych obrabiarek. Aby zdolność produkcyjna urządzeń była odpowiednio wykorzystana, planowanie operacji musi



RYS. 13 REJESTRACJA DANYCH PRODUKCYJNYCH

dostarczyć starannie wybranych i pewnych informacji sterujących. Zakres automatyzacji produkcji zależy dziś bardziej od problemów planowania i organizacji, niż od samej automatyzacji maszyn.

Komputery są ważną pomocą w zadaniu planowania operacji, umożliwiając wyższą sprawność planowania.

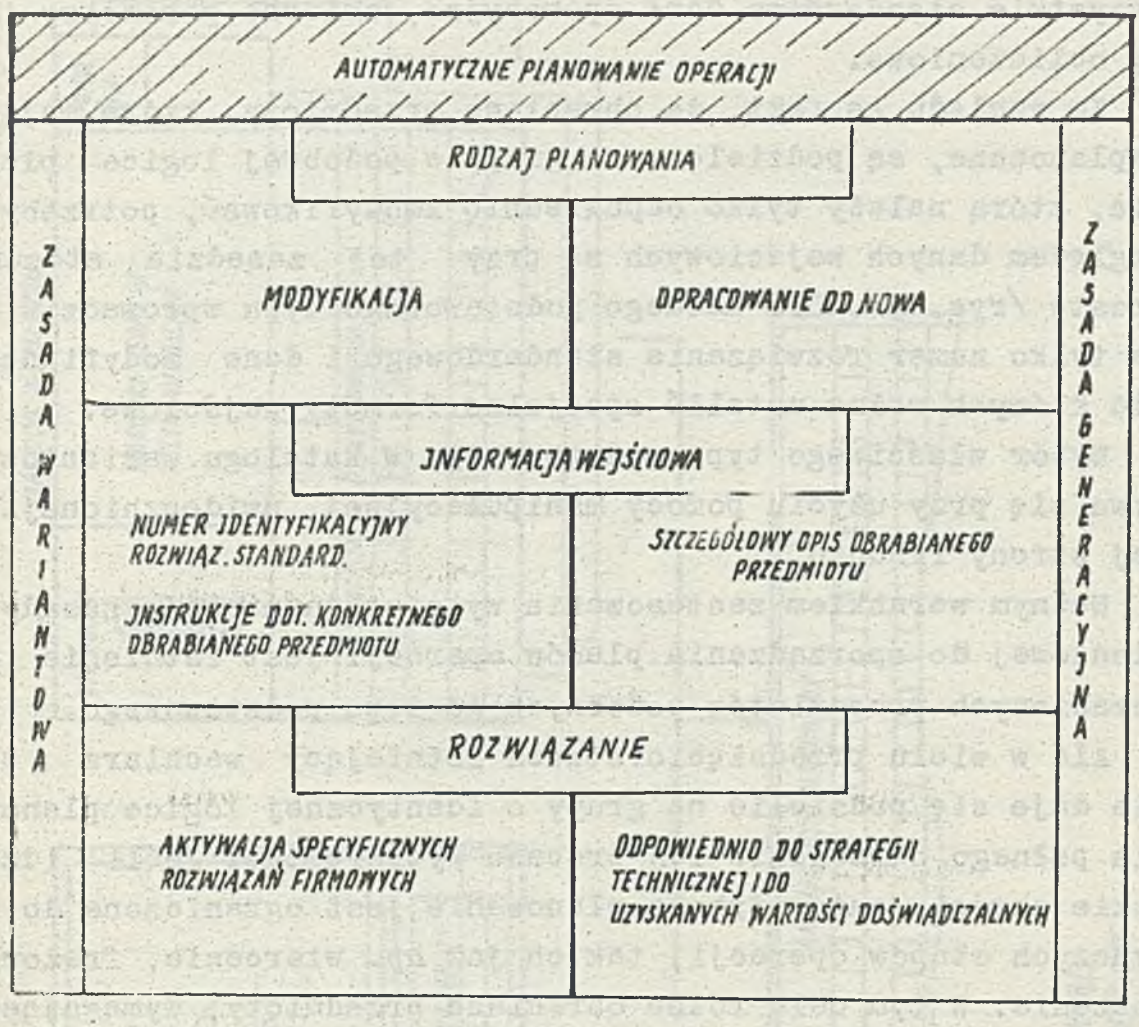
Planowanie operacji polega na sporządzaniu planów roboczych i kart technologicznych opartych na rysunkach technicznych, wykazach materiałów i danych dotyczących obróbki, a celem tego planowania jest gładki i optymalny przebieg procesu produkcyjnego.

Wysoki nakład na opracowanie odpowiedniego oprogramowania dla automatycznego planowania operacji jest uzasadniony tylko wtedy, gdy można przez to uzyskać, obok oszczędności czasu w samym procesie planowania, także zwiększenie wydajności obrabiarek. Ze względu na ważność danych planu operacji dla innych zadań, niesłuszne byłoby wyizolowanie procesu planowania z całości systemu.

Automatyczne planowanie operacji można realizować według dwóch zasad teoretycznych: według zasady wariantowej i według zasady generacyjnej. Zasada wariantowa /rys.14/ opiera się na modyfikacji istniejącego standardowego rozwiązania dla grupy podobnych przedmiotów - w naszym przypadku będzie to modyfikacja standardowego planu operacji. Zasada generacyjna wymaga zawsze opracowania planu operacji zupełnie od nowa. Dlatego informacją wejściową przy zasadzie wariantowej jest tylko numer identyfikacyjny rozwiązania standardowego oraz instrukcje modyfikacyjne uzależnione od specyfiki danego obrabianego przedmiotu. Natomiast przy zasadzie generacyjnej potrzebny jest szczegółowy opis obrabianego przedmiotu lub jego części.

Pracownia Obrabiarek w Akwizgranie próbuje rozwiązać skomplikowany problem automatycznego planowania operacji, posługując się obiema zasadami.

Jeden system automatycznego planowania operacji oparto na zasadzie wariantowej i na standardowych planach operacji. Myślą przewodnią systemu jest podział obrabianych przedmiotów na grupy o podobnej charakterystyce geometrycznej i technologicznej. W przemyśle budowy maszyn są to szczególnie często powtarzające się wały, koła zębate, tuleje, dźwignie itd. Dla każdej grupy



RYS. 14 ZASADY AUTOMATYCZNEGO PLANOWANIA OPERACJI

obrabianych przedmiotów określa się podstawowy typ, dla którego sporządza się obowiązujące rozwiązanie standardowe, obejmujące wszystkie standardowe dane operacyjne, zmienne parametry i wzory obliczeniowe.

Ze względu na fakt, że obrabiane przedmioty, które mają być zaplanowane, są podzielone na grupy o podobnej logice planowania, którą należy tylko odpowiednio zmodyfikować, potrzeby pod względem danych wejściowych są przy tej zasadzie stosunkowo proste /rys.15/. Dla każdego podstawowego typu wprowadzić trzeba tylko numer rozwiązania standardowego i dane modyfikacyjne, dla których można ustalić specjalne formaty wejściowe.

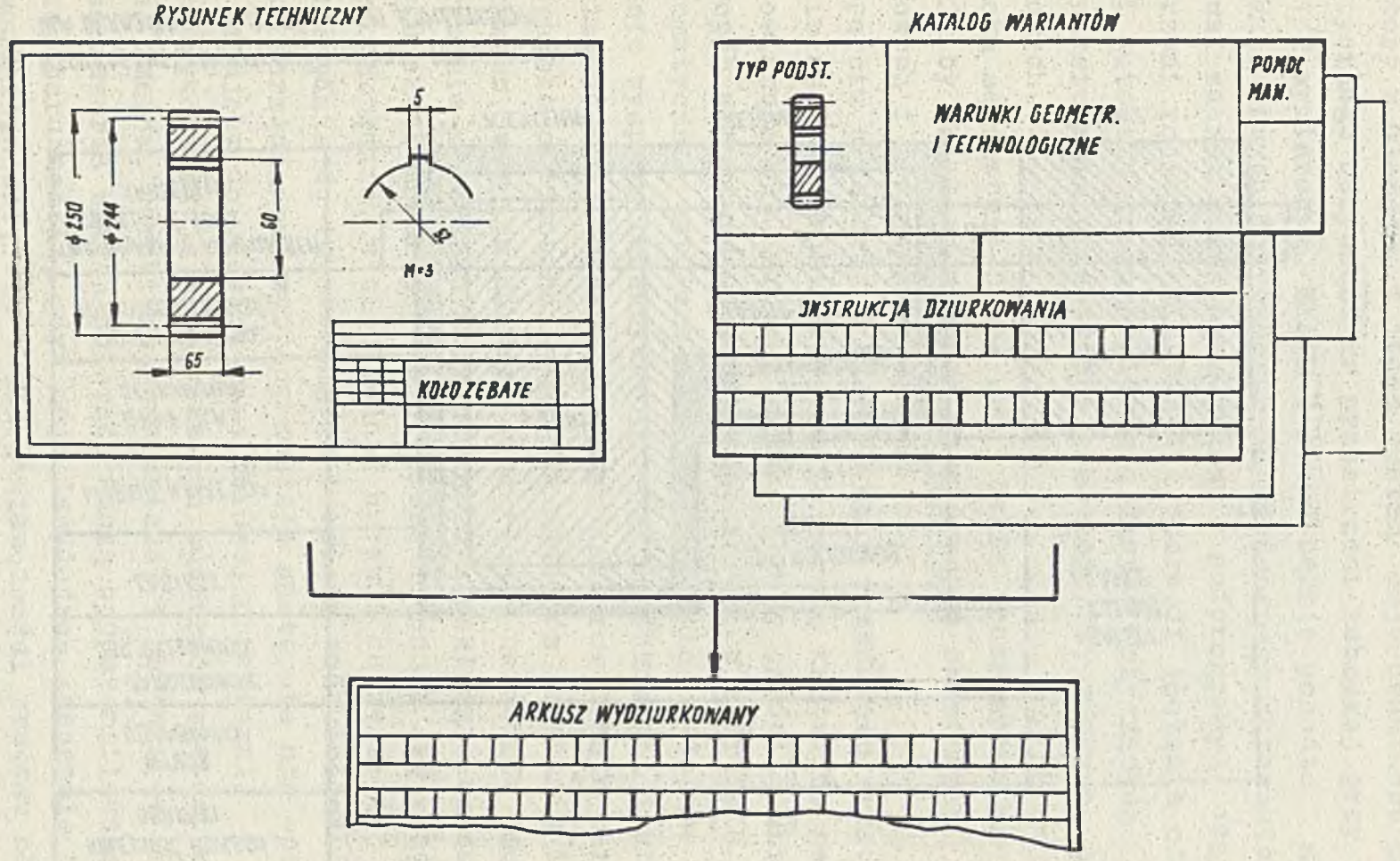
Wybór właściwego typu podstawowego w katalogu wariantów odbywa się przy użyciu pomocy manipulacyjnej, uwidocznionej z prawej strony rysunku.

Ważnym warunkiem zastosowania wyżej objaśnionej zasady wariantowej do sporządzania planów operacji jest istnienie wielu obrabianych przedmiotów podobnych do typu podstawowego.

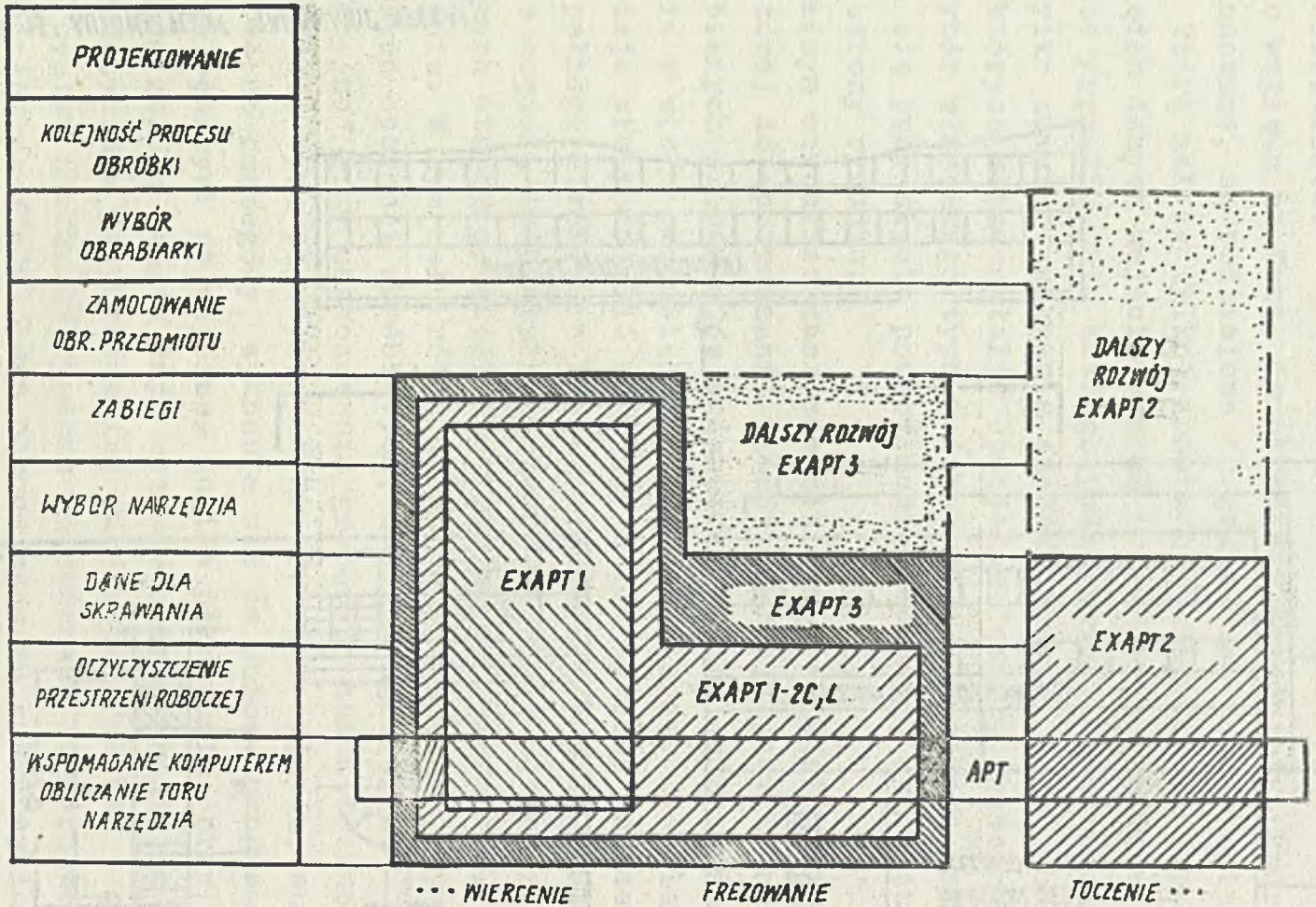
Ale w wielu przedsiębiorstwach istniejący wachlarz części nie daje się podzielić na grupy o identycznej logice planowania dla pełnego określenia ich procesu wytwórczego. Jeśli idzie o takie części, automatyczne planowanie jest ograniczone do pojedynczych etapów operacji, takich jak np. wiercenie, frezowanie, toczenie. W tym celu różne obrabiane przedmioty, wymagające jednakowych operacji obróbkowych, zostają zgrupowane w "rodziny operacyjne" przy zastosowaniu grupowych zasad technologicznych. Planowanie tych pojedynczych kroków operacyjnych, automatycznie rozbite na szczegóły, wykonuje się za pomocą programów komputerowych opartych na wspólnej logice planowania, przy czym istniejące zbiory danych mają możność oddziaływania na tę logikę.

Praktycznym przykładem tej tak zwanej "zasady generowania" jest system EXAPT. Na rysunku 16 pokazano stan rozwoju różnych części języka EXAPT. Lewa strona rysunku wyszczególnia już zautomatyzowane etapy planowania technologicznego dla wiertarek, frezarek i tokarek ze sterowaniem numerycznym.

EXAPT 1 ułatwia automatyczne określanie cykli obróbki, oprzyrządowania, parametrów sterowania oraz torów narzędzi dla wiertarek. EXAPT 1-2C,L /procesory obu języków połączono na Poli-



RYS. 15 AUTOMATYCZNE PLANOWANIE OPERACJI (ZASADA WARIANTOWA) - DANE WEJŚCIOWE



RYS. 16 WSPOMAGANE KOMPUTEREM SYSTEMY PROGRAMOWANIA DLA OBRABIAREK ZE STEROWANIEM NUMERYCZNYM

technice Akwizgrańskiej, we współpracy z National Engineering Laboratory w Glasgow, w jeden system/ daje dodatkowo możliwości automatycznego oczyszczania przestrzeni roboczej przy frezowaniu 2 1/2-wymiarowym. EXAPT 3 dawać będzie ponadto możliwości obliczania danych dotyczących automatycznego skrawania i będzie obejmował zaawansowane standardowe podprogramy oczyszczania przestrzeni roboczej. EXAPT 2 dla operacji toczenia oferuje możliwości automatycznego obliczania danych dotyczących skrawania oraz oczyszczania przestrzeni roboczej przy różnych operacjach obróbkowych.

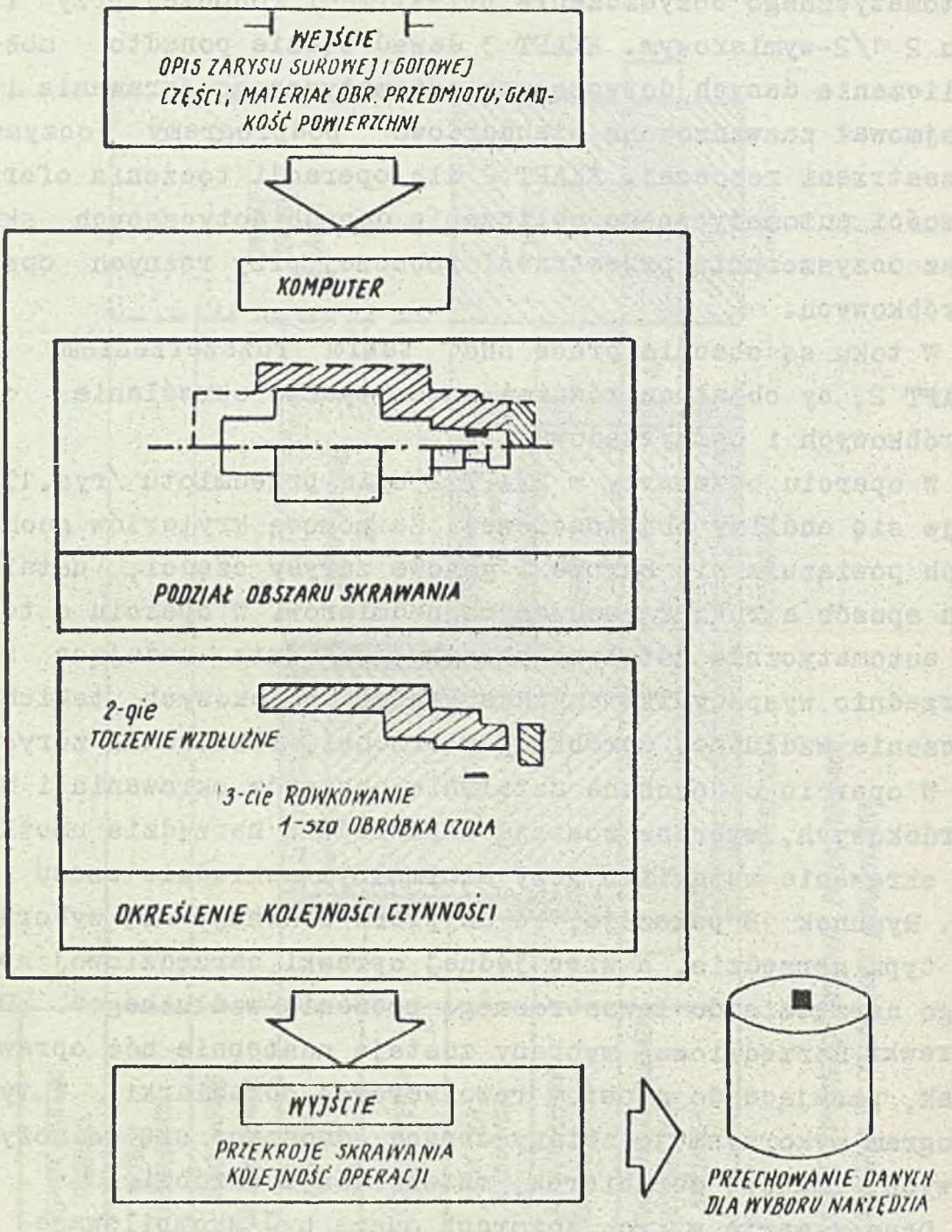
W toku są obecnie prace nad takim rozszerzeniem systemu EXAPT 2, by objął on również automatyczne określanie operacji obróbkowych i oprzyrządowania.

W oparciu o zawarty w EXAPT 2 opis przedmiotu /rys.17/ dokonuje się analizy objętościowej. Za pomocą kryteriów geometrycznych powiązuje się surowe i gotowe zarysy części, ustalając w ten sposób strukturę usuwanych nadmiarów. W oparciu o to zostają automatycznie ustalone obszary skrawania nadające się do uprzednio wyspecyfikowanych operacji obróbkowych, takich jak np. toczenie wzdłużne, obróbka powierzchni, rowkowanie zarysu itd.

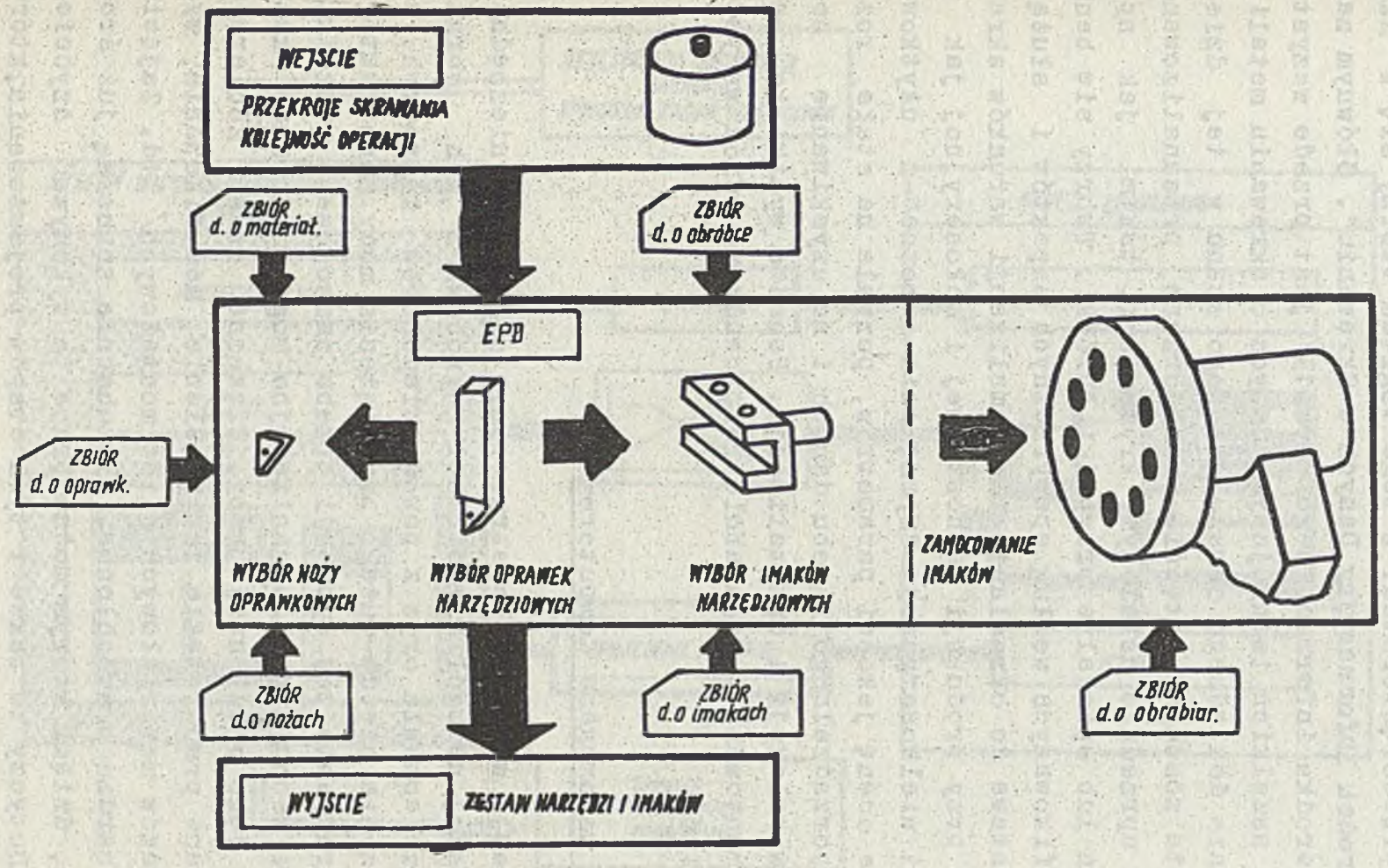
W oparciu o dokonane ustalenie obszarów skrawania i operacji obróbkowych, wybrane zostają odpowiednie narzędzia umożliwiające skrawanie materiału przy minimalnym nakładzie czasu i kosztu. Rysunek 18 pokazuje, że najpierw dokonuje się wyboru jednego typu narzędzia, a więc jednej oprawki narzędziowej np."prostego narzędzia do lewostronnego toczenia wzdłużnego". Dla tej oprawki narzędziowej wybrany zostaje następnie nóż oprawkowy i imak, pasujące do głowicy rewolwerowej obrabiarki. W tym celu program wykorzystuje zbiory danych odnoszące się do noży oprawkowych, imaków, obrabiarek, materiałów i obróbki,

Dane zawarte w tych zbiorach muszą być skompilowane z największą starannością, gdyż mają decydujące znaczenie nie tylko dla ekonomiczności, ale i dla niezawodności procesu obróbki /np. na kosztownych maszynach SN/.

Ponieważ przygotowanie potrzebnych danych wejściowych dla pojedynczego przedsiębiorstwa jest związane z dużym nakładem czasu i kosztu, bardzo pomocne do przezwyciężenia wstępnych



RYS. 17 AUTOMATYCZNE PLANOWANIE OPERACJI - TOCZENIE

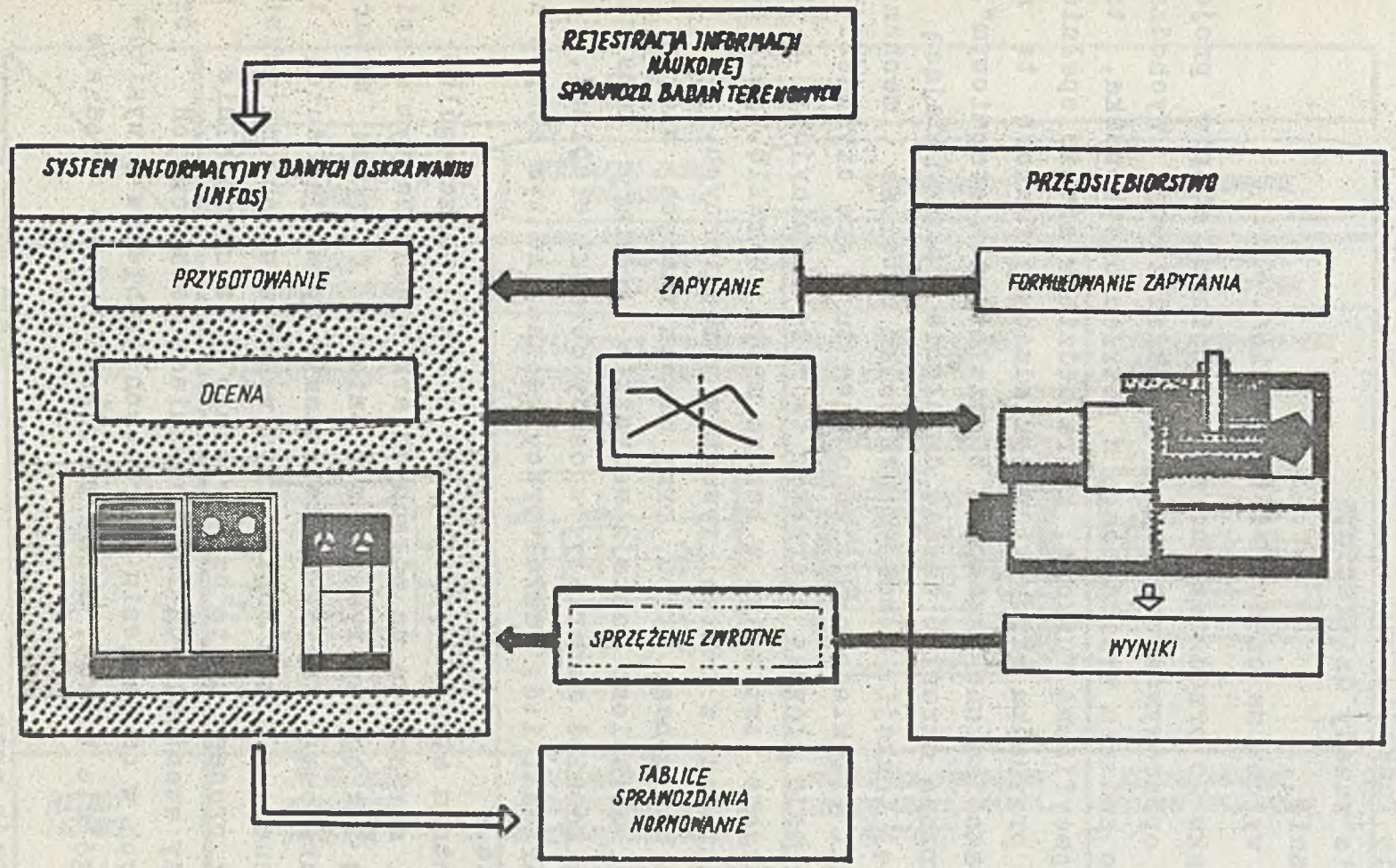


RYS. 18 AUTOMATYCZNE PLANOWANIE OPERACJI
- WYBÓR OPRZYRZĄDOWANIA

trudności przy wprowadzaniu automatycznych systemów planowania operacji byłoby przygotowanie niezbędnych danych niezależnych od specyfiki przedsiębiorstwa. Z tego względu tworzy się w Akwizgranie "Ośrodek Informacyjny Danych o Skrawaniu". Głównym zadaniem tego ośrodka informacyjnego /rys.19/ jest przede wszystkim zbieranie wszelkich istniejących danych o skrawaniu metali, w celu uzyskania dokładnego obrazu obecnego stanu w tej dziedzinie. Dane te zostają następnie przetworzone, przeanalizowane i porównane z uprzednio ustalonymi kryteriami, takimi jak np. zużycie maszyn lub specjalne przypadki obróbki. Tworzy się bank danych sklasyfikowanych według specyficznych aspektów i służących jako podstawa do określania i optymalizacji warunków skrawania zarówno przy produkcji jednostkowej i małoseryjnej jak i przy produkcji wielkoseryjnej. "Sprzężenie zwrotne" z użytkownikiem, dające ocenę jakości parametrów, pozwala na stałe rozszerzanie rozporządzalnego zasobu danych i na uzyskiwanie nowych kryteriów selekcji i optymalizacji. Ponadto wyniki te muszą być zdokumentowane i regularnie rozprowadzane wśród wszystkich użytkowników.

Projektowanie wspomagane komputerem

Racjonalizacja w dziale konstrukcyjnym stała się niezbędna z powodu krótszej na ogół "żywotności" wyrobów i ich coraz większego zróżnicowania oraz z powodu niedoborów kadrowych, co łącznie przyczynia się do dużego przeciążenia mocy konstruktorskich. Dla zaradzenia tej sytuacji trzeba zastosować wszelkie możliwe pomoce techniczne i organizacyjne mogące dopomóc konstruktorowi w jego codziennej pracy. Większość czasu zabierają mu zrutynizowane prace, takie jak kreślenie, modyfikowanie, wypełnianie wykazów materiałowych /list montażowych/ itd. Zajęcia te są zwykle bardzo pracochłonne. Ale obecnie znane są już środki techniczne, dzięki którym można prace te wykonywać szybciej i sprawniej. Dotyczy to także i tych etapów projektowania, które wymagają wiele twórczego myślenia i które przez długi czas uchodziły za nie nadające się do opisania logicznego.



RYS.19 SYSTEMY INFORMACYJNE DANYCH O SKRAWANIU

Proces projektowania można z grubsza podzielić na następujące etapy:

. określenie funkcji,
. określenie zasady działania,
. wymiarowanie,
. rozbicie wyrobu na części /detalowanie/.

Na rysunku 20 przedstawiono wyniki różnych etapów projektowania przy opracowywaniu skrzynki przekładniowej. Wychodząc z konkretnego zadania wynikającego z potrzeb użytkownika, trzeba wyszukać specyficzną funkcję, która będzie w stanie spełnić to zadanie. W przypadku skrzynki przekładniowej funkcję tę można określić jako "zmianę prędkości z przełożeniem stopniowym".

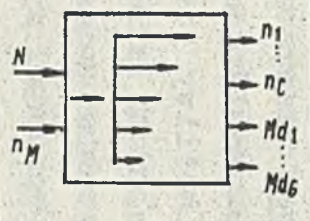
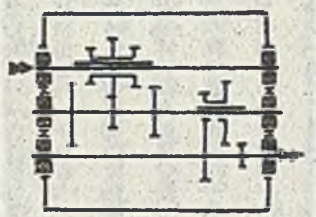
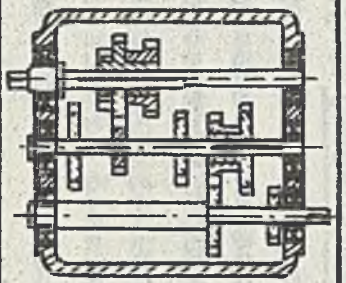
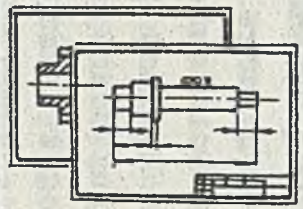
Potem trzeba określić zasadę działania odpowiadającą tej specyficznej funkcji. W naszym przypadku ustalono mechaniczny typ skrzynki przekładniowej. Wchodzące tu w grę czynności konstrukcyjne mają głównie charakter twórczo-intuicyjny, a praca ręczna wymagana jest tylko w bardzo małym zakresie. Wynik zostaje zdokumentowany w postaci rysunków symbolicznych.

Podczas następnego etapu, przy użyciu znanych wzorów obliczeniowych, określone zostają wszystkie wymiary konstrukcji. Ustala się również materiały, sposoby obróbki cieplnej, gładkość powierzchni itd. Udział pracy ręcznej na tym etapie znacznie wzrasta.

Na ostatnim etapie wyodrębnione zostają poszczególne części składowe i narysowane na odrębnych arkuszach. Na tym etapie wykonuje się też ogólny rysunek złożeniowy i wykaz materiałów /listę montażową/. Wszystkie te zadania wymagają dużej ilości pracy ręcznej, a zatem mogłyby być wykonywane automatycznie.

Podział procesu na te cztery etapy jest szczególnie pożyteczny przy ewentualnych zastosowaniach technicznych środków pomocniczych w odniesieniu do różnych problemów i wyników tych etapów. Ogólnie biorąc, można rozróżnić cztery rodzaje konstrukcji:

. konstrukcja nowa,
. konstrukcja adaptowana,
. konstrukcja wariantowa,
. konstrukcja ideowa z ustaloną zasadą działania.

	ETAPY PROJEKTOWANIA			
	OKREŚLENIE FUNKCJI	OKREŚLENIE ZASADY DZIAŁANIA	WYMIAROWANIE	DETALOWANIE
ZADANIE	ZASADA FUNKCJONALNA	ZASADA DIAŁANIA	UKŁAD PRZESTRZENNY	INFORMACJA PRODUKCYJNA
WYNIK n.p.	MECHANICZNE URZĄDZENIE PRZEKŁADNIOWE 	PRZEKŁADNIA STEROWNICZA ZMIENIANA MECHANICZNIE 	UKŁAD: DWA PRZESUWNE BLOKI KÓŁ ZĘBATYCH 	RYSUNEK OBRABIANEGO PRZEDMIOTU 
METODY I POMOCE	METODOLOGIA MORFOLOGIA INTUICJA	SYSTEMATYKA KONSTRUOWANIA, ANALIZA WARTOŚCI, MORFOLOGIA	SYSTEMATYKA WYMIAROWA TECHNIKI OBLICZ., ANALIZA WARTOSCI	RĘCZNE I AUTOMAT. TECHNIKI KREŚLARSKIE

RYS. 20 ETAPY PROCESU PROJEKTOWANIA KONSTRUKCYJNEGO

Przy konstrukcji z ustaloną zasadą działania ustalone są z góry zarówno funkcja jak i kształt. Zadanie polega tu więc głównie na wymiarowaniu i detalowaniu części. Znanymi przykładami konstrukcji z ustaloną zasadą działania są skrzynki przekładniowe i transformatory, które mają ustaloną budowę, a różnią się tylko wymiarami. Dokumentami produkcyjnymi są tu na przykład rysunki ideowe. Wymiary mogą być wpisane później w odpowiednio pozostawione puste miejsca na rysunku. Konstrukcje tego rodzaju mogą być na ogół łatwo rozwiązywane przez komputer.

Przy konstrukcji wariantowej z góry ustalona jest tylko funkcja, natomiast możliwe jest zróżnicowanie przez wymiary części składowych. W tym przypadku trzeba wykonać tylko etapy wymiarowania i detalowania. Komputerów można użyć tylko przez zastosowanie programów wymiarujących i kształtujących.

W przypadku, gdy wykonać trzeba etapy określenia zasady działania, wymiarowania i detalowania, mamy do czynienia z konstrukcją adaptowaną. Głównym kryterium wyróżniającym ten typ projektowania jest modyfikacja zasady działania. Wskutek tego zmianie muszą ulec także kształt i wymiary konstrukcji. Zastosowanie tego typu projektowania jest niezbędne gdy chodzi o spełnienie specjalnych wymagań odbiorcy. Użycie komputera przy tym typie projektowania jest jeszcze bardzo trudne i wymaga opracowania odpowiednich symboli funkcjonalnych.

Przy konstrukcji nowej trzeba wykonać wszystkie cztery etapy projektowania. Zastosowanie komputera jest praktycznie wykonalne tylko wtedy, gdy możliwy jest bezpośredni dialog między operatorem a komputerem.

Trzecim istotnym kryterium oceny zadania projektowego jest stopień skomplikowania wyrobów, np. całych wyrobów, zespołów mniejszych lub większych jednostek albo poszczególnych części. Automatyczne projektowanie dużych jednostek wymaga oczywiście znacznie większego wysiłku, niż to ma miejsce w przypadku małych jednostek, ale też zastosowanie tych dużych jednostek będzie prawdopodobnie rzadsze. Tutaj kwestię wyboru odpowiednich problemów do automatycznego rozwiązywania rozpatrywać można tylko w oparciu o aspekty ekonomiczne.

Ogólnie biorąc, można powiedzieć, że najprostszym zastosowa-

niem komputerów w projektowaniu jest dziś generowanie odpowiednich rysunków na bazie "konstrukcji ideowych". Wartości wymiarów można generować na szybkiej drukarce, a ich wydruk można potem powiązać z rysunkiem ideowym zawierającym puste miejsca w odpowiednich obszarach. Na rysunku 21 podano przykład sporządzonego tą metodą rysunku technicznego koła zębatego. Połączenie danych wyjściowych /środek rysunku/, wydrukowanych na kalce i nałożonych na rysunek ideowy, przedstawiony z lewej strony ilustracji, daje w wyniku rysunek konstrukcyjny zawierający wszystkie informacje o wymiarach, numerze rysunku, wymaganym materiale części składowych itd.

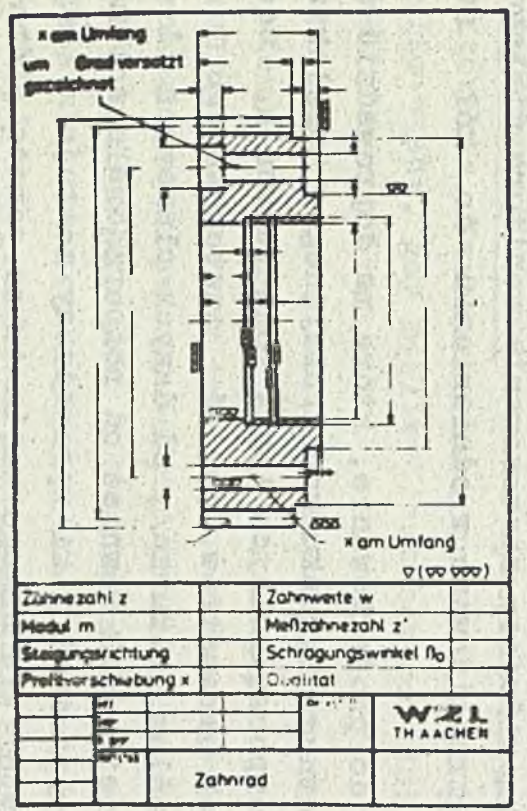
Elastyczny sposób generowania ideowych rysunków części można uzyskać przy użyciu koordynatografu mikrofilmowego. Na rysunku 22 przedstawiono rysunek konstrukcyjny wykonany przez koordynatograf mikrofilmowy.

Dla skutecznego zastosowania tych metod trzeba z całego wachlarza części wybrać takie, które nadają się do opisania tylko kilkoma parametrami.

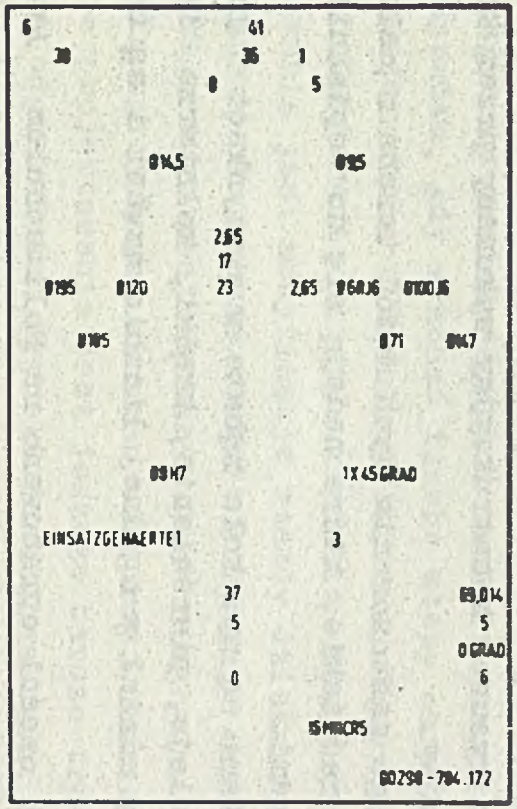
Takimi częściami są np. koła zębate w skrzynkach przekładniowych, albo tuleje, pierścienie, krążki, kołnierze itd. Te części mają duży udział w ogólnej liczbie części i są dość często stosowane.

Dla tej klasy części opracowano na Politechnice Akwizgrańskiej program przewidujący zastosowanie monitora dialogowego i program ten już zrealizowano w odniesieniu do kół zębatych /rys.23/.

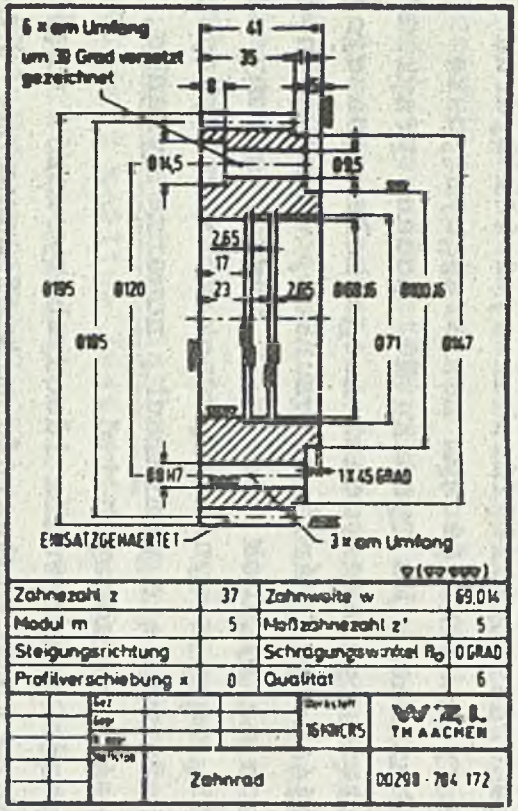
Przystępując do projektowania, które ma doprowadzić do wygenerowania kompletnego rysunku konstrukcyjnego, projektant wybiera jedną z rozporządzalnych logik konstruowania. Decyzja ta zależy od różnych parametrów, np. od zastosowanego surowca /pręt, blacha, odlew, odkuwka/, od danych planowych /liczba serii, liczba części/, jak również od rozporządzalności maszyn do produkcji. Po wybraniu logiki wprowadzony zostaje odpowiedni program przez wybór właściwego wariantu za pomocą pióra świetlnego. Potem operator określa wymiary obrabianego przedmiotu przez wybranie - również za pomocą pióra świetlnego - odpowiednich danych z zestawu przedstawionego na ekranie monitora. W



a) Rysunek idealny

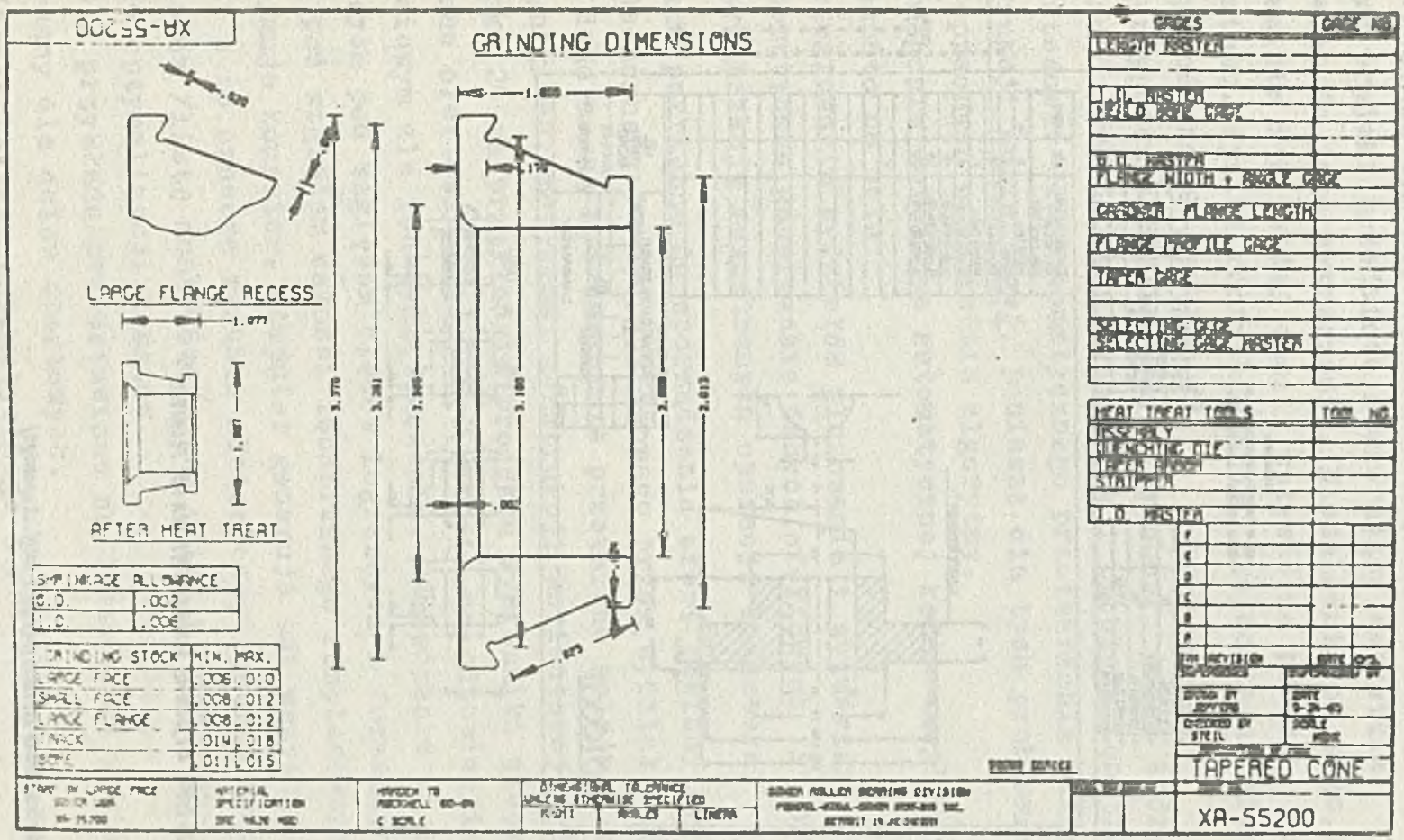


b) Wydruk z drukarki



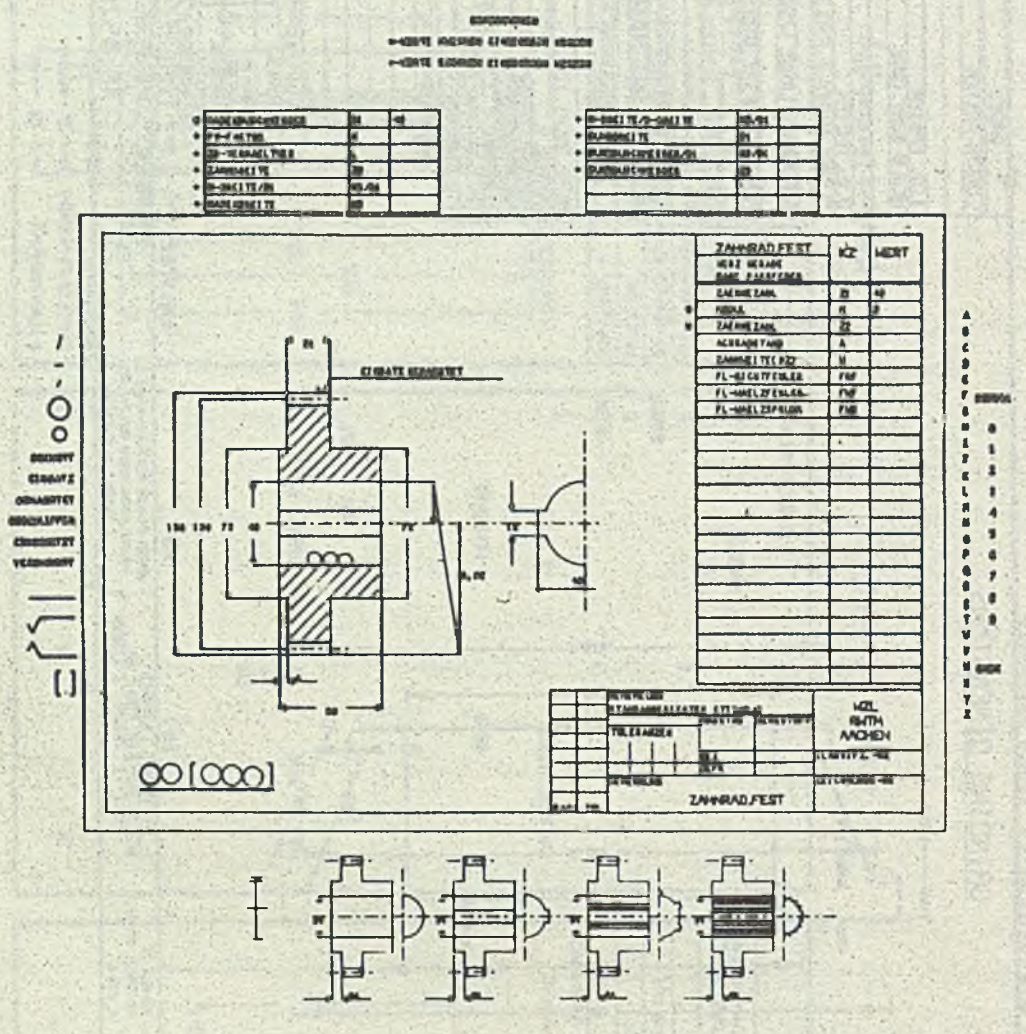
c) Rysunek konstrukcyjny

RYS. 21 RYSUNEK KONSTRUKCYJNY WYKONANY PRZEZ SZYBKĄ DRUKARKĘ



RYS.22 RYSUNEK KONSTRUKCYJNY WYKONANY PRZEZ KOORDYNATOGRAF MIKROFILMOWY

*) (Przez grzeczność f-my Calcomp)



RYS. 23 DANE WYJŚCIOWE SYSTEMU PWK DLA KÓŁ ZĘBATYCH *)

*)(Odbitka obrazu z ekranu monitora oscyloskopowego)

przypadku, gdy komputer jest zasilany tylko minimalną ilością danych wejściowych, przeważna część projektu obrabianego przedmiotu zostaje wygenerowana automatycznie. Wynikiem jest standardowy projekt przedmiotu zawierający wszystkie informacje niezbędne do jego wytwarzania. Niezależnie od tego,operator może dowolnie i w każdej chwili wpływać na proces konstruowania przedmiotu. Wyniki różnych etapów, wzajemnie na siebie nałożone, wykreślono na rysunku 23.

W przypadku skomplikowanych wyrobów, przy których trzeba rozwiązać zarówno detalowanie jak i problemy konstrukcyjne,można zastosować dla automatycznego przetwarzania danych metodę konstrukcji wariantowej, ponieważ dla tych problemów można na ogół opracować odpowiednie algorytmy.

Wymagania dotyczące automatycznej konstrukcji wariantowej mają ponadto na celu:

. zintegrowanie wydziałów planowania i wytwarzania,
. automatyczne generowanie danych ofertowych i produkcyjnych,
. optymalizację wewnętrznych operacji komputera.

Dane potrzebne do sporządzenia ofert powinny być już uprzednio jednoznacznie wyspecyfikowane przez wydział zbytu. Te i inne dane muszą być następnie przekazane kolejnym wydziałom.

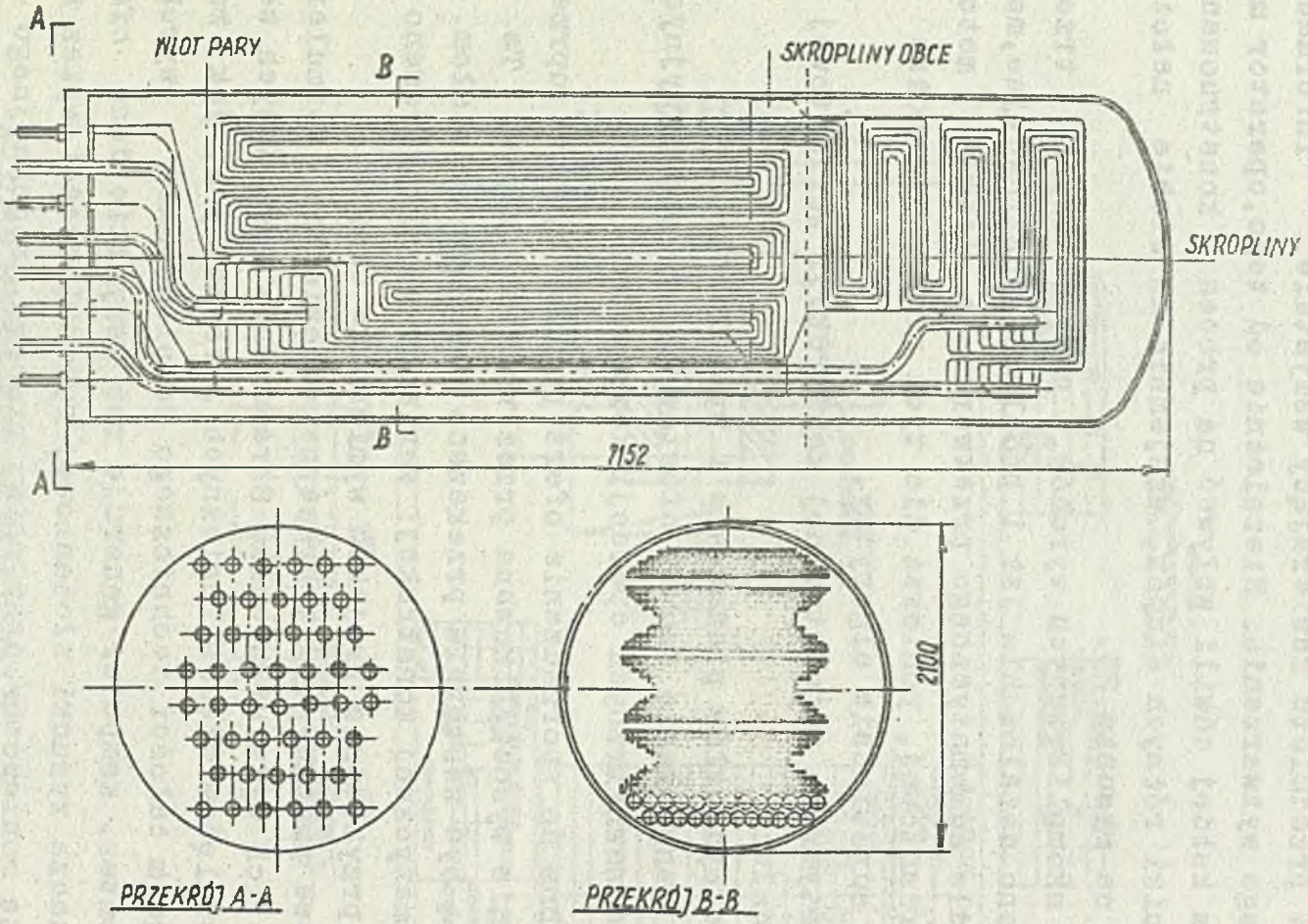
Wyniki automatycznej konstrukcji wariantowej zilustrowano na rysunku 24 na przykładzie projektu wymiennika ciepła.

Dane ofertowe powinny być zebrane na odpowiednim formularzu wejściowym dla ich wydziurkowania. Sprawdzenie tych danych wejściowych pod względem błędów logicznych i formalnych, jak również pod względem całości technicznego rozplanowania wyrobu, przejmuje komputer. Komputer generuje też wszystkie dane ofertowe, a to oznacza rysunki złożeniowe, rysunki części,wykaz materiałów /listę montażową/ oraz opisy procesu produkcyjnego na bazie optymalizacji kosztów.

Dla przykładu przedstawiono na rysunku 24 wymiennik ciepła wykonany dla celów ofertowych.

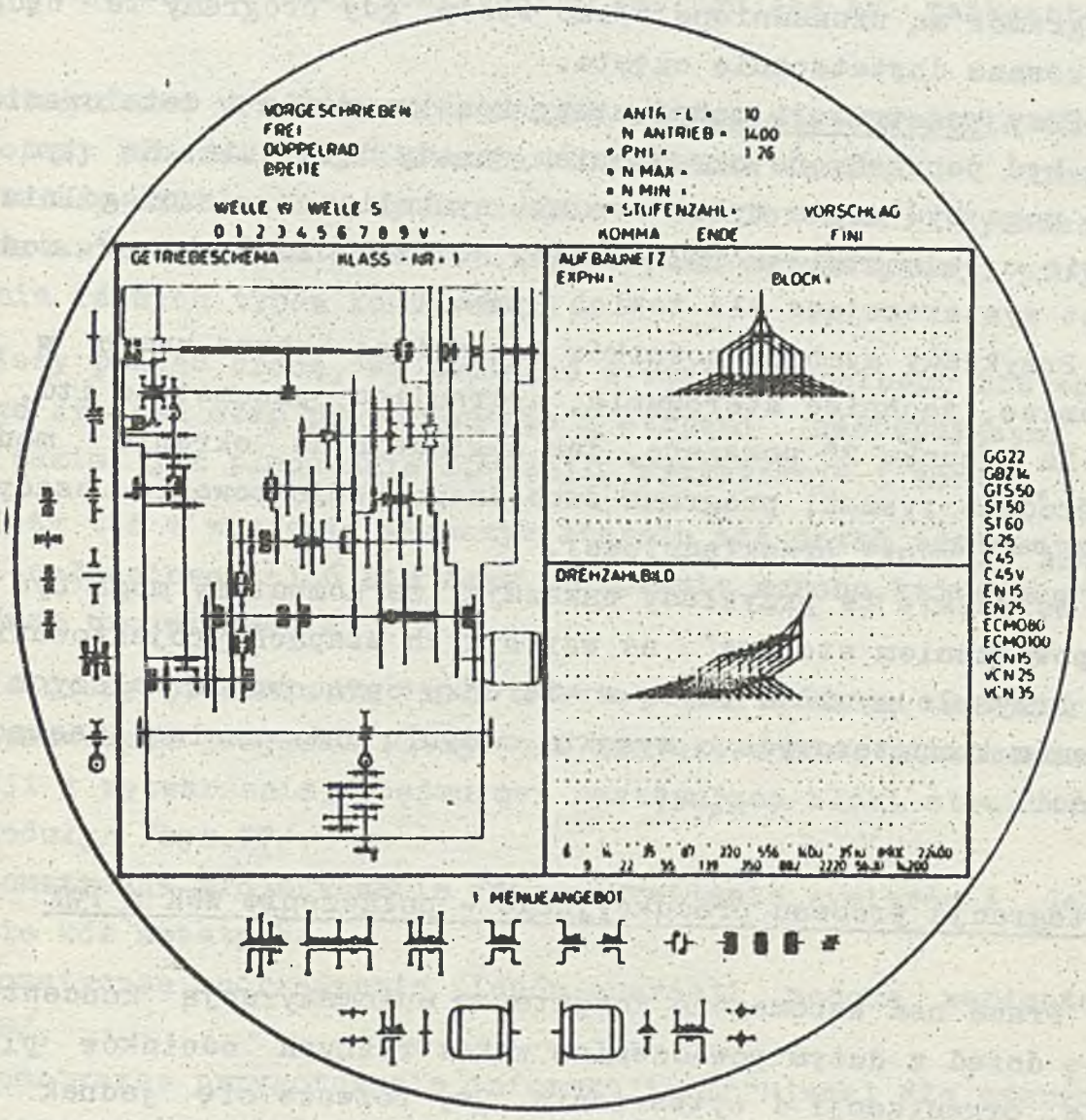
Zalety takiego automatycznego konstruowania wariantowego to:

. obniżka kosztu sięgająca w przypadku wymiennika ciepła 50% kosztu przygotowania oferty i opracowania zamówienia,
. elastyczność struktury pod względem innowacji technicznych,



RYS. 24 WSPOMAGANY KOMPUTEREM PROJEKT WYSOKOCIŚNIENIOWEGO WYMIENNIKA CIEPŁA*

* (Przez grzeczność f-my Babcock)



RYS.25 WSPOMAGANIE KOMPUTEREM KONSTRUOWANIE Z SYMBOLAMI FUNKCJONALNYMI NA EKRANIE MONITORA OSCYLOSKOPOWEGO

. znaczne zmniejszenie liczby błędów,
. stosunkowo krótki czas opracowywania.

Trzeba jednak powiedzieć, że wydatki na opracowanie takich programów są uzasadnione tylko wtedy, gdy programy te będą użytkowane dostatecznie często.

Przy konstrukcji nowej etapy konstruowania i detalowania muszą być poprzedzone określeniem zasady działania. Na tym etapie mogą być użyte tylko rysunki symboliczne, szczególnie gdy idzie o jednostki skomplikowane. Rozdzielczość obrazu monitora jest wystarczająca dla takich symboli.

Przykłady symboli nośników funkcji są dobrze znane w elektronice, technice sterowania, hydraulice, pneumatyce itd.

Na rysunku 25 pokazano, jak wyglądają na ekranie monitora pośrednie rysunki programu swobodnego projektowania zasady działania skrzynki przekładniowej.

Wszystkie te przykłady wskazują, że komputery mogą być dziś z powodzeniem stosowane na wszystkich etapach projektowania.

Przyszłe wysiłki pójdą w kierunku opracowania dalszych programów komputerowych o wysokim stopniu uniwersalnej zastosowalności.

Integracja procesu produkcyjnego - połączenie WWK z PWK

Prace nad wspomaganą komputerem automatyzacją koncentrowały się dotąd z dużym powodzeniem wokół różnych odcinków planowania, organizacji i wytwarzania. Gdy rozważa się jednak całość procesu produkcyjnego, staje się oczywiste, że rezultaty takie można uzyskać tylko na niektórych specyficznych odcinkach, tak że od samego początku istnieją określone granice dla automatyzacji i racjonalizacji. Aby w pełni wykorzystać wszystkie zalety przetwarzania danych i skrócić łączny czas produkcji, podejmowane są wysiłki, by informacje dla następnych etapów zbierać i przechowywać w taki sposób, żeby nie było potrzebne ponowne przygotowywanie danych. Jest to szczególnie obiecujące i skuteczne wtedy, gdy dane są generowane i przetwarzane przez procesory. Gdy wykonalne jest przekazywanie informacji i danych w

komputerze od jednego etapu lub wydziału do drugiego, mówimy o "zintegrowanym przetwarzaniu danych".

Gdy przyjrzymy się pod tym kątem widzenia etapowi projektowania, wyróżnić możemy trzy punkty zasługujące na zaakcentowanie:

. zintegrowane przetwarzanie danych obejmujące wszystkie cztery makrofazy procesu projektowania /określanie funkcji - określanie zasady działania - wymiarowanie - detalowanie/. Rysunek 26 przedstawia w sposób schematyczny stopień automatyzacji projektowania różnych typów konstrukcji,

. należy podjąć próbę, by powiązać w ramach wspólnego zintegrowanego systemu etap projektowania z etapami następującymi po nim, takimi jak planowanie operacji, wytwarzanie i montaż,

. należy też w znacznie większym stopniu niż dotąd systematycznie i całościowo zająć się fazą planowania wyrobu, która poprzedza fazę projektowania.

Dla grupy przedmiotów "koła zębate" Politechnika Akwizgrańska opracowała przykład integracji projektowania, planowania operacji i wytwarzania, obejmujący następujące bloki strukturalne /moduły/ /rys.27/:

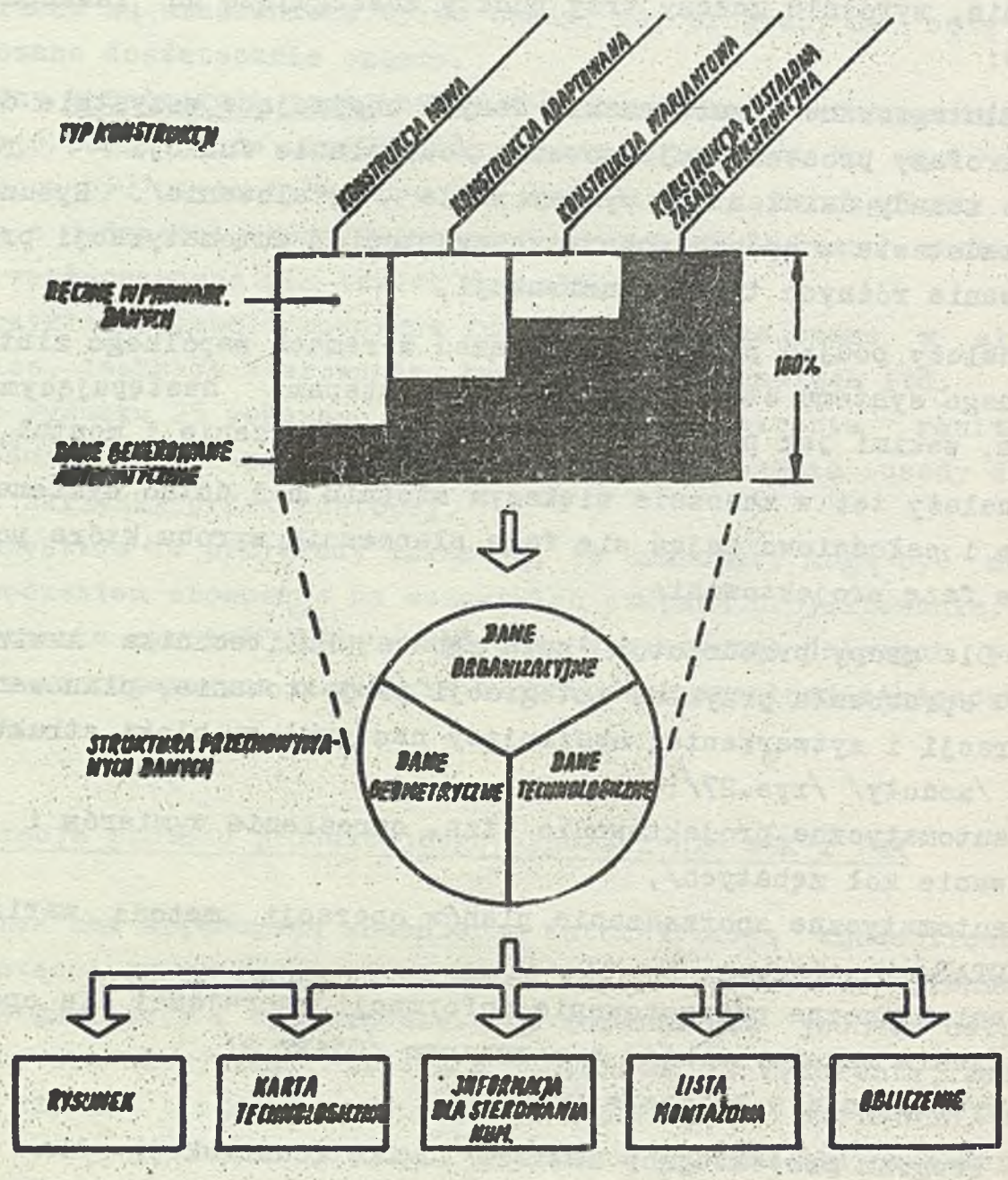
. automatyczne projektowanie /tzn. określanie wymiarów i detalowanie kół zębatych/,

. automatyczne sporządzanie planów operacji metodą wariantową /AUTAP/,

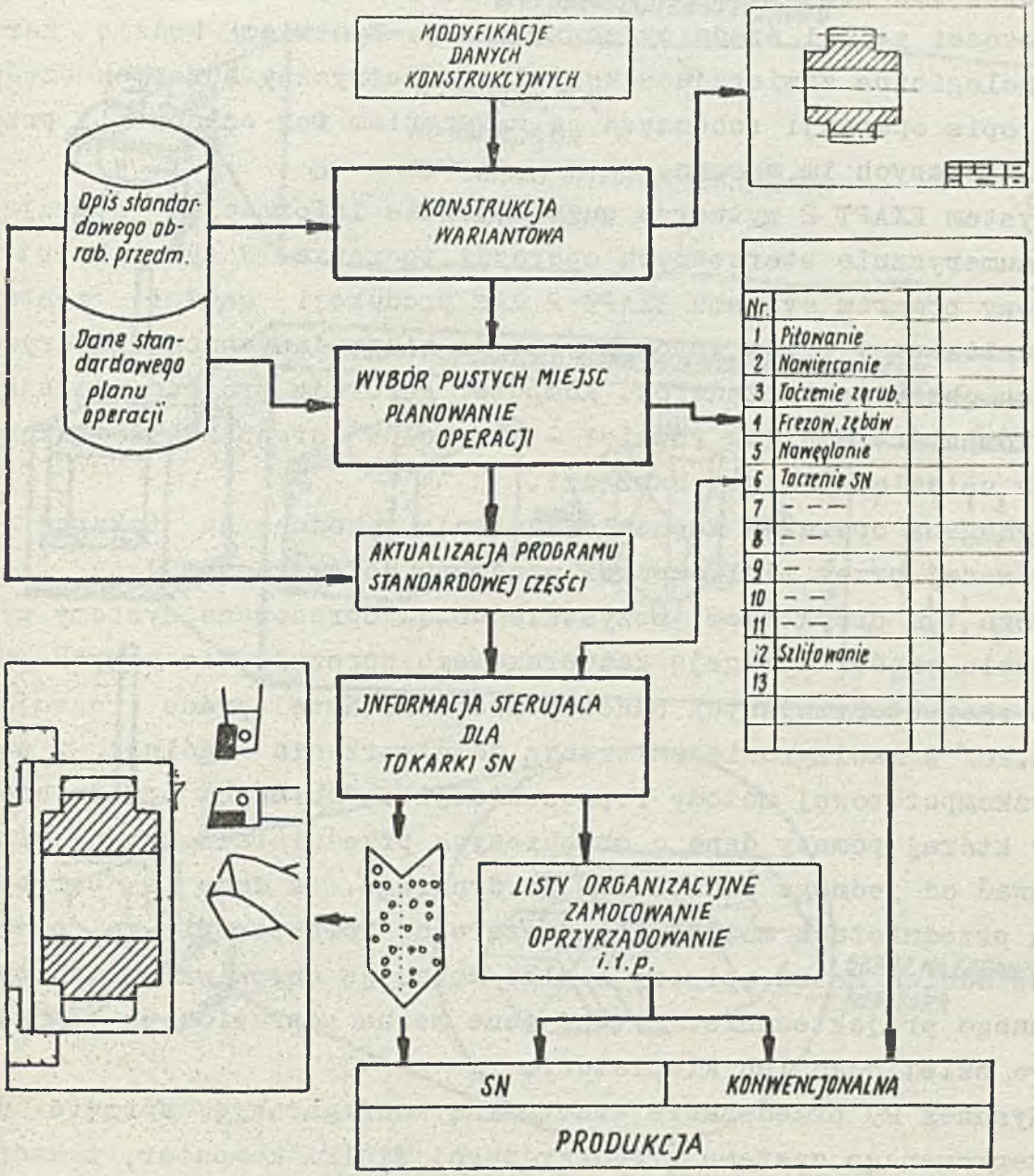
. automatyczne przygotowanie informacji sterującej dla operacji toczenia ze sterowaniem numerycznym /EXAPT 2/,

. wytwarzanie w procesie BSN.

Program projektujący zawiera logikę konstrukcji dla grupy "walcowe koła zębate o zębach prostych". Jako dane wejściowe monitora użyte zostają istniejące dane konstrukcyjne koła zębatego, przy czym za podstawę służy standardowy opis kształtu geometrycznego. Oprócz wydania rysunku program generuje też na taśmie dziurkowanej szereg danych charakteryzujących koło zębate. Te dane wyjściowe programu projektującego stanowią wymagane dane wejściowe dla określenia części w stanie surowym i dla wygenerowania planu operacji.



RYS.26 WYKORZYSTANIE KOMPUTERA W ZINTEGROWANYM PROCESIE PRODUKCYJNYM



RYS. 27 ZINTREGROWANY SYSTEM STEROWANIA PRODUKCJI KÓŁ ZĘBATYCH

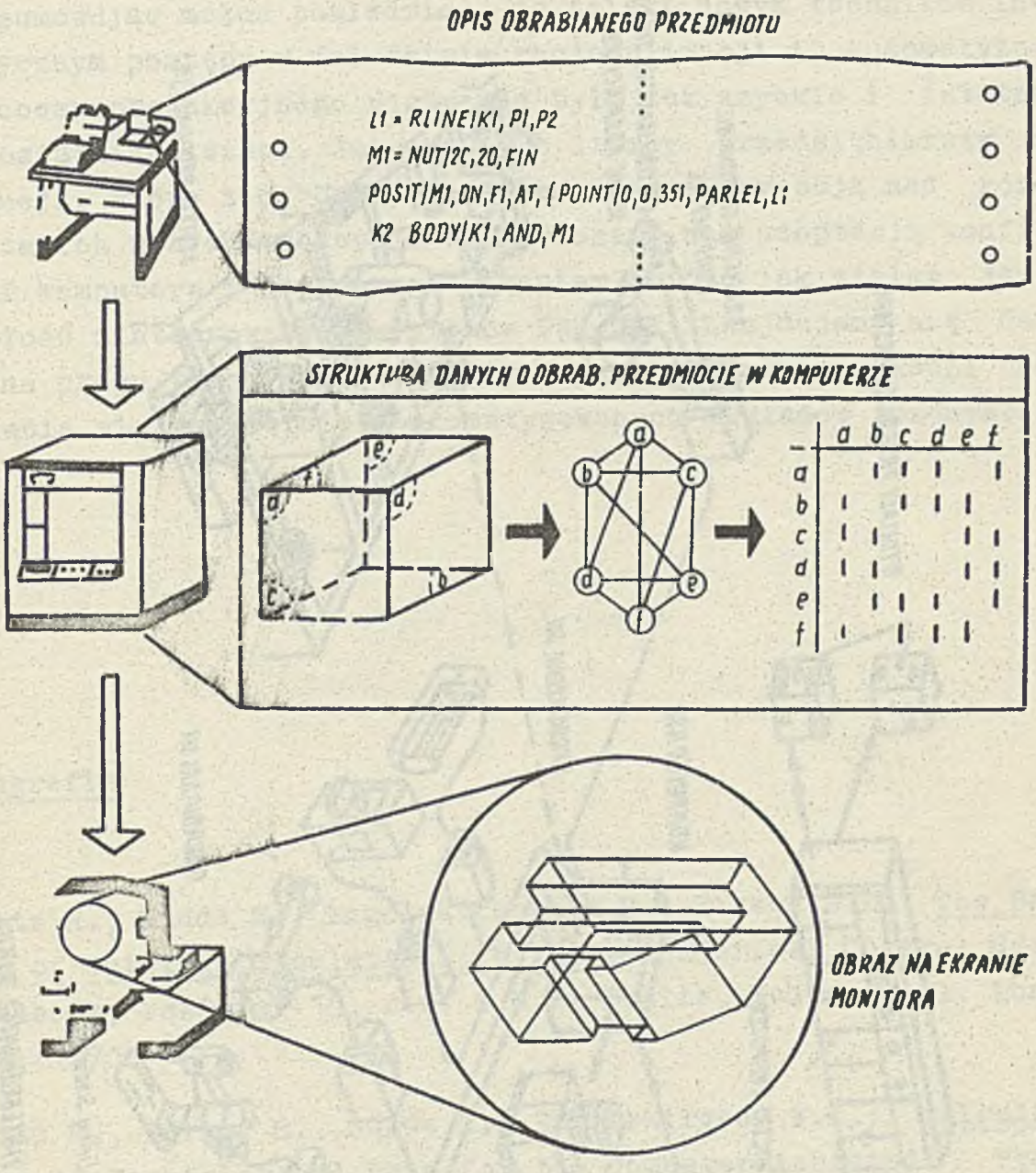
Gdy się przyjmie za podstawę standardowy plan operacji podstawowego rozwiązania koła zębatego o zębach prostych, istnieje szereg możliwych wariantów połączenia między wałem a kołem zębatym oraz ich kształtu geometrycznego, jak np. szereg wariantów szerokości zęba i średnicy zewnętrznej. Wynikiem będzie karta technologiczna zawierająca kształt geometryczny surowych części oraz opis operacji roboczych ze wskazaniem ich czasów i przyporządkowanych im maszyn.

System EXAPT 2 wytwarza automatycznie informację sterującą dla numerycznie sterowanych operacji toczenia. W tym celu standardowy program systemu EXAPT 2 dla produkcji części zostaje zaktualizowany przez wprowadzenie do niego danych charakteryzujących obrabiany przedmiot. Komputer generuje program sterujący dla komputera BSN jak również - dla celów organizacji precy - listy ustawień i listy narzędzi.

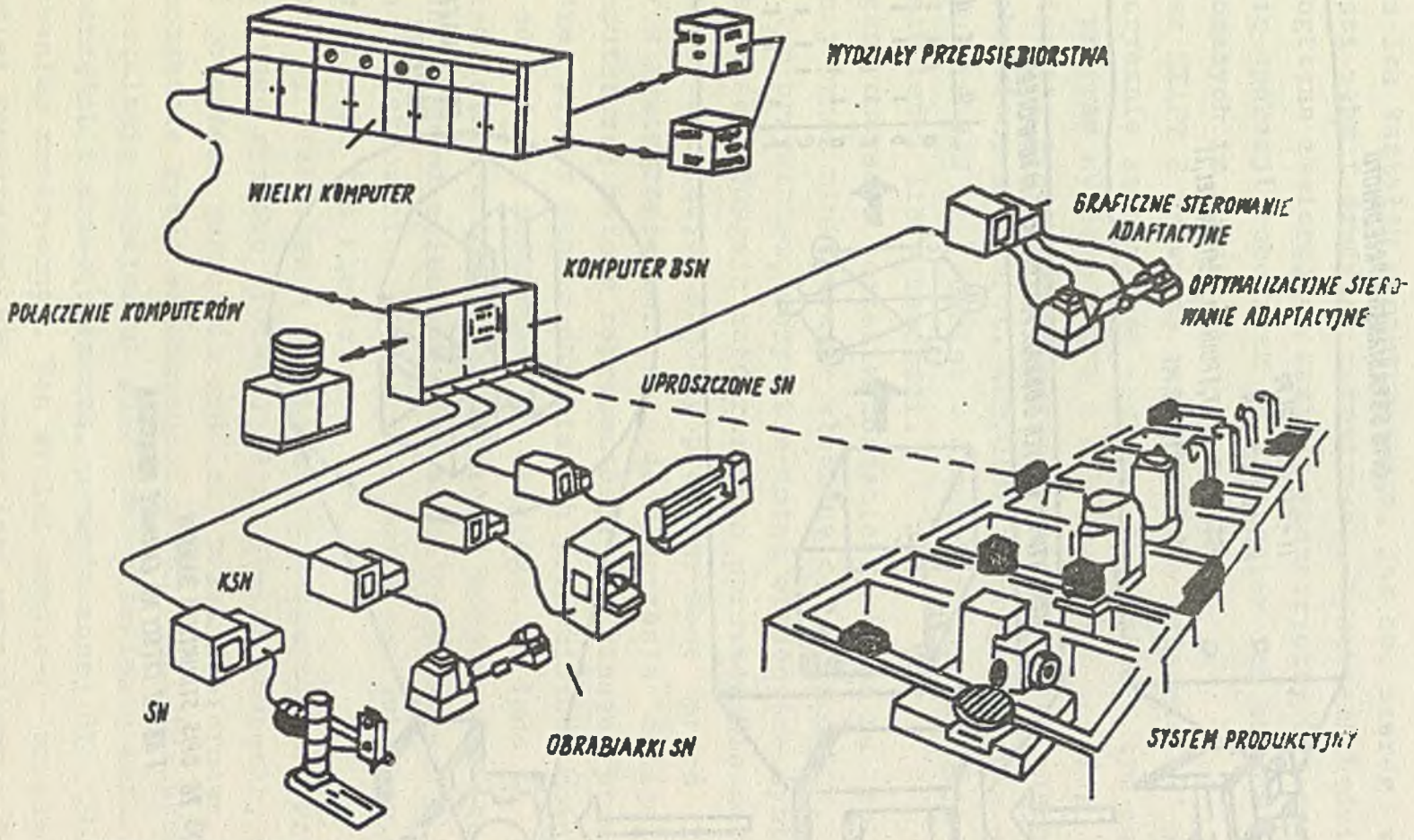
Wymagana operacja toczenia zostanie wykonana na tokarce SN, sterowanej przez minikomputer włączony do systemu BSN.

Poza tym przykładem, wszystkie dotąd opracowane systemy wytwarzania części wymagają każdorazowego wprowadzania nowych danych charakteryzujących odnośny problem. Nowe prace rozwojowe /rys.28/ w Akwizgranie zmierzają do stworzenia ogólnej wewnątrzkomputerowej metody reprezentacji obrabianych przedmiotów, przy której pomocy dane o obrabianych przedmiotach można przekazywać od jednego podsystemu do drugiego. Te dane o obrabianych przedmiotach można albo dostarczać komputerowi za pomocą odpowiednich metod opisowych albo można je uzyskiwać z automatycznego projektowania. Błędne dane można poprawić za pomocą pióra świetlnego lub klawiatury.

Rysunek 29 przedstawia ewentualną konfigurację sprzętu dla zintegrowanego systemu produkcyjnego. Wielki komputer, z którym mogą być połączone wszystkie wydziały przedsiębiorstwa, przejmuje wykonywanie wyżej wspomnianych zadań planistycznych, takich jak np. ustalanie kolejności prac oraz określanie informacji o torach narzędzi i przełączeniach, przeznaczonej dla obrabiarek ze sterowaniem numerycznym. Ten wielki komputer przekazuje te dane również komputerowi BSN, który jest wyposażony w duże jednostki pamięci. Wówczas do komputera BSN można przyłączyć elas-



RYS. 28 OPIS, STRUKTURA DANYCH
I OBRAZ CZĘŚCI NA EKRANIE MONITORA



*(Przez grzeczność firmy Siemens)

RYS. 29 KONFIGURACJA ZINTEGROWANEGO SYSTEMU STEROWANIA PRODUKCJĄ*

tyczny system sterowania produkcją, urządzenia do zbierania danych, a także pojedyncze maszyny SN oraz maszyny ze sterowaniem adaptacyjnym.

Podsumowując można powiedzieć, że dzięki nowym technikom informatycznym postępy w dziedzinie racjonalizacji i automatyzacji procesu produkcyjnego nigdy nie były tak szybkie i istotne jak w ostatnich latach. Już choćby z liczby przedsiębiorstw i instytucji, które z ogromnym nakładem kosztów pracują nad rozwojem takich nowych koncepcji wytwarzania, nad adaptacją konfiguracji komputera i nad oprogramowaniem, widać jak wielka jest doniosłość zintegrowanych systemów PWK-WWK. Znajdujemy się dopiero na progu tego rozwoju, który w przyszłości doprowadzi do pojawienia się całkowicie zautomatyzowanych zakładów przemysłowych.

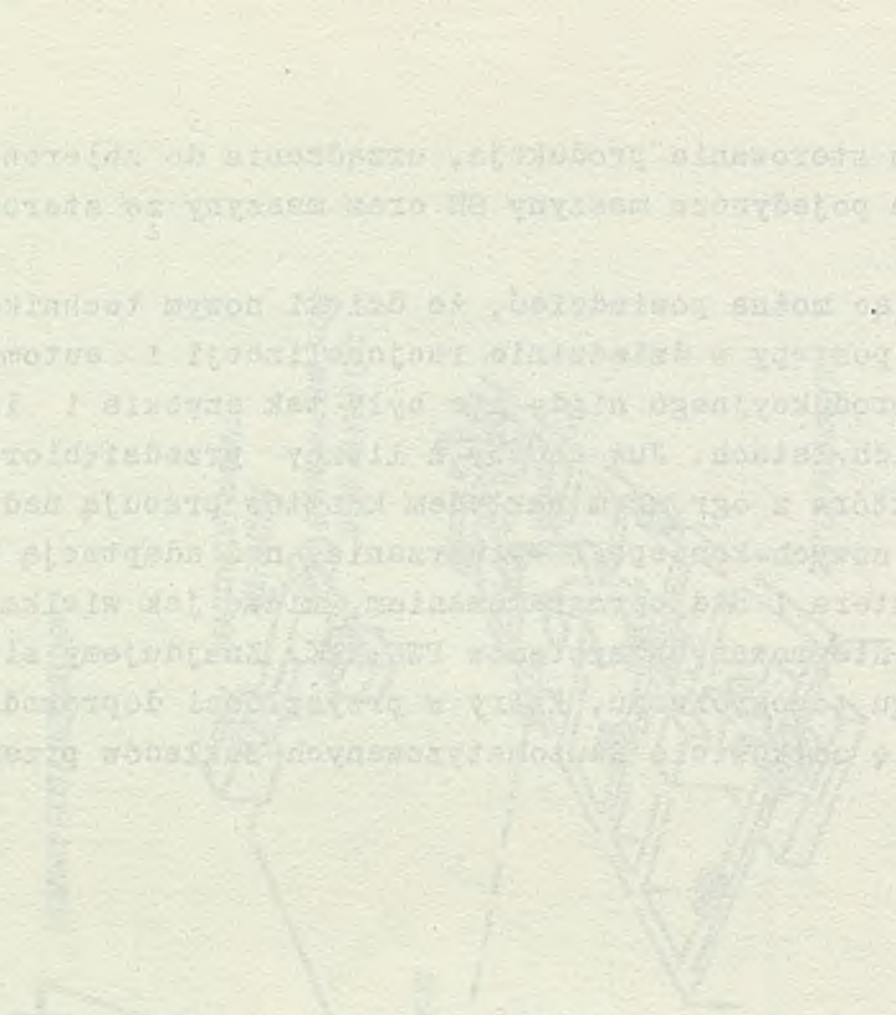
Bibliografia

1. Opitz H., Budde W., Engelskirchen W.H., Hirsch B.E.: The Basis of Cutting Calculations in EXAPT, Numerical Control Users Handbook, rozdział 15, red. W.H.P. Leslie, McGraw-Hill, Londyn, 1970.

2. Opitz H., Berger H., Budde W., Engelskirchen W.H.: Calculation of Technological Data for the Computer-Assisted Programming of NC-Machine Tools, Numerical Control Programming Languages, red. W.H.P. Leslie, wyd. North-Holand Publishing Company, Amsterdam-Londyn, 1970.

3. Engelskirchen W.H., Lofton M.N.: EXAPT - A Step towards Computer-Aided Manufacturing Systems, dokument techniczny, WESTEC, 1971.

4. Opitz H.: Moderne Produktionstechnik, Girardet, Essen, NRF, 1970.



ZAŁĄCZNIK B

WSPÓŁDZIAŁANIE LUB POŁĄCZENIE PROJEKTOWANIA WSPOMAGANEGO KOMPUTEREM I WYTWARZANIA WSPOMAGANEGO KOMPUTEREM[x/]

Arthur R.Thomson

Starszy Inżynier TRW, Inc

---

x/ Referat wygłoszony na Seminarium PWK/WWK I w Atlanta,Georgia, 1972 r. Przedruk za zezwoleniem Stowarzyszenia Inżynierów Produkcyjnych.

WPROWADZENIE

Światem rządzi dziś zmiana. Dla niektórych organizacji rodzi ona duże szanse; przyszłość innych jest zagrożona. Przewiduje się, że do roku 1975 zajdą doniosłe zmiany w dziedzinie użytkowania laserów, łączności, techniki lekarskiej, energii jądrowej, fotografii trójwymiarowej, szerokiego stosowania komputerów w operacjach, sztucznego rolnictwa, sterowania genetyką i nowych typów pojazdów. Zajdą też zmiany, których dziś nie potrafimy jeszcze przewidzieć. W 1938 r. nikt nie przewidywał ani radaru, ani silników odrzutowych, ani energii jądrowej, ani elektronicznych maszyn cyfrowych. Każda z tych technik otworzyła nowe możliwości i wywołała duży przewrót. Wynika z tego wniosek, że istnieją duże szanse dla tych, którzy są gotowi podchwycić zmiany, nawet jeśli ich możliwości dopiero niejasno się zarysowują. Ale co to wszystko ma wspólnego z połączeniem wspomaganego komputerem projektowania i wspomaganego komputerem wytwarzania? To mianowicie, że w tej sytuacji ważne decyzje oznaczają podjęcie dużego ryzyka przez kierownictwo. Ryzyko staje się coraz większe i potrzebna nam jest lepsza widzialność i dokładniejsza informacja, by pozwolić kierownictwu kroczyć naprzód z rozsądną dozą pewności, że jego przedsięwzięcia będą ekonomicznie i funkcjonalnie odpowiadać potrzebom rynku.

Pomijając nawet wprowadzanie istotnie nowych wyrobów, ten sam rodzaj decyzji jest dziś podejmowany w przemyśle, gdy produkt przechodzi od projektu technicznego do produkcji. Przypomnijmy sobie samochody Mustang i Edsel oraz samoloty 707 i 990 jako przykłady śmiałych przedsięwzięć gospodarczych opartych na takich decyzjach. Rysunek 30 przedstawia ewolucję wyrobu od pomysłu do pełnego uruchomienia produkcji. /Słowo "projekt" użyte na rysunku oznacza wszystkie informacje potrzebne dla określenia wyrobu i narzędzi do jego wytwarzania, dla kontroli jego jakości i dla sprzężenia zwrotnego między doświadczeniem terenowym a procesem konstrukcyjnym/. Należy zwrócić uwagę na duży obszar, w którym PWK i WWK wzajemnie silnie na siebie oddziałują.

Z rysunku 30 możemy wyciągnąć kilka ważnych wniosków:

. w obszarze współdziałania PWK i WWK odbywa się znaczne zaangażowanie kadr i środków pieniężnych,

. komunikacja z czasem przybiera na złożoności i doniosłości,

. z czasem wzrasta liczba ludzi, którzy komunikują się i objęte tą komunikacją są różne części organizacji i ludzie o różnych kwalifikacjach i poglądach,

. na styku PWK i WWK znacznie wzrasta potrzeba nadzoru nad projektowaniem,

. w czasie przejścia od prac czysto konstrukcyjnych do produkcji stale odbywa się dokonywanie wyboru,

. tutaj ma swoje źródło podstawowa informacja użytkowana przez kierownictwo operacyjne,

. jeśli nauczymy się lepiej wykonywać to co robimy obecnie, wiedza ta może nam otworzyć nowe możliwości w przyszłości.

Z mego doświadczenia i z doświadczenia wielu organizacji wynika zupełnie jasno, że nikt nie wie dokładnie, co się rzeczywiście dzieje w każdym momencie w okresie przejściowym. Zachodzi możliwość popełnienia poważnych błędów i błędy te będą rozprzestrzeniać się poprzez układ komunikacyjny, dopóki ktoś nie zauważy, że części nie pasują, harmonogramu nie udaje się dotrzymać, koszty są za wysokie, lub - być może - ktoś został zabity lub odniósł obrażenia. Wypadek na Przylądku Kennedy'ego w 1967 r., kiedy to zginęło trzech kosmonautów, spowodowany został nieporozumieniami i brakiem należytego komunikowania się (1). W większości przypadków zastosowanie środka zaradczego następuje zbyt późno, by mógł on przynieść coś więcej niż tylko ograniczony efekt gospodarczy. Za pomocą PWK i WWK możemy uzyskać znacznie lepsze sterowanie i zmniejszyć koszty konstrukcyjne i produkcyjne naszych wysoce dynamicznych organizacji przemysłowych. Jeśli zaś tak jest, to które elementy tych technik najbardziej przyczyniają się do uzyskania tego efektu?

Musimy spojrzeć szerzej na wzajemne oddziaływanie PWK i WWK. Wszystkie organizacje przemysłowe i handlowe, jak również wszystkie kraje są żywotnie zainteresowane podniesieniem wydajności i wzrostem gospodarczym. Co mogą w tym zakresie zaoferować PWK i WWK?

Spójrzmy na wyniki trzech niedawnych poważnych opracowań na temat modeli wzrostu wydajności pracy i wzrostu gospodarczego w Stanach Zjednoczonych. Pierwsze studium opracowane zostało przez Johna Kendricka dla Krajowego Biura Badań Gospodarczych (2), drugie przez Edwarda Denisona dla Komitetu Rozwoju Gospodarczego (3), trzecie również przez Denisona dla Brookings Institution (4). Wszystkie trzy opracowania badają wzrost wydajności w Stanach Zjednoczonych na przestrzeni co najmniej dziesięciolecia; jedno z nich - za okres ponad 60 lat. Trzecie studium zawiera też porównanie między Stanami Zjednoczonymi a ośmioma krajami europejskimi.

Główne wnioski ze wszystkich trzech opracowań sprowadzają się do tego, że ponad 2/3 rzeczywistego wzrostu gospodarczego Stanów Zjednoczonych ma swe źródło w:

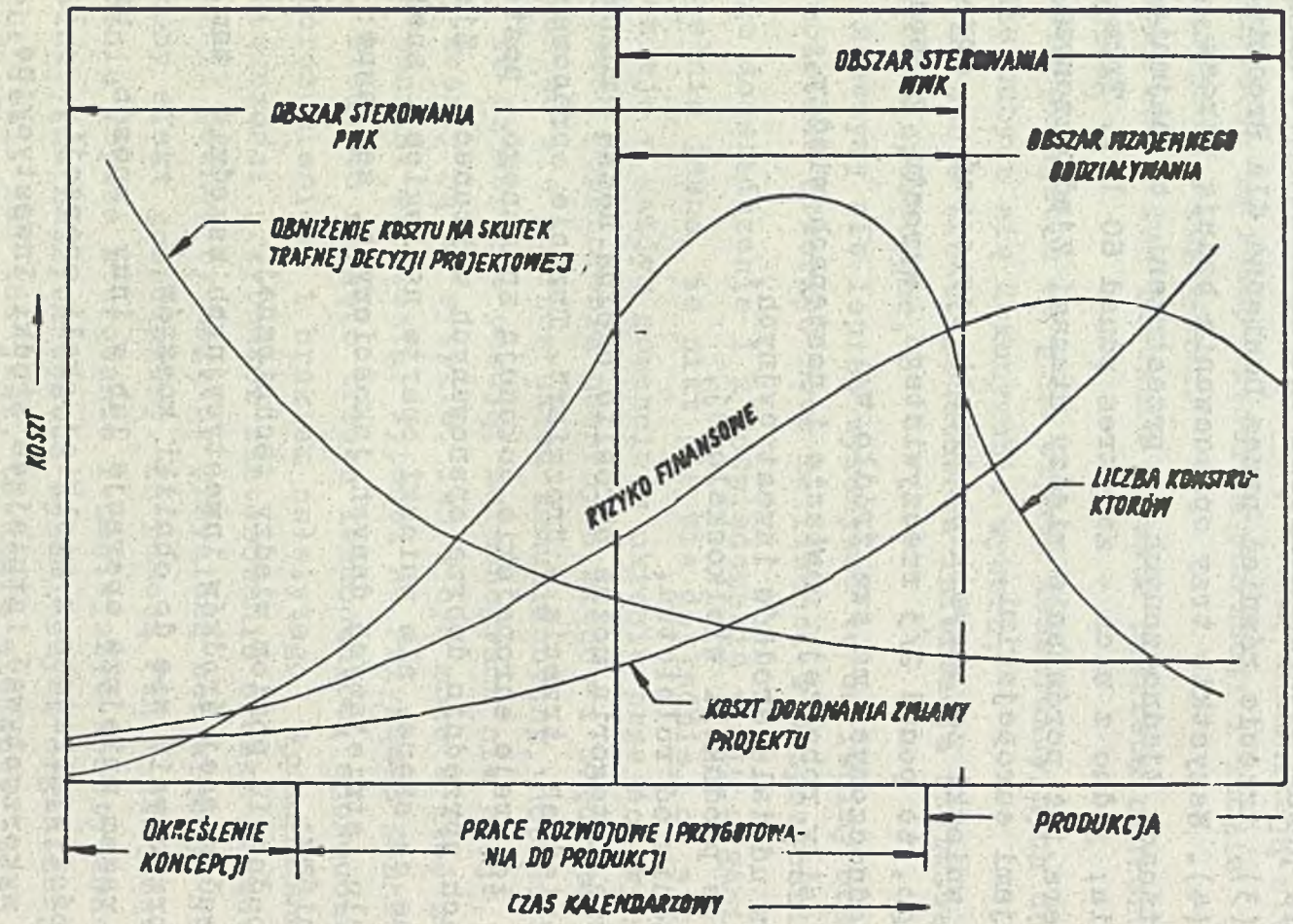
. jakości siły roboczej, oświacie i postępach wiedzy,
. większym udziale środków inwestycyjnych,
. ekonomice produkcji wielkoskalowej,
. odchodzeniu od rolnictwa.

Pierwszą kategorię można określić ogólną nazwą "rozum", drugą - "pieniądze", trzecią - "rozmiar". Trzecie opracowanie wskazuje też, że kraje europejskie dokonują znacznego postępu w dziedzinach uprzednio dobrze opanowanych w Stanach Zjednoczonych. Dane są skąpe, ale wnioski oparte na logice, analizie i na niewielu istniejących danych jakościowych, są jasne:

Powinniśmy:

. nadal podnosić poziom wiedzy technicznej,
. użytkować więcej środków inwestycyjnych wszędzie tam, gdzie może to przyczynić się do obniżki kosztów,
. łączyć razem mniejsze operacje lub w inny sposób uzyskiwać oszczędności wynikające z wielkiej skali operacji,
. lepiej wykorzystywać istniejące środki inwestycyjne,
. podnosić jakość siły roboczej środkami takimi jak lepsza opieka zdrowotna oraz szersze i lepsze szkolenie.

/Dodałbym tu też lepszą łączność. Jak zobaczymy, człowiek, który jaśniej widzi, co trzeba w danym momencie zrobić, żeby jak najefektywniej wpływać na całość procesu, pomnaża wielokrotnie swoją wydajność/.



RYS.30 PROCES DECYZYJNY DOTYCZĄCY NOWEGO WYROBU

Bardzo trudno jest jednemu człowiekowi lub nawet grupie ludzi zrobić wiele na rzecz wzrostu gospodarczego i wydajności całej organizacji, działając tylko z hali produkcyjnej lub biura konstrukcyjnego. Odpowiedzialność ta spoczywa na kierownictwie. Ale, jak świadczy przykład niektórych organizacji, PWK i WWK mogą znacznie zwiększyć wydajność, gdy się je stosuje w niektórych częściach całego systemu. Naszym zadaniem jest nauczyć się stosować PWK i WWK w sposób, jaki odpowiada potrzebom naszych poszczególnych organizacji. Jak zobaczymy, obszar wzajemnego nakładania się, połączenia lub wzajemnego oddziaływania PWK i WWK jest kluczowym obszarem zastosowania tej techniki.

Korzyść polega na umożliwieniu skuteczniejszego kierowania zmianami, dzięki zapewnieniu dokładnej i punktualnej informacji w taki sposób, by można było raczej samemu stwarzać szanse niż tylko reagować na sytuacje rynkowe wywołane przez innych. Ponadto uczymy się czegoś nowego, zarabiając równocześnie pieniądze.

Nauki z przeszłości

Opłacalność PWK i WWK jest od dłuższego czasu przedmiotem dyskusji. Zamiast ponownie rozpatrywać tu argumenty, wybrałem inną drogę. Badając doświadczenia niektórych spośród znanych wiodących użytkowników techniki PWK i WWK, którzy pracują w tych dziedzinach od 5 do 10 lat, powinniśmy uzyskać cenny wgląd w wartość, metody i najodpowiedniejsze dziedziny zastosowania tych technik i zorientować się co do przyszłych tendencji w tym zakresie. Powinno to nam też dać równie cenną, ale znacznie trudniejszą do uzyskania, informację o tym, czego nie należy czynić. Specjalną uwagę poświęcę przy tym obszarowi wzajemnego nakładania się PWK i WWK.

Wiele przedsiębiorstw stosuje od pewnego czasu PWK i WWK w różnych postaciach. Nie lekceważąc dobrej roboty dokonanej przez innych skupiłem uwagę na kilku spośród wielkich, silnych organizacji takich jak Lockheed, McDonnell-Douglas, General Motors, Ford Motor Company, Ośrodek Konstrukcyjny Statków Marynarki Wojennej Stanów Zjednoczonych, United Aircraft, North American

Rockwell, TRW, IBM, Control Data Corporation, Boeing, General Electric, Westinghouse itd. Organizacje te wywarły największy wpływ na technikę automatyzacji i na rozwój nowych urządzeń. Ich prace objęły sterowanie produkcją, obróbkę ze sterowaniem numerycznym, projektowanie wstępne i szczegółowe, symulację, kontrolę jakości, szacunkową ocenę kosztu, grafikę komputerową dla celów projektowania i programowania systemów sterowania produkcją części, sterowanie oprzyrządowaniem obrabiarek itd. - a zatem większość modułów składających się na system PWK/WWK dla celów konstrukcyjnych i produkcyjnych.

Jak było dotychczas

O ile wiem, nikt nie posiada jeszcze ani w eksploatacji, ani w opracowaniu kompletnego systemu PWK/WWK. Są natomiast w opracowaniu duże jego moduły, jako odrębne systemy. Kilka jest tego przyczyn. Przed mniej więcej ośmiu laty wszyscy uważaliśmy PWK po prostu za elektroniczny aparat kreślarski. Wskutek tego działaliśmy w dwóch wymiarach i udzielaliśmy niewiele analitycznej pomocy projektowej konstruktorom. Usiłowaliśmy zautomatyzować nie to, co było trzeba. Konstruktorzy i projektanci niewiele kreślą. Geometria, jeśli ma być w systemie PWK ekonomicznie efektywna, potrzebna jest tam w trzech wymiarach, zaś przy podejmowaniu decyzji trzeba się opierać na naukach takich jak aerodynamika, wytrzymałość materiałów, termodynamika, nauka o obwodach elektronicznych, kinematyka, statyka i dynamika. Każda z tych nauk ma swój własny język projektowy i opiera się na własnej bazie danych. Taka sama potrzeba zachodzi na odcinku WWK. Potrzebne tam są parametry procesu produkcyjnego, geometria przestrzenna i charakterystyka materiałów. Dla uzyskania maksymalnego efektu musimy w ramach jednego zastosowania mieć do czynienia z wieloma dyscyplinami. Doszliśmy wówczas do przekonania, że cały problem jest zbyt skomplikowany, urządzenia stały się zbyt kosztowne, a oprogramowanie było niedość niezawodne. Ponadto ludzie prowadzący prace rozwojowe nie przestrzegali podziałów organizacyjnych, wskutek czego inni poczęli się obawiać o swoje kompetencje. Stwierdziliśmy, że niedość wiemy o proce-

sie podejmowania decyzji w toku projektowania i produkcji, aby móc wyciągnąć realną korzyść z komputera i związanego z nim sprzętu, takiego jak np. obrabiarki SN, urządzenia końcowe do sterowania produkcją, urządzenia kontrolne, aparaty kreślarskie itd. Dotychczasowe procesy rozwijały się przez długie lata i w organizacjach konstrukcyjnych i wytwórczych ustaliły się pewne podziały organizacyjne dla utrzymania kontroli nad projektem. Oczywiście organizacja ta była raczej powolna w działaniu i było wiele możliwości zakradnięcia się błędów. Natomiast przy użyciu komputera system informacyjny jest całkiem inny. Wprowadziliśmy w sam środek całej organizacji bardzo szybkie i dokładne, ale zupełnie bezmyślne urządzenie. Na przykład niektóre informacje produkcyjne, przedtem uwzględniane dopiero na późniejszym etapie procesu, teraz potrzebne są wcześniej, ponieważ daną część trzeba zaprojektować do produkcji na numerycznie sterowanych obrabiarkach lub ponieważ chcemy dokonać szerszego porównania kosztów między różnymi metodami produkcyjnymi. Większość dużych przedsiębiorstw próbowała w swoim czasie opracować system PWK/WWK.

Równocześnie podejmowano konkretne wysiłki w dziedzinie sterowania numerycznego, sterowania produkcją, określania koncepcji konstrukcyjnej i projektowania wstępnego. Wysiłki te nie były powiązane między sobą, ale traktowano je jako odrębne prace mające na celu rozwiązanie problemów wynikających z konkretnego zadania lub zapewnienia zdolności produkcyjnych do jego wykonania. Ale nawet przy takich węższych pracach nie potrafiono przewidzieć ani zrozumieć ich wpływu na organizację. Wynikiem było ociąganie się ze strony niektórych kierowników i niepełne wykorzystanie kosztownego sprzętu. Były niektóre przypadki doskonałych rezultatów, ale także masa rozczarowań i parę katastrofalnych niepowodzeń. Brakującym elementem był udział naczelnego kierownictwa, bo tylko ono mogłoby lepiej zrozumieć wartość nowych systemów, rozwiązywać problemy organizacyjne, nadzorować postępy, żądać realistycznych wyników i udzielać większej zachęty prowadzącym prace rozwojowe i użytkownikom. Przy braku bezpośredniego udziału naczelnego kierownictwa, uznano, że wdrożenie nowej techniki jest kosztowne, że nie daje

ona jakichś wyraźnie określonych możliwości i że nie posiada wyraźnej wartości. Oczywiście, że w tych warunkach naczelne kierownictwo uważało to wszystko za zbyt ryzykowne. Jeśli były w tej dziedzinie jakieś postępy, zawdzięczano je zwykle jednemu upartemu kierownikowi, który gotów był walczyć o swoją sprawę.

W przypadkach wielkich systemów PWK/WWK nie można było zaprojektować sprawnych struktur danych, dopóki brak było dokładnego określenia, jak przebiega proces decyzyjny w działach konstrukcyjnych i produkcyjnych. W pamięciach komputerów następowały zatory w przepływie danych. Komputery były duże i zbyt kosztowne. To też próby opracowania dużych systemów PWK/WWK nie powiodły się. Ale dzięki wyciągniętym naukom, dziś specjaliści od rozwoju systemów i użytkownicy opracowują metody, które działają i przynoszą efekty nienadmiernym kosztem. Obecne metody podejścia zapoczątkowano przed 3-5 laty i mniej więcej od dwóch lat zaczęły one przynosić efekty.

Dla społeczności przemysłowej ważną zaletą wynikającą z faktu, że prace rozwojowe są prowadzone przez duże organizacje, jest siła finansowa tych organizacji. Doznawszy niepowodzenia przy próbie w jednym kierunku, te same organizacje nie wahały się podjąć nowe próby w innym kierunku. Nie jest to nic nowego w historii ludzkości, bo niemal wszystko co posiadamy wynikło z szans, które kiedyś zwyczajni, omylni ludzie odważyli się podchwycić.

Obecna metoda

Użytkownicy PWK/WWK zrezygnowali obecnie z prób budowy kompletnego systemu. Uznając, że w końcowym efekcie taki właśnie system jest potrzebny, jako pierwszy cel wyznaczyli sobie znalezienie dziedzin, w których już teraz można uzyskać opłacalność. Takimi dziedzinami są te, w których powstają wysokie koszty i zachodzą długie czasy uruchamiania produkcji, w których potrzebne jest dokładne określenie geometryczne lub w których ważne decyzje powstrzymywane są w oczekiwaniu na informację pochodzącą od jakiegoś późniejszego zdarzenia. Na przykład przy projektowaniu samolotu, wysuwanie i wciąganie podwozia wymaga

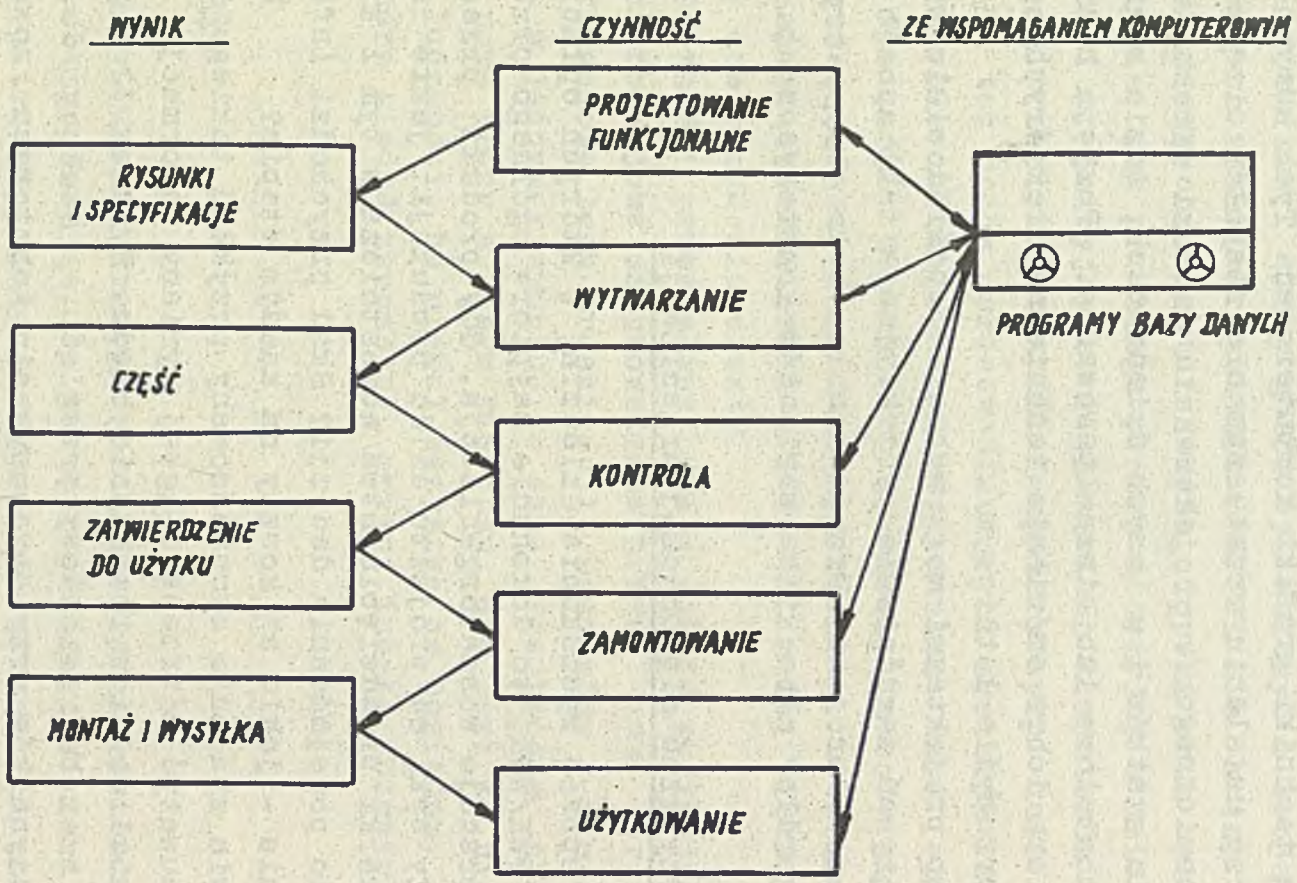
dużej ilości skomplikowanych obliczeń geometrycznych. Z rozwiązaniem zagadnień luzów ujemnych lub pasowań albo zdolności do działania wstrzymywano się do chwili zbudowania makiety. Teraz zagadnienia te rozwiązuje się we wczesnej fazie projektowania za pomocą techniki grafiki komputerowej. Tych samych metod używa się przy ustalaniu rozmieszczenia zespołów urządzeń wewnątrz statku kosmicznego, w projektowaniu nadwozi samochodowych, w projektowaniu statków i w innych dziedzinach, gdzie w grę wchodzą zespoły montażowe lub ciasne pasowania. /Pozycja bibliograficzna 7 zawiera dobre omówienie techniczne niektórych spośród tych metod w przemyśle lotniczym/.

Ponadto projektanci mogą wybierać spośród wielu wariantów albo rozwiązywać zagadnienia produkcyjne w taki sposób, by uzyskać najlepszy projekt. Przedtem można było rozpatrywać tylko "wąskie gardła" albo kilka wariantów kosztorysowych.

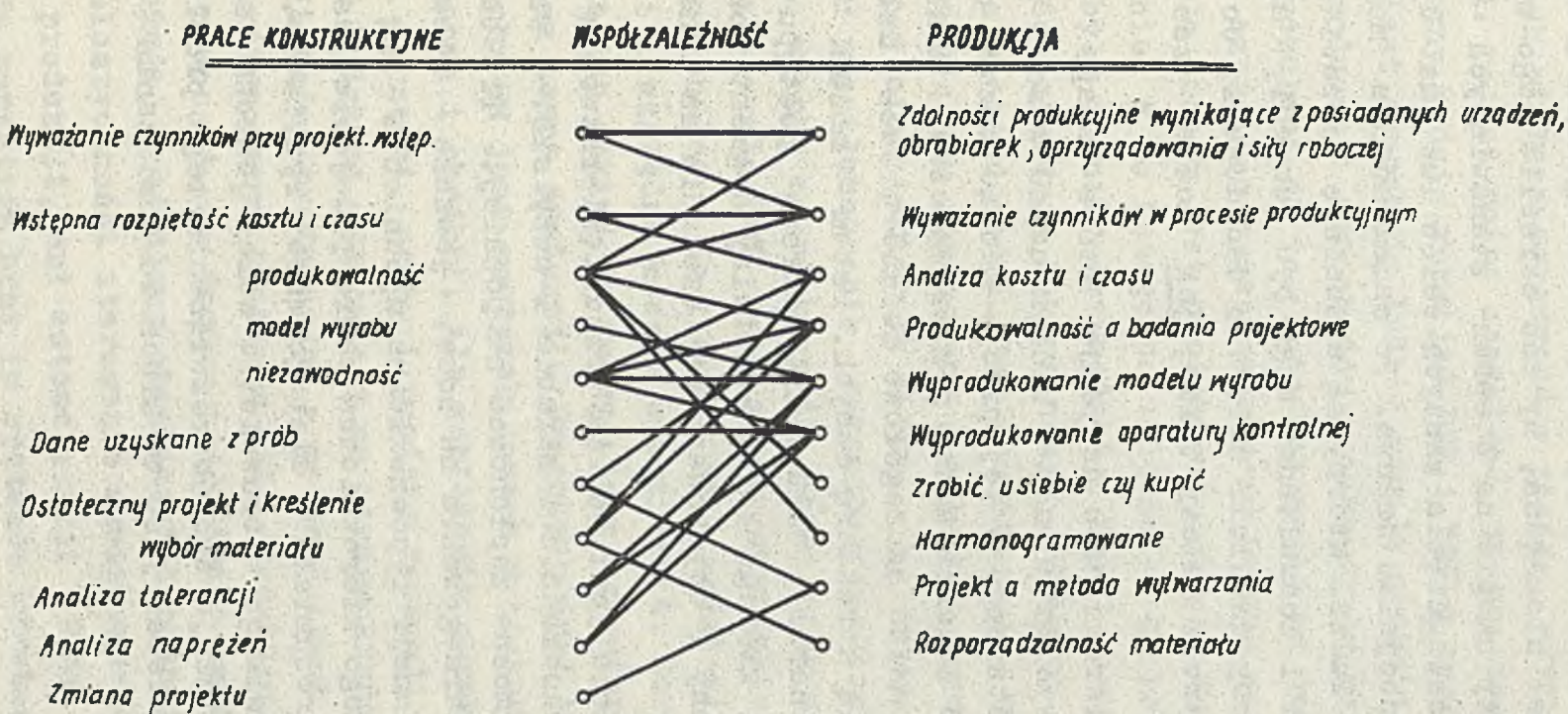
Dobrze przyjrzeć się obecnej organizacji

Dobry sposób wyszukania dziedzin, w których opłaci się wprowadzenie PWK/WWK, to dokonanie najpierw ogólnego przeglądu, jak obecnie pracuje wasza organizacja. Gdy produkt przechodzi poprzez cały cykl od projektu aż do produkcji, jakie są etapy, jakie komórki przedsiębiorstwa uczestniczą w tym i kto jest potrzebny do podejmowania decyzji? Skąd przychodzi informacja? A szczególnie - jakie są koszty na każdym etapie? Rysunek 31 przedstawia znacznie skondensowany przykład takiego przeglądu. Proszę zauważyć potrzebę ciągłej wymiany informacji oraz istniejące możliwości wprowadzenia błędu. Rysunek 32 przedstawia następny szczebel rozbudowy przeglądu, służący do wyważenia różnych czynników przy opracowywaniu kosztorysu nowego wyrobu (8). Potrzeba dokładnego i szybkiego komunikowania się jest oczywista.

Każda organizacja ma swoją specyfikę i musi opracować swój własny przegląd obecnych czynności. Zwykle z takiego samozbadania wynikają natychmiastowe korzyści. Wiele kierownictw ze zdziwieniem dowiaduje się, kto rzeczywiście kieruje tym co się robi i jak to się robi.



RYS. 31 ROZWÓJ WYROBU



RYS. 32 WYWAŻANIE WZAJEMNIE UZALEŻNIONYCH CZYNNIKÓW PRZY OCENIE KOSZTU NOWEGO WYROBU

Każdy kolejny etap rozpracowuje się w szczegółach z dokładnością taką, jaka jest niezbędna, by móc określić jego ważność, przy czym uwagę należy skupić na etapach stanowiących wąskie gardło na drodze do osiągnięcia waszych celów lub na dziedzinach otwierających specjalne szanse. To samozbadanie może być dokonane tylko przez ludzi, którzy są aktualnie odpowiedzialni za pracę. Specjaliści i konsultanci mogą być pomocni, ale nie wolno im pozwolić, żeby ustalali cele lub decydowali, co trzeba robić. Do ich kompetencji należy tylko, jak można zastosować PWK lub WWK.

Po samozbadaniu, kierownictwo decyduje, które etapy należy przeorganizować lub wyeliminować, a którym nadać wysoki priorytet oraz kto ma uczestniczyć w tej pracy. Zacząć trzeba od czegoś prostego i zlecić zadanie komuś z kierownictwa liniowego. Przy mniejszej skali można szczegółowo zbadać proces decyzyjny i utworzyć odpowiednią strukturę danych. Potem można ocenić koszty, ustalić terminarze i "słupy kilometrowe" postępu prac. Teraz macie już plan, którego każdy oddzielny segment może być po zakończeniu oceniony i użytkowany bez czekania na inne segmenty.

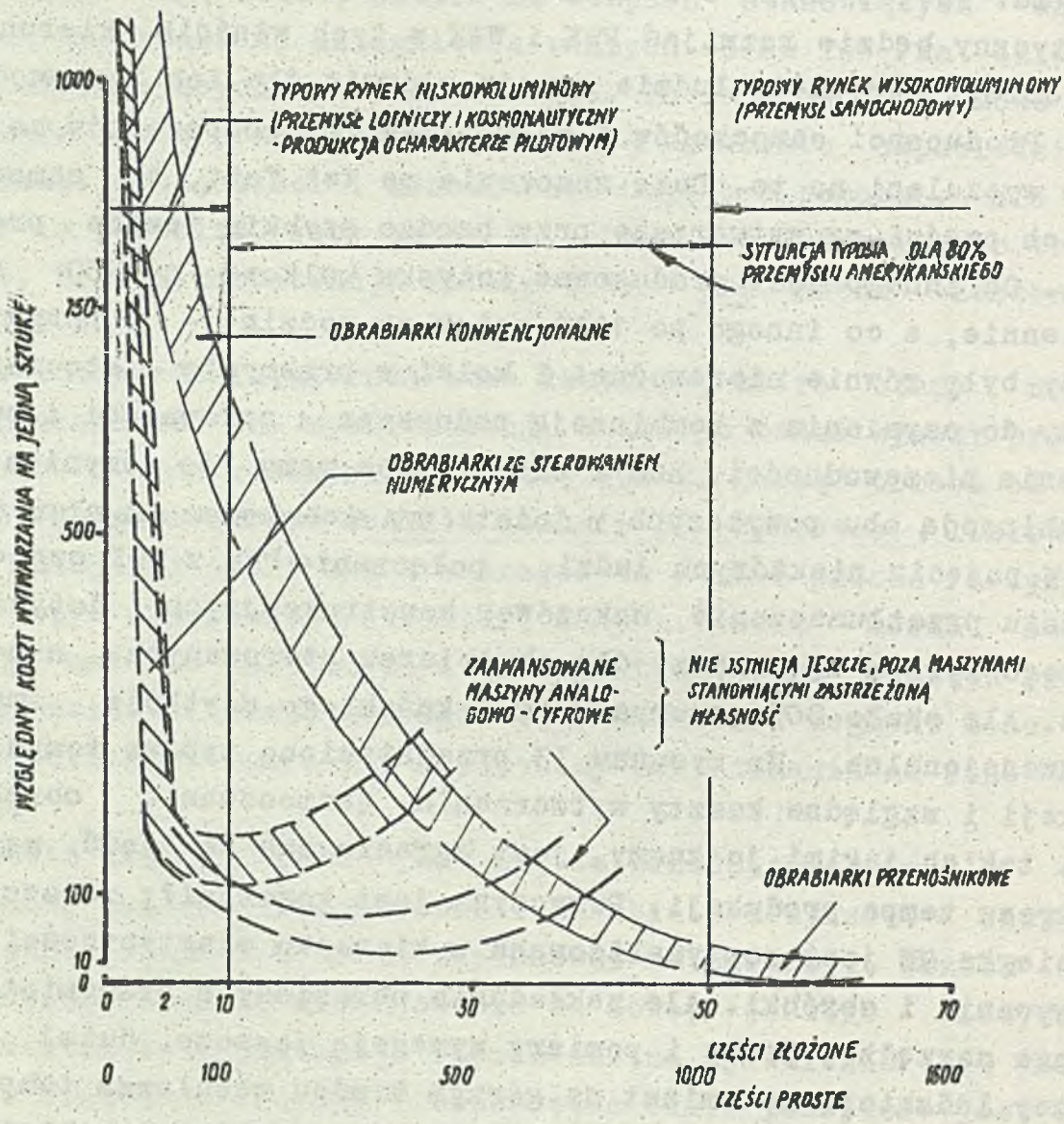
Zaletą tego podejścia jest to, że przedsiębiorstwo w toku rozbudowy systemu równocześnie i zarabia i uczy się. Wzajemne powiązanie segmentów można zaplanować na później. Trzeba dać organizacji czas do zareagowania na nowe, jeszcze niewyraźne rozgraniczenie kompetencji i poczekać na ujawnienie się efektów. W oczach naczelnego kierownictwa takie podejście jest bardziej przejrzyste i zrozumiałe i dlatego mniej ryzykowne. Pozyskanie udziału naczelnego kierownictwa wciąż jeszcze stanowi problem. Sądzę, że istnieje sposób rozwiązania tego problemu i omówię go później, ponieważ jest to klucz do powiązania PWK i WWK.

A teraz szczegóły

By móc zinterpretować konkretne doświadczenia przedsiębiorstw będących przedmiotem niniejszego opracowania, przyjrzyjmy się krótko celom różnych reprezentowanych przez nie gałęzi przemys-

łu. W zasadzie motywem skłaniającym do zakupu nowych samolotów jest ich większa sprawność - zasięg, szybkość, nośność użyteczna itd. To też można oczekiwać, że przemysł lotniczy i kosmonautyczny będzie rozwijać PWK i WWK w tych właśnie kierunkach. Natomiast samochody ludzie kupują głównie dla ich niezawodności. Producenci samochodów i cała armia ich kooperantów są bardzo wyczuleni na to. Duże znaczenie ma też fakt, że samochody i ich części są wytwarzane przy bardzo szybkim tempie produkcji. Co innego jest produkować łożyska kulkowe po 50 sztuk dziennie, a co innego po 1000 sztuk na godzinę - a przy tym żeby były równie niezawodne! Z kolei w przemyśle stoczniowym mamy do czynienia z kombinacją podnoszenia sprawności i zwiększania niezawodności. Zaś w elektronice mamy do czynienia z kombinacją obu powyższych z dodatkowym akcentem na miniaturyzację.

W pojęciu niektórych ludzi, połączenie PWK z WWK oznacza po prostu przetłumaczenie wskazówek konstrukcyjnych dotyczących nowego wyrobu na rozkazy dla obrabiarek sterowanych numerycznie. Ale około 80% przemysłu amerykańskiego użytkuje maszyny konwencjonalne. Na rysunku 33 przedstawiono typowe tempa produkcji i względne koszty wytwarzania. Zastosowanie obrabiarek SN, takich jakimi je znamy, jest ograniczone do dość wąskiego zakresu tempa produkcji. Przyczyną jest koszt siły roboczej. Obrabiarka SN jest zoptymalizowana w kierunku elastyczności zamocowywania i obróbki. Ale zakładanie obrabianych przedmiotów, wymiana narzędzi, próby i pomiary wymagają jeszcze dużej ilości pracy ludzkiej. Natomiast na górnym krańcu wachlarza tempa produkcji, taśma produkcyjna z przenośnikami o napędzie silnikowym, zautomatyzowanym pomiarem itd., redukuje do minimum potrzebę siły roboczej. Po środku zaś, między tymi krańcowymi tempami produkcji, znajdujemy obrabiarki konwencjonalne. Nie mają one ani elastyczności sterowania numerycznego przy niskich wolominach produkcji, ani automatyzacji przy wysokich woluminach. Przede wszystkim brak im systemów zwrotnego sprzężenia informacyjnego, to też spotykamy obecnie najróżnorodniejsze rodzaje systemów sterowania produkcją, w których ludzie odgrywają rolę systemu sprzężenia zwrotnego. Dopóki nie zostanie opracowany nowy typ maszyny analogowo-cyfrowej, która by pokrywała ten za-



RYS. 33 TYPOWE TEMPA PRODUKCJI
I WZGLĘDNE KOSZTY WYTWARZANIA

kres tempa produkcji, WWK dla tego zakresu będzie musiało być inne niż tam, gdzie stosowane są obrabiarki sterowane komputerem, takie jak obrabiarki SN lub obrabiarki przenośnikowe. Użytkownicy i projektanci PWK i WWK musieli ten fakt wziąć pod uwagę. Chcąc przy podejmowaniu decyzji w swoim przedsiębiorstwie wykorzystać opisane tu przez nas doświadczenia innych przedsiębiorstw, użytkownik musi sobie zdawać sprawę z rozmaitości rodzajów maszyn produkcyjnych stosowanych do wytwarzania wyrobów. Na przykład zaprojektowanie systemu PWK/WWK z numerycznie sterowanymi obrabiarkami do produkcji prostej części w tempie 5000 sztuk na godzinę byłoby finansową katastrofą! Nawet w przemyśle lotniczym są części produkowane w dużych ilościach - np. nity - lub w średnich ilościach - np. urządzenia uruchamiające i pompy. Jeśli pragnie się opłacalności, trzeba być konkretnym. Gdy pozostawia się projektowanie systemów PWK/WWK informatykom lub kierownikom niższego szczebla, braknie ogólnej perspektywy i istnieje prawdopodobieństwo wyznaczenia błędnych celów. Ustalać cele musi wyższe kierownictwo; musi ono też rozumieć metodę osiągania tych celów oraz oceniać postępy.

Korzyści dla użytkowników

UŻYTKOWNICY W PRZEMYŚLE LOTNICZYM I KOSMONAUTYCZNYM - PWK jest najbardziej efektywne w tych grupach lub fazach prac, w których trzeba dokonywać wielu szybkich zmian. Ważną dziedziną, w której zastosowanie PWK jest opłacalne, jest wstępne projektowanie, przy którym określa się postać strukturalną oraz układ podzespołów i sprzętu. Poprzednio już, jako przykład korzyści, przytoczono badania nad wysuwaniem podwozia. Aby osiągnąć efektywność PWK i WWK, trzeba zatrudnić przy nich najlepszych konstruktorów. Ludzie ci potrafią uzyskiwać za pomocą grafiki komputerowej skrócenie czasu rzędu od 4 do 25 razy. Projektowanie przewodów wlotowych, wewnętrznych zarysów silnika, geometrii skrzydeł, ukształtowania łopatek turbin i sprężarek - to typowe dziedziny zastosowania. W przypadku przewodów wlotowych typowe są skrócenia czasu uruchamiania produkcji z czterech do jednego tygodnia. Rozplanowanie układu łopatek silnika skrócono z jednego tygodnia do 30 minut.

Przy projektowaniu szczegółowym, gdzie można zużytkować strukturę danych z projektowanie wstępnego, uzyskano skrócenie czasu z pięciu tygodni do jednego tygodnia posługując się zarówno przetwarzaniem partiowym jak i metodami graficznymi. Pewne oszczędności kosztów wynikają z faktycznego wyeliminowania trasowania ręcznego. Kombinacja PWK + człowiek przynosi wzrost wydajności od 3 do 30 razy w zależności od zadania. Punktem, od którego rozpoczyna się opłacalność, jest - przy użyciu metod graficznych - stosunek wydajności 7-8, przyjmując stopę kosztu około 150 dolarów za godzinę użytkowania konsoli.

Wszyscy ankietowani użytkownicy za najbardziej korzystny efekt uważają dokładność. Ponieważ komputer jest szybki i dokładny, jego użytkowanie jest kosztowne. Ale opłacalność niekoniecznie musi leżeć w wydziale bezpośrednio użytkującym komputer; z całą pewnością zastosowanie komputera okaże się opłacalne w punktach sprawdzania lub wypróbowywania oprzyrządowania oraz w montażu, a to dzięki szybszemu przetwarzaniu danych i dokładnemu dopasowaniu części wyprodukowanych na podstawie skomputeryzowanych informacji. Czas uruchomienia produkcji wielkich matryc i czas oprzyrządowania zostaje skrócony o połowę w przypadku zastosowania PWK do uzbrajania obrabiarek SN. Im bardziej te same dane nadają się do zużytkowania przez różne operacje, tym znaczniejsze i rozleglejsze stają się oszczędności. Trudno jest określić konkretną pieniężną wartość tych oszczędności. Najbardziej oczywista, aczkolwiek niepełna metoda polega na przydaniu określonej wartości skróceniu czasu uruchomienia produkcji oraz zmniejszeniu lub wyeliminowaniu niektórych operacji. Na przykład matryce części silnika są teraz dokładniejsze, tak że wystarczą dwie próby tam, gdzie dawniej stosowano sześć. Tam gdzie użytuje się wiele matryc, zwiększona dokładność umożliwia rezygnację z części wyposażenia zasadniczego, z czego wynikają oszczędności na robociźnie, kapitale, konserwacji i koszcie kredytu. Jeśli matryce lub formy są ponownie obrabiane po zużyciu, łatwo jest sięgnąć do przechowanych danych o pierwotnej ich budowie i odtworzyć matrycę szybko i dokładnie.

W sumie przemysł lotniczy i kosmonautyczny i niektórzy jego główni kooperanci wykazują skrócenie czasów uruchamiania pro-

dukcji dzięki skróceniu czasów projektowania i oprzyrządowania oraz przy produkcji części o krytycznie długich czasach uruchamiania, takich jak np. odkuwki matrycowe. Przemysł lotniczy i kosmonautyczny uzyskuje zatem:

. oszczędności kosztów,

. wyższą wydajność dzięki dokładności i bardziej optymalnemu projektowaniu,

. wyższą produktywność najbardziej doświadczonych i najzdolniejszych konstruktorów,

. zwiększony wpływ najlepszych konstruktorów na mniej doświadczonych pracowników; dzięki komputerowi najbardziej doświadczeni konstruktorzy "podciągają" mniej doświadczonych,

. utworzenie bazy danych cennej informacji oraz nauczenie się, jak przez użytkowanie tej informacji zmniejszyć przyszłe koszty.

Ujemne strony: minimalny wymagany zestaw sprzętu obejmuje centralną jednostkę komputera z pamięcią o pojemności 512 K bajtów oraz pliki na dyskach lub wielką pamięć integralną /on-line/. Do tego dochodzą konsole graficzne, koordynatografy oraz szybka drukarka. Gdy w tym samym czasie przebiegać ma kilka programów lub modułów, potrzebny jest złożony system oprogramowania i sprzętu. Stwarza to problem stosunku niezawodności do kosztu. Można by co prawda rozłożyć koszt komputera na większą liczbę użytkowników, ale to zwiększa skomplikowanie systemu i obniża szybkość jego odpowiedzi. Użytkownicy wypróbowują nową generację tańszych konsoli graficznych jako jeden ze środków obniżenia kosztów. Nikt w ankietowanych przedsiębiorstwach nie jest zadowolony ze swego obecnego sprzętu i oprogramowania i wszyscy pracują nad udoskonaleniem posiadanej kombinacji, by podnieść jej niezawodność i obniżyć koszty.

UŻYTKOWNICY W PRZEMYŚLE SAMOCHODOWYM - Duża część informacji podanych w ustępie o przemyśle lotniczym i kosmonautycznym stosuje się też do projektowania nadwozia pojazdu mechanicznego i rozmieszczenia zespołów wewnątrz nadwozia. Dobrą dziedzinę zastosowania stanowi też projektowanie mechanizmów dźwigniowo-

łącznikowych w zakresie wzajemnych oddziaływań i funkcji. Szeroko stosuje się grafikę komputerową dla określenia form geometrycznych, oceny zmian i projektowania matryc nadwozia. Wspomagane komputerem projektowanie matryc jest - tak jak w przemyśle lotniczym i kosmonautycznym - jednym z najbardziej opłacalnych zastosowań. Tam gdzie do produkcji matryc używa się maszyn SN, uzyskano skrócenie czasów uruchamiania produkcji o 50%. Ważną zaletą jest dokładność oprzyrządowania oraz częściowa eliminacja niektórych próbnych oprzyrządowań. Komputer zmusza do ściślejszego komunikowania się między biurem konstrukcyjnym a produkcją. Również do oprzyrządowania stosuje się przetwarzanie partiowe plus SN. Szeroko rozpowszechnione są programy sterujące produkcją, kontrolujące jakość i inne programy produkcyjne, ale bez powiązania z pracami konstrukcyjnymi. U niektórych kluczowych dostawców przemysłu samochodowego, dzięki zastosowaniu skomputeryzowanych programów kosztorysowania i projektowania, skrócono czas odpowiedzi na żądanie oferty z sześciu tygodni do jednego tygodnia (9). Inne programy projektujące,dotyczące części o umiarkowanym stopniu złożoności i produkowanych w dużych ilościach, wykazują opłacalność 12-15 do jednego, wszędzie tam gdzie części dają się ująć w grupy lub rodziny.

Ujemną stroną PWK i WWK są także i tutaj problemy niezawodności przy użytkowaniu uniwersalnego, ale przez to mniej sprawnego oprogramowania opracowanego dla wielu użytkowników. Konkretne efekty i trudności ujawniają się często dopiero po zaprojektowaniu oprogramowania. W miarę jak użytkownicy nabierają doświadczenia, oprogramowanie musi ulegać modyfikacjom dla większej sprawności i - co za tym idzie - dla obniżki kosztów.Koszt sprzętu jest wysoki, a efektywność i godzinowy koszt pracy konsoli są mniej więcej takie same jak w przemyśle lotniczym i kosmonautycznym. Jednym ze sposobów minimalizacji kosztów jest użytkowanie w miarę możności gotowego oprogramowania, takiego jak np. APT, AED, TYMESHARE oraz dzielenie czasu centralnej jednostki komputera z innymi przedsiębiorstwami.

UŻYTKOWNICY W PRZEMYŚLE STOCZNIOWYM - Potrzebny jest bardzo wysoki poziom prac konstruktorskich na etapach opracowywania

koncepcji, projektowania wstępnego i projektowania procesu produkcyjnego, przy czym na etapach tych potrzebne są liczne decyzje. Metody graficzne w rękach doświadczonych ludzi dają wysokiej jakości projekty dzięki szybkiemu sprzężeniu zwrotnemu informacji. Komputer zmusza do komunikowania się między organizacjami i do przechowywania w jednym miejscu projektu i danych o pierwotnej budowie obiektu. Brak bazy danych, obejmującej dane projektowe i produkcyjne, stanowi u wszystkich użytkowników przeszkodę uniemożliwiającą pełne wykorzystanie zalet wynikających z dokładności i możliwości skrócenia czasu uruchamiania produkcji. Marynarka Wojenna USA stosuje w swoich programach metodę modułową, przy czym każdy moduł programu jest ograniczony do zakresu, jaki jeden człowiek może całkowicie opanować. Zapobiega to rozprzestrzenianiu się błędów wewnątrz systemu.

Marynarka Wojenna posługuje się grafiką komputerową wszędzie tam, gdzie trzeba podejmować nowe ważne decyzje, jak np. przy wyborze jednego spośród różnych wariantów wstępnej koncepcji, natomiast przy projektowaniu szczegółowym i przetwarzaniu danych posługuje się obliczaniem partiowym. Podobnie jak inni użytkownicy, projektanci statków przekonali się, że opłaca się stosować kosztowny sprzęt graficzny we wczesnej fazie projektowania, aby w ten sposób odciążyć najlepszych projektantów. Korzyść polega też na większej pewności projektu, gdyż uwzględniono w nim więcej warunków. Program projektujący Marynarki Wojennej zaczyna od wstępnej koncepcji statku, a kończy na wygenerowaniu taśm dziurkowanych do sterowania numerycznego palnikami do cięcia blach okrętowych oraz specyfikuje geometrię kadłuba, rozmieszczenie urządzeń i określa okablowanie elektryczne.

Oczekuje się, że pracujące dla Marynarki Wojennej stocznie opracują swoje własne moduły WWK, które następnie będzie można dołączać do programu projektującego Marynarki Wojennej. Pozwoli to zachować specyficzną technologię każdego producenta, ale równocześnie umożliwi użytkowanie dokładnej bazy danych projektowych. Ważne jest, by zanim statek opuści stocznię, ta ostatnia zebrała też dokładny plik danych o jego faktycznej budowie. Informację tę przekazuje się do Marynarki Wojennej dla ewentualnego późniejszego wykorzystania. Programy stoczni są dopiero we wczesnym stadium koncepcyjnym.

Jeśli stocznia posiada w swojej kartotece dane o faktycznej budowie statku, remont można z góry zaplanować przed przybyciem statku, a kłopoty na pełnym morzu można usuwać za pomocą symulacji. Na przykład stocznia marynarki Wojennej w Puget Sound pomyślnie odtworzyła na swoim komputerze awarię podnośnika, jaka wydarzyła się na lotniskowcu. Ustalono najlepszy sposób naprawy, sprawdzono go za pomocą symulacji i przekazano statkowi drogą radiową. Zrobić to można tylko wtedy, gdy dokładnie znane są szczegóły faktycznej budowy statku.

Konkretną korzyścią w praktyce budownictwa okrętowego jest lepszy dozór ze strony brygadzistów w stoczni, dzięki dokładniejszej informacji. Niektóre prace instalacyjne, do których wykonania dawniej potrzebni byli doświadczeni pracownicy, teraz są wykonywane przez ludzi mniej wykwalifikowanych,"prowadzonych za rękę" instrukcjami komputera. Dokładniejsza jest informacja dla celów zarządzania. Dokładność geometryczna przyczynia się do lepszego dopasowania części i do lepszego ukształtowania kadłuba. Zapewnione są dokładniejsze dane dla konserwacji. Opłacalność chwilowo nie da się dokładnie określić, ponieważ żadnego typu statku nie zbudowano dotąd dla celów porównania równocześnie ręcznie i systemem PWK i WWK. Natomiast namacalnym efektem jest skrócenie czasu uruchamiania produkcji i większa dokładność projektu. Skrócenie czasu projektowania wynosi, podobnie jak w innych gałęziach przemysłu, około 50%.

Ujemne strony: takie same jak w przemyśle lotniczym, kosmonautycznym i samochodowym, tzn. stosunek kosztu do niezawodności kombinacji sprzętu informatycznego i oprogramowania.

Rady dla nowych użytkowników PWK/WWK

. Dla zapewnienia efektywności ekonomicznej potrzebny jest minimalny graficzny system informatyczny obejmujący komputer IBM 360/65 lub inny równorzędny mu z 4-5 monitorami graficznymi, a do tego pliki na dyskach magnetycznych, koordynatograf oraz urządzenie do wprowadzania danych z kart dziurkowanych. Opłacalność systemu zaczyna się w momencie, gdy stosunek wydajności

wynosi 6-8 do 1, zakładając, że zasady rachunkowości są racjonalne i że istnieje adekwatna baza danych. Systemy z przetwarzaniem partiowym kosztują dużo mniej, ale nie dają takich samych efektów przy projektowaniu jak metody graficzne.

. Należy zawsze oczekiwać, że upłyną 2-3 lata zanim uzyska się pierwsze rezultaty. Prawdopodobne koszty wyniosą od 200.000 do 1.000.000 dolarów rocznie. Należy przewidzieć potrzebę znacznych własnych prac w zakresie programowania.

. Programy dla wytwarzania i szczegółowego projektowania są głównie oparte na przetwarzaniu partiowym, natomiast dialogowe metody graficzne stosuje się do badań nad wyborem wariantów oraz do oceny koncepcji wszędzie tam, gdzie szybkie decyzje mogą przynieść lepsze projekty i trafniejszy wybór procesu produkcyjnego.

. Ważną dziedziną, w której system jest opłacalny, jest lepsze komunikowanie się między grupą konstruktorską a produkcyjną. Zmusza do tego komputer, a wynikiem jest zwiększona dokładność, skrócenie czasu uruchamiania produkcji oraz obniżenie kosztów w wielu dziedzinach. Oszczędność kosztów jest przy tym sumą wielu drobnych oszczędności. Niewiele z nich ma charakter spektakularny.

. Dla zminimalizowania kosztów należy, tam gdzie to możliwe, posługiwać się gotowymi programami takimi jak APT, TYMESHARE i AED i stosować podział czasu sprzętu.

. Należy uważnie przeczytać sprawozdanie American Ordnance Association pt. "Computer Technology Impact on Engineering Data Preparation and Use" /"Wpływ techniki informatycznej na przygotowanie i użytkowanie danych konstrukcyjnych"/ (10). Sprawozdanie to opracowano na polecenie rządu, by umożliwić mu rozważenie, co trzeba uczynić w celu ułatwienia czy też dla zachęty stosowania komputerów do przygotowywania danych. Zalecenia podane w sprawozdaniu są teraz przedmiotem rozważań rządu i amerykańskiego Krajowego Instytutu Normalizacyjnego. Sprawozdanie zostało sporządzone przez doświadczonych użytkowników i daje dobrą orientację, jak użytkuje się komputery w przemyśle. Jest

prawdopodobne, że rząd i Instytut Normalizacyjny zrealizują zalecenia zawarte w tym sprawozdaniu.

. Należy zdać sobie sprawę, że wasza obecna organizacja będzie musiała ulec zmianie. W przeciwnym razie okaże się, że kupiliście masę kosztownego sprzętu, który przy starych metodach organizacyjnych może się nie opłacić. Obecnie są na porządku dziennym całościowe systemy i dawne podejście fragmentaryczne już się nie nadaje. A kosztowny sprzęt tylko wtedy zwróci swój koszt, gdy będzie odpowiednio obciążony i gdy będzie wykonywać właściwą pracę.

Doniosłość powiązania PWK i WWK

W całym referacie powtarzały się powiedzenia takie jak "dokładność", "szybkie informacyjne sprzężenie zwrotne", "komputer zmusza do komunikowania się", "dobra baza danych, nadająca się do użytkowania w większej liczbie modułów PWK/WWK, umożliwia oszczędności w wielu dziedzinach" oraz "zatrudniać przy urządzeniach najlepszych ludzi". Powiedziano też, że "ważne jest pozyskać udział naczelnego kierownictwa", ale zwykle nie udaje się to nam".

Podstawowym wymaganiem współczesnego przemysłu jest komunikowanie się, które musi być na tyle dokładne i szybkie, by nie hamowało pracy ludzi. Ale informacja musi być kierowana, inaczej powstanie chaos. Również kosztowną kombinacją sprzętu i oprogramowania trzeba odpowiednio kierować ze względu na jej wpływ na koszty.

Na czym polega ważność obszaru wzajemnego nakładania się PWK i WWK

. Jest to odcinek czasowy, w którym zachodzi duże i być może nieodwracalne zaangażowanie finansowe w programie. Zanim zaangażujemy się na dużą skalę, potrzebna nam jest pewność, że produkt jest ekonomicznie i technicznie w porządku / zobacz rysunek 30/.

. Podjęte w ramach tego odcinka decyzje projektowe lub popełnione błędy zostaną w dużym zakresie rozszerzone na całą bazę danych produkcyjnych. Koszt wykonania rysunku wyrobu wynosi zazwyczaj około 300 $. Koszt rysunków procesu wytwórczego, wyboru wariantów, rysunków narzędzi itd. dotyczących tego projektu wyrobu wynosi około 1.000 $. Koszt błędu w rysunku wyrobu szybko później narasta, ponieważ wiele rysunków już wkrótce po pierwszym opracowaniu ma 4-6 zmienionych wersji. I odwrotnie, błędy wyeliminowane oznaczają rozszerzenie dokładności i oszczędności na cały system. Liczy się zaś suma oszczędności, a nie tylko oszczędności z pierwszego etapu.

. Okazało się, że dokładna i ścisła informacja znacznie obniża koszt oprzyrządowania i czas uruchomienia produkcji - o 50% lub więcej.

. Koszty dokumentacji ogromnie wzrosły w ostatnich kilku latach. Dokumentacja nabywana przez Departament Obrony kosztuje rocznie średnio 2 mld dolarów. Przemysł prawdopodobnie wydaje znacznie więcej, ale nie ujawnia tych kosztów. Większość tych kosztów w przemyśle pracującym na potrzeby rynku powstaje na etapie wytwarzania, ale jest w dużym stopniu zależna od danych projektowych.

. Zachodzi zmiana w koncepcji organizacyjnej. Sztywne i dbające przede wszystkim o pewność i niezawodność kierownictwo produkcji stara się unikać radykalnych zmian, w przekonaniu, że większość zmian powinna zachodzić w drodze codziennego doskonalenia istniejących systemów. Natomiast projektanci prą ku rozległym zmianom. Ważne jest wzajemne komunikowanie się, a także kontrola ze strony naczelnego kierownictwa, by utrzymać równowagę między ryzykiem ekonomicznym a sprawnością.

. Na opłacalność PWK i WWK w bardzo dużym stopniu wpływa planowanie.

Pozyskanie udziału naczelnego kierownictwa

Najcenniejszymi innowacjami są te, które zaspokajają nasze najpilniejsze potrzeby. Pozyskanie udziału naczelnego kierow-

nictwa ma zasadnicze znaczenie dla pokierowania pracą zarówno na odcinku PWK jak i WWK. Jest wiele dowodów, że brak tego udziału hamuje szersze zastosowanie komputerów w przemyśle i efektywniejsze wykorzystanie użytkowanego obecnie sprzętu informatycznego i SN. Poprzednio wspomniano, że ważnym pierwszym krokiem na drodze ku decyzji, czy i jakie moduły systemu PWK/WWK zastosować, jest ogólny przegląd aktualnego stanu. Jest sposób na uzyskanie takiego przeglądu i równoczesne zaangażowanie naczelnego kierownictwa - i nosi on nazwę "symulacji". Stosowano ją od lat do projektowania systemów sterowania ze sprzężeniem zwrotnym dla silników i wielu innych urządzeń. Istnieją metody takie jak HOCUS /Hand and Computer Universal Simulation - uniwersalna symulacja ręczna lub komputerowa/ oraz GPSS /General Purpose System Simulation - uniwersalna symulacja systemów/, mające na celu modelowanie systemów przemysłowych, takich jak hala fabryczna, wydział, maszyna, grupa maszyn lub zespół ludzi i maszyn. Gdy jakiś wydział daje się zmodelować, wówczas możemy przewidzieć skutki zmiany jeszcze przed faktem. Możemy zapobiec kosztownym błędom i znaleźć najlepszą drogę do podniesienia wydajności. Symulacja daje obraz taki, jak go widzi kierownictwo ze swojej perspektywy. Kierownik, który nauczy się modelować swój wydział lub dział, stwarza nadzwyczajną okazję do pogłębienia wiedzy i do wniknięcia w problemy wydziału. Na dalszym etapie można symulację sprząc z informacją od czujników rozmieszczonych w kluczowych maszynach w hali produkcyjnej, w biurze konstrukcyjnym i innych miejscach, aby otrzymać dane o tym, co się tam dzieje. Może to dać kierownikowi dokładny i dynamiczny ogólny przegląd podległych mu operacji. Przykład zastosowania systemu czujników do kontroli bieżących zdarzeń przytoczony został w referacie Terry Fishela, wygłoszonym na jednej z konferencji SME w ubiegłym roku (11). Przykład podany przez Fishela dotyczy kontroli maszyn SN ze względu na ich wysoki koszt amortyzacji. Jest to oczywiście trafne zastosowanie. Jednak, jak widzieliśmy na rysunku 34, większość maszyn produkcyjnych w Stanach Zjednoczonych to maszyny konwencjonalne. Ta wielka dziedzina gospodarki stanowi dla kierownictwa dużą i dojrzałą okazję, by sprawdzić w sposób zbliżony do metody on-line,

jak powstają koszty. Niektóre zakłady już to robią, uzyskując oszczędność 20-40% na kosztach siły roboczej. Oczywiście czujniki dostarczają tylko danych wejściowych, a kierownictwo musi zdecydować, co z tą informacją robić. Jak wskazałem, jest to między innymi ważne źródło danych dla badań symulacyjnych. Wynika z tego, że kierownictwo powinno zdecydować, czy system czujnikowy powinien poprzedzać badania symulacyjne, czy też następować po nich, lub też czy jest w ogóle potrzebny. Symulacja to dynamiczny przegląd. Jest to tak, jak gdyby ktoś stał na szosie, obserwował ruch pojazdów i podejmował decyzje oparte na bieżącej informacji. Zwykle jednak działamy powolną metodą przetwarzania partiowego, przy której sprawozdania, stanowiące niepełne "migawkowe zdjęcia" danych, napływają w pewnych odstępach czasu. W ten sposób znacznie trudniej jest kierować dynamiczną sytuacją, bo nie mamy jej całkowitego obrazu. PWK i WWK są "maszynami czasu". Dzielą wspólną bazę danych, a WWK użytkuje dane wyjściowe PWK. Należy oba te systemy połączyć, ale doświadczenie uczy, że nie dość wiemy o tym, co robimy obecnie. Jeśli uda się zastosować symulację do zmodelowania elementów przedsiębiorstwa, zmusi to nas do uzyskania konkretnej informacji potrzebnej do lepszego zarządzania. W miarę jak kierownictwo nabierać będzie przekonania do tej metody, model może stawać się bardziej skomplikowany. Każdy moduł PWK lub WWK może stać się częścią modelu symulacyjnego. Zamierzone zmiany można najpierw wypróbować za pomocą symulacji, czyniąc w jej ramach wymagane zmiany zanim dokona się zmian rzeczywistych. Na długą metę symulacja staje się "kołem sterowniczym" rozwoju PWK i WWK. Wiedząc co robimy, możemy dokonywać zmian. Wtedy też możemy stworzyć lepszą strukturę danych, umożliwiającą obniżenie kosztów. A przede wszystkim będziemy na każdym etapie zarabiać pieniądze i w ten sposób nabierać pewności siebie dla podjęcia dalszych etapów.

Wnioski

Motywem inwestowania w nowy sprzęt lub nowe metody jest dążenie do uzyskania przewagi konkurencyjnej na rynku. Rynkiem

jest cały świat. Stany Zjednoczone utraciły na rzecz innych krajów przewodnictwo w wielu dziedzinach techniki. Jak wykazały badania ekonomiczne, podnoszenie poziomu techniki i wykształcenia jest jeszcze ciągle dla wielu krajów drogą do poprawy ich sytuacji. Nie znam niczego, co mogłoby bardziej dopomóc przemysłowi niż zastosowanie systemów PWK i WWK, ponieważ mogą one nam dopomóc do lepszego kierowania tym co mamy i do dokonywania zmian z mniejszą dozą ryzyka. Pod kontrolą naczelnego kierownictwa, systemy te mogą przeniknąć całą organizację, udoskonalić podejście do niewiadomych i powiązać cele ze środkami ich realizacji. Alternatywa jest nie do przyjęcia. Oznacza ona stanie na uboczu, jak to zresztą wielu czyni. "Poczekajmy i zobaczmy, co robią użytkownicy, a potem ich dogonimy". Ale doświadczenie uczy, że w ten sposób nigdy ani nie dogonicie, ani nie będziecie w stanie konkurować.

Bibliografia

1. Campbell J.B.: What happened to Apollo, Space/Aeronautics, sierpień 1967.
2. Kendrick J.W.: Productivity trends in the United States, wydawn. Uniwersytetu Princeton, 1961.
3. Denison E.F.: Sources of Economic Growth in the United States and the Alternatives Before Us, Komitet Rozwoju Gospodarczego, 1962.
4. Denison E.F.: Why Growth Rates Differ: Postwar Experience in Nine Western Countries, Brookings Institution, Waszyngton, 1967.
5. Pitkin R.: Spacecraft Package Design by Computer Graphics, Zespół ds. Systemów TRW, Sprawozdanie z 3 Konferencji Dorocznej, Sekcja Techniki Projektowania Wspomaganego Komputerem, American Ordnance Association, 1970.

6. Smith O.D.: What Really Happens When Automation Arrives, Innovation, nr 9, 1970. The Innovation Group, Nowy Jork.

7. Prince M.D.: Interactive Graphics for Computer-Aided Design, wydawn. Addison-Wesley, 1971.

8. Definition of Computer-Aided Manufacturing and Their Interaction, sprawozdanie Zespołu 13, Protokoły Sympozjum Departamentu Obrony i Departamentu Przemysłu na temat PWK/WWK/SN. Davenport, Iowa, 1969. Wydawnictwo Rządu USA.

9. Colletti J.B.: The Role of the Computer in Application Engineering Design, Sprawozdanie z 2 Konferencji Dorocznej, Sekcja Techniki Projektowania Wspomaganego Komputerem, American Ordnance Association, 1969.

10. A Continuing Investigation - Computer Technology Impact on Engineering Data Preparation and Use, Sprawozdanie 2, American Ordnance Association, Waszyngton, 1970.

11. Fishel T.J.: N/C Machine Utilization Monitoring System, General Electric Company, Sprawozdanie Stowarzyszenia Inżynierów Produkcyjnych nr MR 70-200.

Cena zł 92.-